

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОЛИВА МЕЛИОРАТИВНЫХ  
СИСТЕМ**

Краткий курс лекций  
для студентов IV курса  
Направление подготовки  
20.03.02 **Природообустройство и водопользование**  
Профиль подготовки  
**Мелиорация, рекультивация и охрана земель.**

Саратов 2016

УДК 641.6:626.81

ББК 40

Н 33

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и геодезия»  
ФГБОУ «Волгоградский государственный аграрный университет»

*С.М.Григоров*

Доктор технических наук, старший научный сотрудник

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

*Рыжко Н.Ф.*

Н 33 Эксплуатация технических средств полива мелиоративных систем: краткий курс лекций для студентов IV курса направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» /А. В. Кравчук // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ».-Саратов, 2016.-77с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Эксплуатация технических средств полива мелиоративных систем:» составлен в соответствии с программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам технического обслуживания и ремонту мелиоративных систем. Направлен на формирование у студентов знаний об основных направлениях совершенствования и эксплуатации техники, объектов и сооружений, на применение этих знаний для понимания процессов, происходящих на мелиоративных системах. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов сельского хозяйства.

УДК 641.6:626.81

ББК 40

© Кравчук А.В., 2016

ISBN ...  
ГАУ», 2016

© ФГБОУ ВПО «Саратовский

## Введение

Мелиорация - деятельность, обеспечивающая, с одной стороны, необходимый уровень продуктивности агроэкосистем, с другой - устраняющая негативное воздействие антропогенной нагрузки на природную среду и обеспечивающая достижение динамического равновесия круговорота вещества и энергии уже на более интенсивном уровне, по сравнению с природными агроэкосистемами, при увеличении скорости и объёма биологического круговорота в процессе их жизнедеятельности.

Таким образом, цель эксплуатации мелиоративных систем и сооружений - управление мощностью и направлением перемещения потоков воды, вещества, энергии и информации, обеспечивающие надёжность функционирования, максимальную замкнутость водного баланса и биологического круговорота в пределах агроландшафта при рациональной и эффективной продуктивности мелиорируемых земель.

Основное назначение мелиоративных систем - планирование и оперативное управление технологическими процессами на мелиоративных системах на всех уровнях иерархии в режиме оптимизации и полном соответствии с их функциональными назначениями, включая забор воды и водораспределение, поливы сельскохозяйственных культур и водоотведение, в целях получения экономически обоснованных урожаев сельскохозяйственных культур, сохранения и повышения плодородия почв, обеспечения нормального мелиоративного состояния земель, высокой надёжности при эксплуатации сооружений и всего технологического оборудования на системах при обязательных условиях сохранения окружающей природной среды и создания цивилизованных условий для производственной деятельности населения.

## Лекция 1

### Понятие об эксплуатации технических средств полива мелиоративных систем.

#### 1.1. Понятие о мелиоративных системах и их состав.

При производстве сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях мелиоративную систему (МС) следует рассматривать как часть сельскохозяйственного производственного комплекса, предназначенную для оперативного регулирования (управления) мелиоративными режимами этих земель (водным, тепловым, воздушным, химическим, питательным).

Мелиорируемые земли — земли сельскохозяйственного назначения, обслуживаемые мелиоративной системой.

**Мелиоративная система** - сложный природно - технический комплекс, являющийся составной частью агроландшафта, обеспечивающий регулирование круговорота воды, вещества, энергии и информации в её границах. В техническом отношении мелиоративная система выполняет следующие две функции:

-перевод воды из состояния тока в каналах в состояние нужной почвенной влажности на орошаемых землях или наоборот - удаление излишней почвенной влаги на осушаемых землях путем перевода её в состояние токов;

-транспортирование водных потоков по каналам системы в нужном количестве и необходимые сроки при орошении - от источника орошения к орошаемым площадям, при осушении - от осушаемых площадей к водоприёмнику.

Мелиоративная система включает:

-магистральный (головной оросительный или осушительный) канал, связывающий систему с источником воды при орошении или с водоприемником при осушении;

-постоянную проводящую сеть распределительных каналов в оросительной системе или водоотводящих каналов в осушительной сети, включающие межхозяйственные и внутрихозяйственные каналы;

-внутрихозяйственную оросительную или осушительную регулирующую сеть (создающую и поддерживающую нужный водный и воздушный режимы почвы на полях), являющейся временной (временные оросители, временные осушители), закрытой (дрены, трубопроводы) или передвижной (дождевальные и поливные машины);

-мелиорируемые сельскохозяйственные площади, находящиеся в «оперативном» подчинении.

#### 1.2. Мелиоративные системы в зависимости от выполняемых функций делятся на оросительные и осушительные системы.

**Оросительная система** - сложный природно-технический комплекс, являющийся составной частью агроландшафта, обеспечивающий забор, транспортировку и распределение оросительной воды по полям орошения и сброс её излишков в водоприемник. Оросительная система включает следующие подсистемы: водозаборную, проводящую, распределительную, водосборно-сбросную и технические средства полива.

В состав оросительной системы входят:

- орошаемые площади сельскохозяйственных земель, водный, воздушный и питательный режимы почв которых регулируются комплексом мелиоративных и агротехнических приёмов;
- источник орошения (река, озеро, водохранилище, подземные воды);
- головное сооружение, забирающее воду из источника орошения и подающее её в магистральный канал в необходимом для орошения сельскохозяйственных культур объеме и в нужные, в соответствии с планом водопользования, сроки;
- главный (магистральный) оросительный канал, доставляющий воду на подлежащие орошению земельные массивы, состоящий из холостой части (от головного сооружения до первого распределительного канала) и рабочей части (в пределах которого от него отходят распределительные каналы);
- проводящие межхозяйственные распределительные каналы, распределяющие воду между хозяйствами - водопользователями на системе и внутривладельческие, распределяющие воду в пределах одного хозяйства - водопользователя;
- регулирующая оросительная сеть внутри поливных участков, состоящая из временных, ежегодно устраиваемых оросителей, поливных борозд и полос, обеспечивающую распределение воды на полях и способствующую переводу ее при поливе в почвенную влажность; регулирующая оросительная сеть может состоять из закрытых или передвижных дождевальных или поливных агрегатов, а при внутривладельческом орошении - из проложенных в почве увлажнителей (трубок, кротовин);
- водоотводящая сеть:
  - а) сбросная, служащая для удаления с орошаемых площадей излишней поверхностной воды, образующейся при опорожнении каналов, авариях или ливнях;
  - б) дренажная сеть, устраиваемая на орошаемых землях с близким залеганием высокоминерализованных грунтовых вод;
- гидротехнические сооружения на проводящей сети и необходимая арматура на регулирующей, обеспечивающие регулирование и управление движением воды в оптимальном режиме.

**Осушительная система** — сложный природно - технический комплекс, являющийся составной частью агроландшафта, обеспечивающий сбор избыточных объемов воды с осушаемых земель, их транспортировку и сброс за пределы системы в водоприемники. Осушительная система включает следующие подсистемы: регулирующую, проводящую и водосбросную.

В состав осушительной системы входят:

- осушаемые площади сельскохозяйственных земель, водный, воздушный и питательный режимы почв которых регулируются комплексом мелиоративных и агротехнических приёмов;
- регулирующие устройства (осушительные каналы, борозды, дрены и другие устройства), предназначенные для сбора и отвода с осушаемой площади избыточных поверхностных или почвенно-грунтовых вод, в соответствии с потребностями хозяйственного использования этой площади;
- проводящие каналы (магистральные и другие), предназначенные для приема воды из регулирующих каналов или дрен и отвода её в водоприемники;
- водоприемник, принимающий из магистральных осушительных кана- ЛОН удаляемые с осушаемой площади воды и отводящий их в более крупную гидрографическую сеть;
- оградительную сеть, состоящую из дамб обвалований, транспортирующих собирателей, нагорных и ловчих каналов или дрен, береговых дрен или каналов.

Кроме гидротехнической части (каналы, сооружения) мелиоративная система включает в себя следующие составляющие: технические средства эксплуатации и управления; трудовой коллектив, осуществляющий управление системой.

*К техническим средствам эксплуатации и управления* относят: здания; Специальные сооружения; технические устройства, в том числе инструменты; запасные части и эксплуатационные материалы; средства для сбора, обработки, передачи информации и формирования управляющих сигналов или команд.

*Трудовые коллективы* представляют различные эксплуатационные службы, объединенные по функциональным подразделениям.

***Мелиоративные системы в зависимости от их назначения называют оросительными, осушительными или осушительно-оросительными.***

В аридной и субаридной зонах с недостаточным увлажнением и жарким сухим климатом ведущее место занимают оросительные системы. Именно такие системы строятся в Саратовской области.

В гумидной зоне с избыточным увлажнением и прохладным климатом, где необходимо проводить осушение, а орошение имеет вторичное значение, мелиоративные системы называют осушительно-оросительными.

В северо-западных районах гумидной зоны при обилии атмосферных осадков и низких температурах воздуха потребность в орошении может отсутствовать. Тогда мелиоративная система состоит только из осушительной подсистемы, и такие системы называют осушительными.

Мелиоративная система состоит из нескольких последовательно расположенных и согласованно взаимодействующих частей - *звеньев*, отличающихся друг от друга по функциональному и конструктивному исполнению. Обычно выделяют следующие звенья системы: головное водозаборное сооружение; межхозяйственную оросительную сеть; внутривладельческую оросительную сеть; поливную технику; внутривладельческую осушительную или водоотводящую сеть; межхозяйственную осушительную или водоотводящую сеть.

*Головное водозаборное сооружение* (водозаборный гидроузел) предназначено для забора воды из источника орошения и подачи воды в магистральный канал (трубопровод), включающее следующие основные элементы: водозаборное сооружение (водоприемник), плотину (при плотинном водозаборе), насосную станцию (при машинном водоподъеме), сороудерживающие решетки, рыбозащитные сооружения, отстойник, головной участок магистрального канала (до головного водомерного поста).

*Межхозяйственная оросительная сеть* служит для доставки (транспортировки) воды на орошаемые земли и распределения ее между орошаемыми массивами и хозяйствами-водопользователями. Межхозяйственная сеть состоит из магистрального канала (трубопровода), межхозяйственных распределительных каналов (трубопроводов), различных гидротехнических сооружений (узлов командования и водораспределения, *точек* выдела воды хозяйствам, пропорциональных вододелителей и др.).

На осушительно-оросительных системах вода для орошения земель может поступать непосредственно по руслу реки, перегороженному русловыми шлюзами, создающими необходимый подпор уровней воды в осушительной сети.

*Узлы командования* - гидротехнические «узловые» сооружения, поддерживающие и регулирующие уровни и расходы воды в магистральных каналах, имеющие водовыпуски для сброса воды в естественные понижения местности (балки или реки) или в специальные сбросные каналы.

*Узлы водораспределения* - гидротехнические «узловые» сооружения, в которых распределяют воду в межхозяйственные каналы младшего порядка и в точки выдела воды хозяйствам.

*Точки выдела воды в хозяйства* - гидротехнические водовыпускные сооружения, предназначенные для подачи воды непосредственно водопользователю.

*Внутрихозяйственная оросительная сеть* служит для распределения воды внутри хозяйства-водопользователя, между севооборотами и поливными участками для подачи ее к поливной технике. Внутрихозяйственная сеть состоит из внутрихозяйственных распределительных и участковых каналов, лотков, трубопроводов, временных оросителей, различных гидротехнических сооружений.

*Поливная техника* предназначена для проведения поливов сельскохозяйственных культур. Она представлена дождевальными аппаратами, дождевальными и поливными машинами (установками), поливными шлангами и трубопроводами, поливными лотками, поливными бороздами и полосами, чеками, внутрпочвенными (подпочвенными) увлажнителями, трубопроводами с микроводовыпусками (капельницами).

На осушительно-оросительных системах при внутрпочвенном (подпочвенном) увлажнении поливная техника представлена осушителями- оросителями, дренами-увлажнителями, кротовыми дренами-увлажнителями.

*Внутрихозяйственную водоотводящую сеть* на оросительных системах подразделяют на водосборно-сбросную и коллекторно-дренажную.

Водосборно-сбросная сеть собирает и отводит с орошаемой территории сбросные и избыточные поверхностные воды, образующиеся при поливах, ливнях, авариях, промывках и опорожнении каналов (лотков, трубопроводов). В её состав входят: предохранительные (аварийные) и концевые водосбросные сооружения для сброса воды из оросительных каналов и трубопроводов; открытые неглубокие водосборно-сбросные каналы различных порядков для сброса и отвода избыточной воды из оросительных каналов и поверхностного стока или сбросной воды с орошаемых земель.

Коллекторно-дренажная сеть регулирует водно-солевой режим почв и отводит минерализованные промывные и грунтовые воды при близком залегании их от поверхности земли. Коллекторно-дренажная сеть включает: горизонтальные или вертикальные дрены, коллекторы (открытые и закрытые), устьевые сооружения, смотровые колодцы.

*Внутрихозяйственная осушительная сеть* на осушительно-оросительных и осушительных системах отводит с территории хозяйств избыточные поверхностные и грунтовые воды, поддерживает оптимальные мелиоративные режимы осушаемых сельскохозяйственных земель и глубину залегания уровня грунтовых вод. Она состоит из собирателей и кротовин (для перехвата и отвода поверхностных вод), открытых осушителей и дрен (для понижения уровня грунтовых вод), коллекторов, поглощающих и смотровых колодцев, устьевых сооружений.

*Межхозяйственная осушительная сеть* на осушительно-оросительных и осушительных системах собирает воду из внутрихозяйственной осушительной сети и отводит ее в водоприемник. Она состоит из транспортирующих собирателей, нагорных и ловчих каналов, нагорно-ловчих каналов или дрен, береговых дрен или каналов, магистрального канала, осушительных насосных станций, гидротехнических сооружений (перепадов, быстотоков, дюкеров, консольных водосбросов и др.).

В Саратовской области существуют оросительные системы: Приволжская, Энгельсская, Комсомольская. На сегодняшний день орошается порядка 170 тыс. га.

Вопросы для самоконтроля.

1.

Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006.- 391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 2

### Устройство насосных станций и их эксплуатация

#### 2.1. Определение количества и марки основных насосов.

Марка основного насоса определяется требуемым напором и подачей одного насоса.

Число основных насосов определяется исходя из максимальной подачи работающих агрегатов по формуле:

$$Z = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$$

где  $Z$  - число насосов, шт;

$Q_{\max}$  - максимальный расход, зависящий от числа одновременно работающих дождевальных машин, л/с;

$Q_{\min}$  - максимальный расход, л/с.

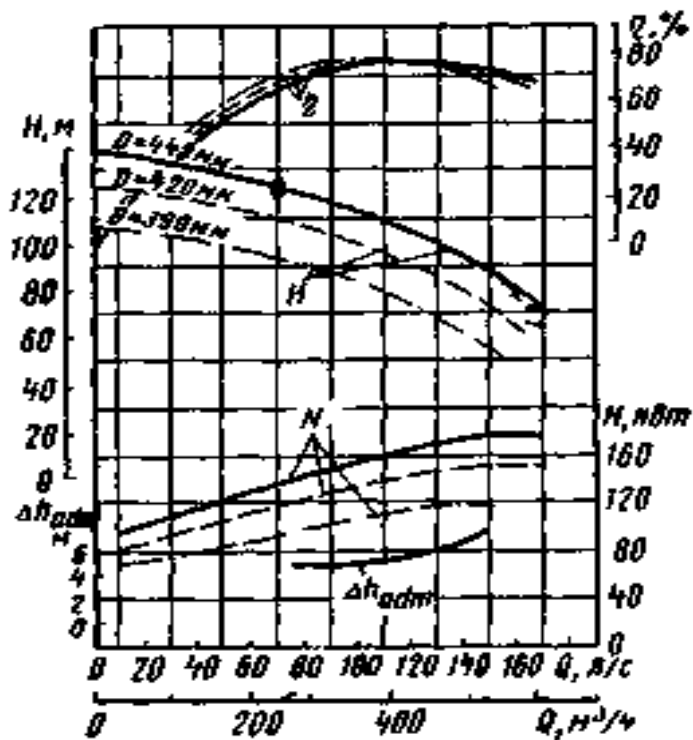
$$Z = \frac{320}{64} = 5$$

Принимаем 5 основных насоса.

На основании проведенного гидравлического расчета закрытой оросительной сети требуемый напор насосной станции составляет - 110,78 м.

В качестве основного насоса принимаем Д 400 — 120 с числом оборотов  $n = 1450$  об/мин.

Характеристика насоса приведена на рисунке 1, а его габаритные размеры приведены в таблице № 1.



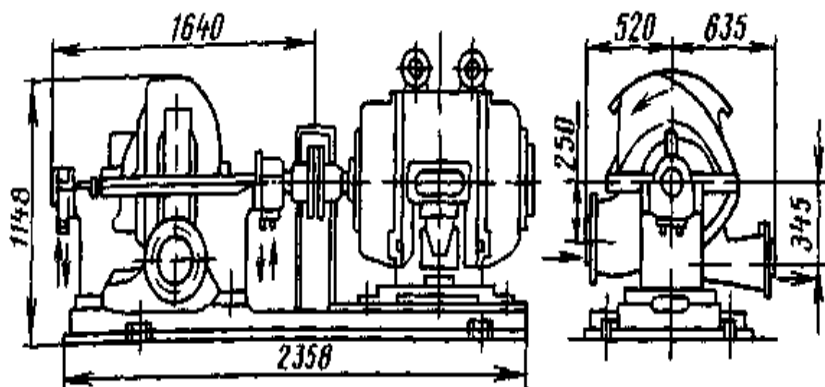


Рис.1 Характеристика насоса Д 400-120 с электродвигателем

Таблица № 1.

Гидравлическая характеристика основного насоса Д 400-120.

Комплектующий электродвигатель			L	B	H	Масса, кг		Диаметр рабочего колеса, мм	Подач а		Напор, м	Оптимальный КПД, %
тип	Мощность, кВт	Напряжение, В				насоса	агрегата		<sup>3</sup> /с	л/с		
			АО2-92-4	100	220/380			2160	970	972	620	1680

										0		
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

## 2.2 Построение характеристики закрытой оросительной сети

Для построения характеристики Q - H закрытой оросительной сети необходимо предварительно найти расходы и соответствующие им полные напоры в начале расчетной трассы. Расходы в начале расчетной трассы определяются количеством одновременно работающих дождевальных машин. С начала рассчитываются работа всех дождевальных машин, а затем последовательно отключаются машины, начиная с машин наиболее близко расположенных к насосной станции. Число работающих дождевальных машин определяет расход, для подачи которого в сеть необходимо развить напор, вычисляемый по формуле:

$$H = \nabla_1 - \nabla_{\min \text{ н.с.}} + h_{ст}$$

где  $\nabla_1$  - отметка пьезометрического уровня воды в начале расчетной трассы, м;

$\nabla_{\min \text{ н.с.}}$  - отметка минимального уровня воды в источнике, м;

$h_{ст}$  - внутриводостатические потери;  $h_{ст} = 2$  м.

Характеристика Q - H оросительной сети строится по расходам, проходящим через начало расчетной трассы и соответствующим напором. Для вычислений рассматриваем не все режимы работы сети, а только основные и несколько промежуточных. Это не оказывает существенного влияния на очертания характеристики Q - H сети.

Расчет по определению полного напора в начале расчетной трассы сводим в таблицу № 2.

Таблица № 2.

Для построения Q - H сети.

Параметры участков	Номер участка расчетной трассы						
	7-6	6-5	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0
Длина участка, м	946	740	680	810	810	680	3937
Расход Q, л/с	64	64	128	192	256	320	320
Диаметр водопровода, мм	235	235	334	408	527	527	532
1000i	4,76	4,76	7,16	3,76	3,26	3,26	3,66

Суммарные потери h, м	0,5678	0,444	0,408	0,486	0,486	0,408	2,3622
Пьезометрическая отметка в начале	151,3	151,7	152,2	152,7	153,2	153,6	156,0
Полный напор H, м	119,3	119,7	120,2	120,7	121,2	121,6	124,0

### 4.3. Подбор бустерных насосов.

Бустерные насосы устанавливаются для поддержания давления и восполнения утечек в сети при отсутствии водозабора. Обычно устанавливают два насоса — один основной, другой резервный. Суммарный расход бустерных насосов принимают за 7 - 10 % от максимального расхода сети.

$$Q_{б.н} = 0,05 \times Q_{\max}$$

где  $Q_{б.н}$  - расход бустерного насоса.

$$Q_{б.н} = 0,05 \times 320 = 16 \text{ л/с}$$

По этому расходу, используя последнюю характеристику Q - H сети определяем значение оптимального напора бустерного насоса.

$$H_{б.н}^{\min} = 0,77 \text{ м}$$

По расходу одного бустерного насоса и минимальному напору, пользуясь сводным графиком областей применения насосов, находим его марку К - 0 - 90/85с частотой вращения  $n = 2900$  об/мин.

### 2.4 Подбор электродвигателей.

Электродвигатель к насосу подбирается по числу оборотов, типу исполнения (обычно горизонтальное) и расчетной мощности, определяемой по формуле:

$$N = 9,81 \frac{Q_n H K}{\eta}$$

где  $Q_n$  и  $H$  - соответственно расход в  $\text{м}^3/\text{с}$  и напор насоса, м;

$K$  - коэффициент запаса,  $K = 1,05 - 1,1$ ;

$\eta$  - КПД насоса при расходе  $Q_n$ .

$$N = 9,81 \frac{0,064 \times 83 \times 1,1}{0,76} = 75 \text{ кВт}$$

По расчетной мощности подбираем комплектующий электродвигатель АО2 - 92 - 4.

Для бустерного насоса электродвигатель подбирают по максимальной мощности, снимаемой с характеристики Q - H.

$$N = 9,81 \frac{0,064 \times 66 \times 1,1}{0,76} = 60 \text{ KBm}$$

По расчетной мощности подбираем комплектующий электродвигатель типа А2 - 61 - 2.

## 2.5 Определение отметки оси насоса и определение отметки пола насосной станции.

Отметка оси насоса определяется для наихудших эксплуатационных условий работы насосного агрегата, определенных минимальным уровнем воды в источнике и предельным режимом работы насоса.

$$\nabla OH = \nabla_{\min} \times UB + H_{z.в.}$$

где  $H_{гв}$  - геодезическая высота всасывания, м.

Геодезическая высота всасывания определяется по формуле:

$$H_{г.в.} = H_{\frac{\partial \partial n}{\text{вак}}} - h_w^{bc} - \frac{V_{вс}^2}{2g}$$

где:  $H_{\frac{\partial \partial n}{\text{вак}}}$  - допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м;  
 $h_w^{bc}$  - потери насоса во всасывающей линии насоса при расходе  $Q_n$ ;  
 $V_{вс}$  - скорость во всасывающей трубке насоса в м/сек, при расходе  $Q_n$ .

Согласно принятой схеме водозабора определяем потери напора во всасывающей линии. Диаметр всасывающей линии определяется исходя из скорости движения воды в нем от 0,8 — 1,2 м/с. затем определяются значения потери напора в местных сопротивлениях.

Весь расчет сводим в таблицу № 3.

Таблица № 3.

Определение потерь напора в местных сопротивлениях.

Местные сопротивления	Диаметр Д, мм	Скорость, м/с	$\frac{V_{вс}^2}{2g}$	$\xi \frac{V_{вс}^2}{2g}$
Потери в сетке				0,15
Отвод на 45	400	0,6	0,03	0,03
Поворот на 45 2 шт	400	0,8	0,03	0,012
Сужение Д 400x250	250	2,04	0,21	0,02
Задвижка Д 250	250	2,04	0,21	0,02
Поворот на 90 2 шт	250	2,04	0,21	0,122

Полные потери, с учетом потерь по длине, равны:

$$h_{w}^{вс} = 1,2 \times 0,35 = 0,42 \text{ м}$$

$$H_{з.в.} = 4,0 - 0,42 - \frac{1^2}{19,62} = 3,53 \text{ м}$$

$$\nabla_{OH} = 32,0 + 3,53 = 35,53 \text{ м}$$

Отметка оси бустерного насоса определяется аналогично.

$$H_{з.в.} = 5,5 - 0,42 - \frac{1^2}{19,62} = 5,03 \text{ м}$$

$$\nabla_{OH} = 32,0 + 5,03 = 37,03 \text{ м}$$

Отметка пола насосной станции вычисляется исходя из условия размещения основного и бустерного насоса по формуле.

$$\nabla_n = \nabla_{он} - E - a_{\phi}, \text{ м}$$

где: e - расстояние от оси насоса до опорной плоскости, м;

$a_{\phi}$  - высота фундамента, м;

для основного насоса  $a_{\phi} = 0,3 \text{ м}$ ,

для бустерного насоса  $a_{\phi} = 0,15 \text{ м}$ .

Пол насосной станции принимается на уровне с более низкой отметкой:

$$\nabla_n = 35,53 - 0,545 - 0,3 = 34,685 \text{ м}$$

$$\nabla_n = 37,03 - 0,180 - 0,15 = 36,7 \text{ м}$$

Принимаем отметку пола насосной станции рассчитанную для основного насоса, равной 34,7м.

Тип и состав вспомогательного оборудования автоматизированной насосной станции, работающей на закрытую сеть, определяется способом регулирования основных параметров системы. Насосная станция - закрытая сеть. Способ регулирования определяется видом используемых для автоматизации величин уровней и напора, напора и расхода, мощности (тока).

В настоящее время применяются следующие способы регулирования основных параметров насосной станции:

- а) по мощности (тока);
- б) по давлению;
- в) по расходу.

Бустерные насосы включаются и отключаются «по давлению» датчиков давления, установленных на магистральном водопроводе. Первый основной насос может включаться как «по расходу», так и «по давлению» в зависимости от качества насосов, установленных на насосной станции. Все последующие основные насосы включаются и отключаются «по расходу».

Техническое оборудование автоматизированной насосной станции, регулируемой по смешанной схеме состоит, кроме основных и бустерных насосов из водовоздушного резервуара, расходомера, компрессора.

#### Расходомер.

Расходомер устанавливается на напорном коллекторе насосной станции и служат как измерители расходов и датчиков для включения насосов на автоматизированных станциях устанавливают индукционные расходомеры, на точность показаний которых влияет свойство воды, так что в нормальных условиях точность измерения расхода составляет 10 % от максимального расхода расходомера. При малых расходах измерения проводятся очень не точно. В связи с этим, если число насосных агрегатов больше 3, диапазон шкалы расходомера при работе первого насоса сопоставим с точностью измерения расхода расходомера. В этих случаях включение первого насоса «по расходу» произвести затруднительно, и поэтому его включение производится «по давлению».

Индукционные расходомеры подбираются по максимальному расходу сети.

В нашем дипломном проекте запроектирован индукционный расходомер 4РИ - 800 - Н - 1, который устанавливается на трубопроводе диаметром 800 мм, вес расходомера 550 кг, верхний предел измерений 556 л/с.

Компрессор. Компрессор восполняет объем воздуха в резервуаре, уменьшающийся частично от утечек, а частично от растворения в воде.

Работа компрессора в автоматическом режиме осуществляется от электронных датчиков реле уровня, установленных на водовоздушном резервуаре. При работе бустерных насосов вода достигает верхнего электрода, при котором контакт реле уровня включает компрессор на время, необходимое для опускания уровня воды ниже верхнего электрода и создания давления  $P$  несколько превышающего максимальное давление бустерного насоса.

Водовоздушный резервуар. Служит для поддержания заданных параметров насосной станции - расхода и напора, при малых нагрузках и кратковременных остановках, а так же для частичного гашения гидрантов. Объем водовоздушного резервуара должен обеспечивать допустимую частоту включения бустерных насосов, которая не должна превышать 4-6 включений в час.

Предварительно задаются емкостью резервуара  $W$ , которая согласно существующим нормам равна 6,3 и 10 м<sup>3</sup>, определяют его регулируемую емкость, проверяемую затем на число допустимых включений в час.

Регулируемая емкость резервуара определяется по закону Бойля — Мариотта.

Для расчетного случая принимается

$$P_a \times W_a = const$$

где  $P_a$  - минимальное давление в резервуаре, кг/см<sup>2</sup>,

$W_a$  - объем воздуха в резервуаре, м<sup>3</sup>.

Объем воды в резервуаре, соответствующий минимальному давлению в сети  $W_{min}$ , принимается 15 % от емкости резервуара:

$$W_{min} = 0,15 \times W$$

$$W_{min} = 0,15 \times 10 = 1,5 \text{ м}^3$$

Тогда объем воздуха при минимальном давлении будет равен:

$$W_a = W - W_{min}$$

$$W_a = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ м}^3$$

Затем находим давления, при которых работает бустерный насос. Из графика работы бустерных насосов находятся максимальное давление  $P_{max}$ , которое развивает бустерный насос при минимальной производительности, и минимальное давление  $P_{min}$ , развиваемое насосом при максимальной производительности.

$$P_{\max} = (H_{\max} + 10) \times 0,1$$

$$P_{\min} = (H_{\min} + 10) \times 0,1$$

$$P_{\max} = (77,0 + 10) \times 0,1 = 8,7 \text{ кг/см}^3$$

$$P_{\min} = (40,0 + 10) \times 0,1 = 5,0 \text{ кг/см}^3$$

Минимальное давление в резервуаре принимается на 0,2 кг/см<sup>2</sup> ниже минимального рабочего напора бустерного насоса. В этом случае:

$$P_a = P_{\min} - 0,2$$

$$P_a = 5,0 - 0,2 = 4,8 \text{ кг/см}^2$$

Затем находится объем воздуха при максимальном и минимальном давлениях бустерного насоса:

$$W_1 = \frac{P_a W_a}{P_{\max}} \text{ м}^3$$

$$W_2 = \frac{P_a W_a}{P_{\min}} \text{ м}^3$$

$$W_1 = \frac{4,8 \times 8,5}{8,7} = 4,7 \text{ м}^3$$

$$W_2 = \frac{4,8 \times 8,5}{5,0} = 8,2 \text{ м}^3$$

Регулирующая емкость резервуара равна:

$$W_p = W_2 - W_1$$

$$W_p = 8,2 - 4,7 = 3,5 \text{ м}^3$$

Период включения насоса складывается из суммы времени накопления и опорожнения резервуара  $W_p$  время наполнения рассчитывается по формуле:

$$t_n = \frac{W_p}{Q_{cp} - Q_y} \times 1000$$

где  $Q_{cp}$  - средняя производительность вспомогательного насоса, определяемая как среднее значение  $Q_1$  и  $Q_2$ ;

$Q_y$  - расход утечек, принимаемый 2% от  $Q_{\max}$  сети, л/с.

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  - соответственно максимальная и минимальная производительность бустерного насоса, л/с.

$$Q_{cp} = \frac{16 + 32}{2} = 24 \text{ л/с}$$

$$t_n = \frac{3,5}{24 - 6,4} \times 1000 = 199 \text{ сек.}$$

Время опорожнения резервуара определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{W_p}{Q_y} \times 1000$$

$$t_0 = \frac{3,5}{6,4} \times 1000 = 547 \text{ сек.}$$

Частота включения бустерного насоса равна:

$$n = \frac{3600}{t_n + t_a}$$

$$n = \frac{3600}{199 + 547} = 5 \text{ раз}$$

Вакуумные насосы предназначены для заливки основных и бустерных насосов. Они размещаются в здании насосной станции, в том случае, если основные и бустерные насосы запроектированы к установке с положительной высотой всасывания. Вакуумные насосы подбираются по расходу и относительному разрежению, производительность одного вакуумного насоса определяется расчетом:

$$P = 1,1 \times \frac{H_{zg} + F + H_b}{H_a}$$

где: F - расстояние от оси рабочего колеса до верхней части корпуса насоса, м;  
 $H_b$  - превышение уровня воды в промежуточной бачке вакуумной станции над корпусом насоса,  $H_b = 0,7 \div 0,8$  м;  
 $H_a$  - барометрическое давление,  $H_a = 10$  м.

Устанавливаются в здании два вакуум-насоса - рабочий и резервный:

$$P = 1,1 \times \frac{3,53 + 0,595 + 0,7}{10} = 0,531$$

По относительному разрежению и производительности вакуум-насоса подбираем его

Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. - 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## **Лекция 3**

### **Дождевальная техника и ее эксплуатация**

#### **3.1. Обоснование техники орошения и техники полива.**

Способы полива — это такие способы полива, с помощью которых мы можем осуществить расчетный режим орошения, т.е. подать на орошаемое поле расчетное количество воды и в нужные сроки. При проектировании оросительных систем в настоящее время применяют три основных способа орошения:

1) поверхностное орошение — увлажнение почвы путем подачи воды непосредственно на поверхность орошаемого поля сплошным слоем или в виде отдельных струй;

2) дождевание - распыление воды в виде дождя над орошаемой площадью специальными аппаратами и насадками с увлажнением почвы, приземного слоя воздуха и надземных частей растений;

3) подпочвенное орошение - вода подается по заложенным в земле трубам и увлажняет активный слой почвы за счет ее всасывающей способности.

В последнее время большое распространение получили новые способы орошения - капельное, синхронно-импульсивное, аэрозольное, субиригация.

Выбор способа орошения зависит в основном от следующих факторов: климатических условий, размера поливных и принятой схемы поливов культур, уклона и рельефа поверхности орошаемого участка, скорости впитывания воды в почву, степени засоленности почвы, глубины залегания уровня грунтовых вод и их минерализации, экономических затрат и их эффективности.

Климатические факторы выражаются в увлажненности территории и в значительной степени обуславливают потребность сельскохозяйственных культур в орошении и способах полива.

Степень увлажненности территории принято характеризовать по показателю увлажнения:

$$K = \frac{P}{f}$$

где P - сумма осадков за год, мм;

f - годовая испаряемость, мм.

В аридных зонах, характеризующихся показателями увлажнения менее 0,33 и дефицитом испаряемости более 5000 м<sup>3</sup>/га полив проводится, в основном, поверхностным способом. Применение дождевания в этих районах ограничено большими (до 30...40 % водоподачи) потерями воды на испарение в процессе полива и в первые дни после полива.

В измидных зонах с показателем увлажнения 0,77...0,33 и дефицитом испаряемости менее 2000 м<sup>3</sup>/га полив проводят дождеванием.

На выбор способа полива влияют так же скорость и повторяемость ветра. При скорости ветра более 6...7 м/с и большой повторяемости не рекомендуется использовать дождевание.

Способы орошения зависят от уклона и рельефа местности. Эти факторы ограничивают использование некоторых видов дождевальной техники и исключают применение поверхностного орошения.

Уклоны поверхности почвы на орошаемых землях подразделяются на: малые - 0,002; средние - от 0,002 до 0,007; большие - от 0,007 до 0,015; очень большие - от 0,015 до 0,03. при уклонах орошаемых земель более 0,03 и менее 0,002 поверхностное орошение становится затруднительным.

К почвенно-мелиоративным факторам относятся скорость впитывания воды в почву, мощность почвенного слоя, степень засоленности почвы, глубина залегания грунтовых вод и их минерализация.

Скорость впитывания определяется количеством воды, впитываемой в данную почву в единицу времени на единицу площади и выражается формулой А.Н.Костякова.

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}$$

где  $K_t$  - скорость впитывания в конце времени, см/мин;

$K^\alpha$  - скорость впитывания в конце первой единицы времени, см/мин;

$t$  - время от начала впитывания, мин;

$\alpha$  - коэффициент, характеризующий затухание скорости впитывания во времени.

Средняя скорость впитывания за период определяется по формуле:

$$K_{срt} = \frac{K_1}{(1-\alpha) \times t^\alpha} = \frac{K_0}{t^{\alpha-1}}$$

где  $K_{срt}$  - средняя скорость впитывания за время  $t$ , см/мин;

$K_0$  - средняя скорость впитывания за первую единицу времени, мин.

Слой воды, впитывающийся за время  $t$ :

$$H_t = K_{срt} = \frac{K_1}{(1-\alpha) \times t^\alpha} = \frac{K_0}{t^{\alpha-1}}$$

Почвы по скорости впитывания разделяют на три группы:

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

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. Водопроницаемость - это способность почвы проводить воду со скоростью впитывания и фильтрации.

Поверхностное орошение не рекомендуется при малой мощности почвенного слоя и сильной водопроницаемости почв (более 0,15 м за первый час) из-за значительных потерь воды на глубинные сбросы.

Дождевание не рекомендуется применять на почвах со слабой водопроницаемостью (менее 0,05 м за первый час) и на засоленных почвах.

Поверхностное орошение применяют: при орошении большими поливными нормами; на засоленных почвах; в районах с сильными ветрами; на спланированной поверхности полей при благоприятном уклоне; на тяжелых или легко заплывающих почвах для предупреждения подъема грунтовых вод, особенно при большом водопотреблении.

Дождевание применяют: в районах неустойчивого увлажнения, где орошение нужно проводить в отдельные засушливые периоды года: на солонцеватых, засоленных почвах для предупреждения их подъема; на землях со значительными уклонами (0,03) и слишком малыми уклонами (0,002); со сложным микрорельефом.

Подпочвенное орошение применяют: на осушенных торфяных почвах, при двухстороннем регулировании влажности почвы; на крутых и очень крутых склонах при рыхлом почвенном покрове, при орошении сточными водами.

Учитывая то, что проектируемый орошаемый участок находится в зоне недостаточного увлажнения, рельеф местности (0,005 ÷ 0,02) в качестве способа орошения принимаем дождевание, в качестве техники полива дождевальную машину «Волжанка» ДКШ - 64.

#### 4.2. Техническая характеристика дождевальной машины.

Дождевальная машина предназначена для полива дождеванием низкостебельных зерновых, некоторых видов овощебахчевых и технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ. Машина состоит из двух дождевальных крыльев, представляющих собой трубопроводы на колесах со среднеструйными аппаратами. Работает от гидрантов закрытой напорной сети с расстоянием между ними 18 м.

На дождевальном крыле установлены 32 среднеструйных дождевальных аппарата, вращающихся по кругу с помощью поворотного коромысла ударного действия. Дождевальный аппарат устанавливается в рабочее вертикальное положение, независимо от положения трубопровода, посредством механизма самоустановки дождевальных аппаратов.

Скорость перекачивания трубопровода на новую позицию 9 м/мин. Машина работает на поливе позиционно, поливные крылья перекачивают с помощью привода от бензиновых двигателей.

Первое дождевальное крыло, собранное на первой позиции у границы поля против гидранта напорного трубопровода, присоединяют к гидранту и открывают задвижку. Из трубопровода вода поступает в дождевальное крыло. Под напором воды сливные клапаны автоматически закрываются и вступают в работу среднеструйные

дождевальные аппараты. После того, как будет вылита заданная поливная норма, задвижка на гидранте закрывается, давление в трубопроводе упадет, сливные клапаны автоматически отключаются и выпустят воду из трубопровода. После этого крыло отсоединяют от гидранта и запускают двигатель на приводной тележке. Крыло перекачивают на новую позицию к следующему гидранту. Заглушив двигатель, подключают узел присоединения дождевального крыла к гидранту и открывают задвижку. Аналогичные операции проводят со вторым крылом. Оба крыла работают на поливе одновременно. Позиции меняют по очереди.

Максимальная длина одного дождевального крыла 395,8 м, что позволяет поливать с одной позиции с учетом перекрытия полосу длиной 400 м и шириной 18 м. В зависимости от размеров поливаемого участка дождевальное крыло может быть уменьшено на определенное число секций с соответствующим уменьшением расчетного расхода и длины полосы увлажнения.

Техническая характеристика дождевальной машины «Волжанка» ДКШ - 64 приведена в таблице 1.

Таблица № 1.

Техническая характеристика дождевальной машины «Волжанка».

№	Наименование показателей	Ед. Изм.	Кол-во
1	Расход воды (на два крыла)	л/с	64
2	Напор на гидранте	м	40
3	Максимально допустимый напор на входе в машину	м	50
4	Максимально допустимый напор на машину	м	60
5	Конструктивная длина машины (двух крыльев)	м	791,6
6	Длина одной секции	м	12,6
7	Водозабор - от гидрантов напорной оросительной сети	Закрытой сети	
8	Расстояние между смежными позициями (гидрантами)	м	18
9	Ширина захвата (на два крыла)	м	800
10	Расстояние между поливными трубопроводами	м	800
11	Площадь полива с одной позиции (на два крыла)	га	1,44
12	Время полива с одной позиции при $m=300\text{м}^3/\text{га}$	час, мин	1,52
13	Продолжительность за час чистого рабочего времени при $m=300\text{м}^3/\text{га}$	га/час	0,767
14	Продолжительность за смену при норме полива $m=300\text{м}^3/\text{га}$	га	6,3

15	Сезонная продолжительность (на два крыла)	га	40-60
16	Сезонная интенсивность дождя	мм/ мин	0,267
17	Количество дождевальных аппаратов (на два крыла)	шт	64

#### 4.3. Расчет элементов техники полива дождеванием.

Элементы техники полива дождеванием определяют установление оптимального сочетания структуры дождя и технологии его подачи с требованиями орошаемого поля.

При поливе дождевальными машинами и аппаратами определяют интенсивность искусственного дождя, продолжительность полива, производительность полива, производительность дождевальных устройств и их количество.

Структура искусственного дождя характеризуется интенсивностью, размером капель, слоем осадков за один цикл и равномерностью распределения по орошаемому полю.

Интенсивность дождя - это слой осадков, мм, создаваемых дождевальным устройством в течении одной минуты, выражается мм/мин.

В зависимости от технологии дождевания определяют два вида интенсивности дождя: истинную и среднюю.

Истинная интенсивность дождя  $\rho$  отражает интенсивность в точке на поверхности почвы и выражается отношением приращения слоя осадков  $dh$

к приращению времени  $dt$ : 
$$\rho = \frac{dh}{dt}$$

При подборе дождевальной техники в соответствии с впитывающей способностью почвы используют среднюю интенсивность:

$$\rho_{cp} = \frac{h_{cp}}{t}; \quad h_{cp} = \frac{60Qt}{F}; \quad \rho_{cp} = \frac{60Q}{F}$$

где  $h_{cp}$  - средний слой осадков, выпавших на определенной площади  $F$ , мм;

$t$  - продолжительность выпадения осадков, мин;

$Q$  - расход воды дождевальной машиной, л/с.

В зависимости от конструктивных особенностей дождевальной машины и технологии полива существуют различные формулы для определения средней интенсивности дождя.

Средняя интенсивность дождя сравнивается со скоростью впитывания воды в почву, при которой не образуются лужи и поверхностный сток. При этом должно соблюдаться условие  $\rho_{cp} < K$ .

Для дождевальной машины «Волжанка» работающих позитивно средняя интенсивность определяется по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{60Q}{F} = \frac{60Q}{lb}$$

где  $l$  и  $b$  - длина и ширина полосы увлажнения с одной позиции с учетом перекрытия дождем со смежных позиций, м.

$$\rho_{cp} = \frac{60 \times 64}{18 \times 800} = 0,27$$

Продолжительность полива определяется по формуле:

$$t_{noz} = \frac{m}{\rho_{cp}\beta}$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение.  $\beta = 0,84$ .  
Продолжительность полива определяется для всех культур севооборота:

для люцерны:  $m = 650 \text{ м}^3/\text{га}$

$$t_{noz} = \frac{650}{0,27 \times 0,84} = 2866 \text{ мин} = 47 \text{ ч}$$

для озимой и яровой пшеницы:  $m = 550 \text{ м}^3 / \text{га}$

$$t_{noz} = \frac{550}{0,27 \times 0,84} = 2425 \text{ мин} = 40 \text{ ч}$$

для суданки на сено:  $m = 550 \text{ м}^3 / \text{га}$

$$t_{noz} = \frac{550}{0,27 \times 0,84} = 2425 \text{ мин} = 40 \text{ ч}$$

Определяем продолжительность дождевальной машины «Волжанка» (часовая, сменная, суточная), вычисляется по формуле:

$$F_{cm} = \frac{3,6QtK_{cm}}{m\beta}, \text{ га}$$

где  $t$  - продолжительность работы за час, смену или сутки, ч;

$K$  - коэффициент полезного использования времени за этот же период.

$$K_{см} = 0,75;$$

$$K_{сут} = 0,70;$$

$$t = 8 \text{ ч.}$$

Определяем для каждой поливной нормы сменную производительность:

Для люцерны:  $m = 650 \text{ м}^3/\text{га}$

$$F_{см} = \frac{3,6 \times 64 \times 8 \times 0,75}{650 \times 0,84} = 2,5 \text{ га}$$

Для озимой и яровой пшеницы и суданки на сено:  $m = 550 \text{ м}^3/\text{га}$

$$F_{см} = \frac{3,6 \times 64 \times 8 \times 0,75}{550 \times 0,84} = 3,0 \text{ га}$$

Определяем для каждой поливной нормы суточную производительность: Для люцерны:  $m = 650 \text{ м}^3/\text{га}$

$$F_{сут} = \frac{3,6 \times 64 \times 8 \times 0,7}{650 \times 0,84} = 2,4 \text{ га}$$

Для озимой и яровой пшеницы и суданки на сено:  $m = 550 \text{ м}^3/\text{га}$

$$F_{сут} = \frac{3,6 \times 64 \times 8 \times 0,7}{550 \times 0,84} = 2,8 \text{ га}$$

Сезонную производительность для каждой поливной нормы определяем по формуле:

$$F_{сез} = \frac{86,4 \times Q \times T}{m} \times K_m \times K_n \times K_{см} \times \beta, \text{ га}$$

где  $T$  - минимальный межполивной интервал в период пикового сброса на воду, сут;

$K_n$  - коэффициент перебазировки;  $K_n = 0,95$ ;

$K_m$  - коэффициент, учитывающий возможные потери времени по метеоусловиям,  $K_m = 0,9$ .

Для люцерны:  $m = 650 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $T = 19$  дней

$$F_{сез} = \frac{86,4 \times 64 \times 19}{650} \times 0,9 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,84 = 99,2a$$

Для яровой пшеницы:  $m = 550 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $T = 12$  дней

$$F_{сез} = \frac{86,4 \times 64 \times 12}{550} \times 0,9 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,84 = 74,2a$$

Для озимой пшеницы:  $m = 550 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $T = 8$  дней

$$F_{сез} = \frac{86,4 \times 64 \times 8}{550} \times 0,9 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,84 = 49,2a$$

Для суданки на сено:  $m = 550 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $T = 22$  дня

$$F_{сез} = \frac{86,4 \times 64 \times 22}{550} \times 0,9 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,84 = 135,2a$$

Количество дождевальных машин для полива определяем:

$$N = \frac{F_{оп}^H}{F_{сез}}, \text{ шт.}$$

$$N = \frac{531,2}{66,4} = 8шт$$

Литература:

1.Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И.Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2.Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3.Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В.Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4.Кравчук, А.В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А.В.Кравчук, Ф.В.Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5.Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## **Лекция4**

### **Внутрипочвенное орошение и его эксплуатация**

#### **4.1.Понятие внутрипочвенное орошение.**

При внутрипочвенном орошении оросительную воду подводят с некоторой глубины непосредственно в корнеобитаемый слой. Увлажнение происходит через щели или отверстия в трубах, а также через стыки труб или из кротовин, нарезаемых в почве специальными орудиями. Расстояния между увлажнителями достигают 1,5 м и зависят от капиллярных свойств почв, вида увлажнителя и напора в нем.

Воду в увлажнители подают из открытых каналов или труб. Для этого в начале увлажнителей устраивают регулируемые приемные отсутствующей силы через пористые стенки труб-увлажнителей.

К настоящему времени предложено много конструкций внутрипочвенных увлажнителей. При напорном гравитационном увлажнении применяют: трубчато-дренажно-стыковые с подачей воды через открытые стыки или прикрытые муфтами,

толью и др.; цельнотрубчатые щелевые с выпуском воды через щели или отверстия по периметру; лотковые низконапорные с выпуском воды через открытые стыки или боковые щели; кротовые, увлажняющие почву из кротовых дрен, нарезаемых с помощью кротодренажных машин и орудий (рис. 44).

Для капиллярно-гравитационного увлажнения используют: трубчато-пористые трубы с открытыми стыками с увлажнением через пористый материал крепления кротовин или через открытые стыки; лотковые с песчаным заполнением и дренажным подтоком воды в лоток; трубчато-лотковые с водовыпусками через фильтрующие отверстия.

Адсорбционные (вакуумные) системы имеют следующую конструкцию: трубчато-пористые с герметическим соединением стыков и с подачей воды в почву через поры увлажнителей; цельнотрубчатые пористые с механизированным креплением кротовин.

#### **4.2. Низконапорные системы внутрипочвенного орошения.**

В низконапорной системе внутрипочвенного орошения воду периодически подают из напорного трубопровода или открытого канала. Распределительные трубопроводы укладывают вдоль по уклону, а увлажнители поперек склона. Через 30...120 м на увлажнителях ставят регулирующие стояки. Закрывая нижние отверстия в стояке, можно создавать нужный напор в увлажнителе. Напор в трубах улучшает полив более тяжелых почв и увеличивает расстояние между увлажнителями. Однако на легких почвах могут происходить большие потери воды на фильтрацию.

Низконапорные системы с периодическим увлажнением состоят из оросительного канала, от которого через 200...400 м отходят распределительные трубопроводы, уложенные на глубине 40...50 см, а от них через 1...2 м в обе стороны увлажнители длиной 100...200 м. Концы увлажнителей соединены с водосбором для отвода лишней воды. На распределительном трубопроводе устанавливают регуляторы-задвижки для создания в нем напора и передачи его в увлажнители. Такое устройство позволяет автоматизировать полив и не мешает механизации полевых работ на участке.

При вакуумной системе подпочвенного орошения пористые трубы укладывают через 1.75...2 м на глубине 40...50 см с закрытием стыков непроницаемым материалом. Уложенные в траншею трубы заливают слоем пористой массы из алебастра и глины, которая хорошо пропускает воду. Нижние концы труб соединяют трубой-коллектором, на котором устанавливают всасывающий сифон для откачки воздуха из труб-увлажнителей и поддержания в них нужного разрежения. Верхние концы труб соединяют с подводящим каналом, поверхность воды в котором поддерживают ниже уровня воды в трубах. Вода поступает из канала в результате разрежения внутри труб.

Для включения в действие всю систему труб заполняют водой. По мере поглощения воды почвой создается пониженное давление, под влиянием которого вода из канала поступает в систему и пополняет ее водой. Поступление воды из канала в трубы продолжается до тех пор, пока почва всасывает воду. При переувлажнении почвы избыточную влагу поглощают пористые трубы и система действует как дренаж. Недостатки этой системы: необходимость постоянного поддержания в ней вакуума, выкачивание накапливающегося воздуха.

Достоинства внутрипочвенного орошения: в верхних слоях почвы сохраняется ее структура и не образуется корка; на поверхности поля отсутствует постоянная оросительная сеть, что благоприятствует его механизированной обработке;

уменьшается развитие сорняков и вредителей на поле; снижаются затраты рабочей силы на полив и др.

Недостатки внутриводоемного орошения: слабо увлажняется верхний слой почвы, что нередко требует полива дождеванием при недостатке весенней влажности для всходов растений (это удорожает и усложняет или ограничивает его применение); иногда часть воды уходит ниже активного слоя почвы; ограничено применение на засоленных почвах; плохой контроль за работой увлажнителей; высокая стоимость системы орошения.

Внутриводоемное орошение пока не получило широкого производственного применения вследствие ряда нерешенных вопросов: автоматизации распределения воды в увлажнители, контроля за работой увлажнителей, потерь воды на фильтрацию, недоувлажнения верхнего слоя почвы и др.

#### Литература:

1. Олгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Олгаренко, Г. В. Олгаренко, В. Н. Рыбкин - Колумна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. - 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 5.

### Поверхностные способы полива и их эксплуатация

Водный режим корнеобитаемого слоя почвы в значительной степени влияет на урожай, качество и жизнь растений.

Водный режим - это изменение во времени и пространстве (по площади) содержания влаги в корнеобитаемом слое. Оно может выражаться в абсолютных величинах характеризующих объем ( $m^3/га$ ) или слой (мм) имеющихся в почве влагозапасов или их недостаток (дефицит) до некоторого заданного уровня насыщения, а также в относительных единицах или процентах от оптимального для растений или полного насыщения почвы. Водный режим в значительной мере влияет на воздушный и питательный режимы роста растений, что в конечном итоге определяет ход процессов

накопления и разрушения органического вещества, т.е. почвенное плодородие, и как следствие — урожайность. Водный режим почв зависит от целого ряда факторов, в том числе климатических (количества и времени выпадения осадков, температуры, испарения и т.д.), рельефных (расположение участка на склоне, в долине или на вершине возвышений), гидрогеологических (уровень грунтовых вод), биологических (тип растительного покрова), физических (свойства почв), хозяйственных (деятельность человека) и т.д.

Водный режим определяется динамикой поступления, распределения и расходования влаги на рассматриваемой площади. Количественным выражением водного режима территории, позволяющим оценить соотношение приходных и расходных факторов, является уравнение водного баланса. Это уравнение представляет собой математическую форму одного из важнейших законов природы - закона сохранения (в данном случае почвенной влаги). Не случайно метод водного баланса (совместно с методом теплового баланса) лежит в основе расчета поливных режимов.

В общем случае уравнение водного баланса относительно корнеобитаемого слоя почвы ограниченного участка орошаемой площади для конечного промежутка времени можно представить в виде:

$$P + M + V_{gr} + W_a - J_h - E_{T_{crop}} = 0$$

где  $P$  — атмосферные осадки;  $M$  — поливные нормы;  $E_{T_{crop}}$  — суммарное водопотребление (эвапотранспирация);  $W_a = W_o - W_{cr}$  — активные влагозапасы в корнеобитаемом слое почвы;  $W_o$  и  $W_{cr}$  — влагозапасы этого слоя в начале и конце расчетного промежутка времени;  $V_{gr}$  — приход за счет восходящего потока капиллярной влаги или подпитывание корнеобитаемого слоя почвы за счет грунтовых вод;  $J_h$  — расход за счет нисходящего потока (инфильтрация) влаги за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Все элементы водного баланса обычно исчисляются в миллиметрах слоя или в  $m^3$ , отнесенных к единице площади орошаемой территории.

Уравнение (\*) водного баланса охватывает не весь спектр факторов. В конкретных условиях массива могут присутствовать или отсутствовать другие составляющие уравнения водного баланса, в связи с чем уравнение может изменяться.

Характеристикой водного баланса почвы (на определенный момент времени) является почвенная влажность (влагозапасы). Под влажностью понимается содержание влаги в заданном почвенном слое, выраженное в относительных единицах или в процентах от массы или объема почвы.

Растения в процессе многовекового естественного отбора приспособились к колебаниям почвенной влажности в течение вегетации и почти не реагируют на них снижением водопотребления и урожая, если эти колебания происходят в диапазоне, ограниченном верхним и нижним биологически оптимальными пределами. Данный факт выявлен давно и к настоящему времени практически для всех сельскохозяйственных культур определены как верхняя, так и нижняя границы оптимальной влажности в корнеобитаемом слое почвы. Эти границы могут изменяться для одного и того же растения во времени и зависят главным образом от фазы развития, гранулометрического и химического состава почвы, сложения почвенных частиц, плотности, климатических и погодных факторов.

Всасывающая сила корневой системы большинства сельскохозяйственных

растений составляет 1,5—2,0 ат. Если влажность почвы уменьшится до такого предела, при котором водоудерживающая сила почвы превышает его, то запас воды в почве станет уже недоступным для растения и наступит его увядание. Такой предел влажности называется влажностью завядания (ВЗ).

Всасывающая сила корневой системы всех видов культур примерно одинакова, водоудерживающая же сила разных почв при одной и той же влажности не одинакова, поэтому и влажность завядания будет различной для разных почв независимо от произрастающей на этих почвах культуры.

Величины влажности завядания для различных почв приведены в таблице 1.  
(по В. А. Розину).

Таблица 1

Основные физические показатели некоторых почв (в процентах от веса)

Почва	Влажность завядания	Гигроскопическая влаж* влажность	Полная влагоемкость	Доступная вода при полной влагоемкости
Крупный песок	0,9	0,5	23,4	22,5
Мелкий »	2,6	1,5	28,0	25,4
Легкий суглинок	4,8	2,3	33,4	28,6
Тяжелый »	9,7	6,5	47,2	37,5
Тяжелая глина	16,2	13,2	64,6	48,4

В качестве верхней границы оптимальной влажности почвы служит так называемая наименьшая (предельная полевая) влагоемкость. Под наименьшей влагоемкостью (НВ) понимается максимальное количество почвенной влаги, которое неопределенно долго может быть удержано единичным объемом почвы без стока в нижележащие слои при отсутствии подпора (близкой капиллярной каймы) от грунтовых вод. Наименьшая влагоемкость является одной из важнейших почвенно-гидрологических характеристик, без знания которой невозможно рациональное регулирование водного режима почв под всеми сельскохозяйственными культурами.

При влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоемкости, создаются благоприятные условия для развития большинства сельскохозяйственных культур. В условиях же полной влагоемкости растения развиваются плохо, страдая от недостатка воздуха.

Если количество влаги в процессе роста растений в почве достигает 70— 60% наименьшей влагоемкости, рост и развитие растений замедляются. Такое содержание влаги в почве называется нижним пределом (порогом) оптимальной влажности.

Величина оптимальной влажности почвы, составляющая верхний предел оптимального увлажнения, определяется исключительно необходимой степенью аэрации почвы. Наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы наблюдается при влажности, близкой к наименьшей влагоемкости (НВ), когда мелкие капиллярные поры в почве заполнены водой, а крупные гравитационные (капиллярные и

некапиллярные) — воздухом.

Принято считать, что в среднем для нормального развития культур объем воздуха в почве не должен быть ниже 15—20% объема всех пор.

Для каждой сельскохозяйственной культуры и для каждой почвы в основном установлены допустимые пределы влажности почвы, при которых та или иная культура будет развиваться нормально и даст наивысший урожай.

Ориентировочно оптимальная влажность составляет в среднем 55% полной влагоемкости или 75% наименьшей влагоемкости.

Еще один показатель водного режима растений — п е р и о д максимального потребления воды. В начале вегетации растения потребляют относительно мало влаги. Затем, с увеличением вегетативной массы и площади листовой поверхности потребление воды возрастает, достигая максимума в период оплодотворения, завязывания и активного роста плодов или в сроки, близкие к этим фазам. К концу вегетации водопотребление вновь снижается. Для нормального развития и плодоношения, растения должны быть полностью удовлетворены потребности в воде в тот и другой периоды.

В реальных условиях производства обеспечить такой разнообразный водно-воздушный режим почвы для растений очень трудно. В течение вегетации растений почвенная влага расходуется на водопотребление  $ET_{crop}$  (суммарное водопотребление, или эвапотранспирацию), которое включает транспирацию (биологическое испарение) и физическое испарение с поверхности почвы. В естественных условиях приход почвенной влаги за счет осадков обычно не компенсирует ее потери, и влагосодержание корнеобитаемого слоя почвы падает. Когда оно приблизится к нижнему порогу влажности и когда вследствие низкого содержания и малой подвижности почвенной влаги отбор ее корневой системой уже не может компенсировать транспирацию, почву необходимо искусственно увлажнять, т.е. проводить поливной режим.

Поливной режим представляет собой научно обоснованный порядок подачи воды на севооборотный участок в течение оросительного периода для увлажнения расчетного слоя (слоя регулирования почвенных влагозапасов).

Для установления поливного режима необходимо знать режимы орошения сельскохозяйственных культур.

#### Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5.Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 6

### Техническое состояние внутрихозяйственной оросительной сети в зависимости от типа дождевальных машин

#### 6.1.Требования к элементам оросительной сети

Все составные части оросительной сети должны обеспечивать пропуск расчетных расходов при минимальных потерях воды, необходимое командование над поверхностью земли, устойчивость конструкций, соответствие параметрам строительных машин и механизмов, возможность автоматизации управления работой.

При поливе дождеванием расчетные расходы оросительной сети по ее участкам зависят от расстановки дождевальных машин на полях одновременного полива. Для определения этого используют укрупненный график поливных расходов.

Последовательность орошения полей в реальных условиях определяется ротацией, для чего составляют технологические схемы полива на разные года ротации и определяют значение максимальных расходов на участках сети в течение всех лет ротации.

Расчетные расходы по элементам сети определяют в соответствии с условиями:

1. *Расчетный расход в голове поливного трубопровода:*

$$Q_{пт} = \frac{Q_{д.м.}}{\eta_{пт.}} \quad \eta_{пт.} = 0,99.$$

2. Расчетный расход распределительных трубопроводов определяют по участкам между одновременно работающими полевыми трубопроводами. *Расчетный расход в голове распределительного трубопровода:*

$$Q_{р.т.} = \frac{Q_{р.т.}}{\eta_{р.т.}} \quad \eta_{р.т.} = 0,98.$$

3. *Расчетный расход главного трубопровода:*

$$Q_{г.т.} = \frac{Q_{р.т.}}{\eta_{г.т.}^{сис.}} = \frac{N_{д.у.} \cdot Q_{д.у.}}{\eta_{г.т.}^{сис.}}$$
$$\eta_{г.т.}^{сис.} = \eta_{г.т.} \cdot \eta_{р.т.} \cdot \eta_{пт} \geq 0,96.$$

Расчетный расход главного трубопровода является основой для определения мощности насосной станции:

$$Q_{г.т.} = Q_{н.с.}$$

По найденным значениям расчетных расходов проводят гидравлический расчет закрытой оросительной сети, где определяют:

1) диаметры труб на участке;

- 2) потери напора по длине и местные потери на участках сети;
- 3) скорости фактического движения воды на участке трубопровода.

Гидравлический расчет производят на основании выбранного материала труб и оптимальных скоростей движения в трубах.

1. Диаметр трубопровода определяют:

$$d = 1000 \sqrt{4 \frac{Q}{\pi v}} = 1130 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

2. Потери напора по длине определяют:

$$h_e = \alpha \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

3. Местные потери напора на участке (потери в сужениях, расширениях, трубопроводе, задвижках, поворотах, клапанах и т. д.) определяют:

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g}$$

где  $\xi$  – коэффициент местных сопротивлений (по гидравлическому справочнику).

4. Скорость фактического движения воды на участке трубопровода определяют:

$$V_{\phi} = \frac{4Q}{\pi d_{\text{прин.}}^2}$$

Диаметр трубы на участке определяют первоначально как расчетный с учетом среднепринятой скорости движения воды в данном трубопроводе, после чего принимают его в соответствии с ГОСТ и производят перерасчет фактической скорости движения воды на данном участке трубопровода.

Скорость движения воды в трубопроводе принимают на основании двух условий:

1. недопущение заиливания наносами;
2. недопущение возможности возникновения гидравлического удара.

Гидравлическим ударом называется резкое изменение давления в трубопроводе, распространяемое по его длине с большой скоростью.

В соответствии с условиями обычно скорость движения воды рекомендуется принимать:

- а) для асбестоцементных, железобетонных, чугунных труб 1...2 м/с;
- б) для стальных труб 1...3 м/с.

Увеличение скорости движения воды позволяет:

1. уменьшить диаметр труб;
2. снизить стоимость сети;
3. увеличить напор в сети;
4. увеличить напор насосной станции;
5. вероятность возникновения гидроудара.

Для закрытой стационарной сети применяют следующие трубы:

- 1) асбестоцементные;
- 2) железобетонные;
- 3) стальные;
- 4) чугунные;
- 5) пластмассовые.

Асбестоцементные трубы – отличаются стойкостью к коррозии; морозостойкостью, небольшой плотностью, легкостью, невысокой стоимостью.

*Недостатки* – хрупкость, низкая сопротивляемость ударам. Не рекомендуется применять на просадочных грунтах и в сейсмически опасных районах.

Выпускают 4-х классов: ВТ – 6 (давление рабочее 0,6 МПа), ВТ – 9, ВТ – 12, ВТ – 15. Диаметр 100...500 мм.

*Железобетонные трубы* – прочны, выдерживают большое давление (до 2 МПа), долговечны, неподвержены коррозии и обрастанию внутренней поверхности. Срок службы  $\geq 50$  лет.

*Недостатки* – неустойчивость к агрессивной среде, хрупкость при транспортировке и укладки.

Классифицируют:

1) по рабочему давлению: на 4 класса:

0 – давление до 2 МПа;

1 - давление до 1,5 МПа;

2 - давление до 1 МПа;

3 - давление до 0,5 МПа.

2) по технологии изготовления:

а) виброгидропресованные, диаметр 500...1600 мм (ТН 50-0), 4 класса.

б) центрифугированные, диаметр 500...1600 мм (ЦТН 50-0), 3 класса.

в) железобетонные трубы со стальным сердечником, диаметр 250...600 мм (РТНС 30-1), 2 класса.

г) железобетонные безнапорные, диаметр 700...2400 мм.

*Стальные трубы* – выдерживают наибольшее давление до 2,4 МПа. *Недостаток* – подверженность коррозии. Диаметр 150...1400 мм. По технологии изготовления:

а) электросварные с прямым и спиральным швом;

б) бесшовные горяче - и холоднодеформированные.

*Чугунные трубы* применяют в случаях, когда неметаллические трубы не подходят (большой расход чугуна на их производство, хрупкость при динамических нагрузках). Долговечны, устойчивы в коррозионно-активных средах. Диаметр 65...1000 мм. Давление: до 1 МПа, 1,4 МПа, 1,6 МПа.

*Пластмассовые трубы* – легкие, не корродируют, морозоустойчивые, долговечные, малотеплоемкие. *Недостатки* – сложность соединения, большое линейное расширение, высокая стоимость. Давление до 1 МПа, диаметр от 50...1200 мм.

Материал труб выбирают в зависимости от напоров в сети, характера и режима работы, района-строительства, стоимости.

## **6.2. Расположение оросительной сети в плане**

Расположение в плане орошаемой сети принимаем с учетом установленных границ полей севооборотного участка условия работы «Фрегат». Дождевальная машина агрегат работает от закрытой сети.

В закрытой орошаемой сети выдают следующие звенья: магистральный трубопровод (МТ), распределительные трубопроводы различных порядков (РТ-1, РТ-1-1). Полевые трубопроводы (ПТ), магистральный трубопровод транспортируют воду от места водозабора до орошаемого массива, и распределяет ее между распределительными трубопроводами первого порядка (межхозяйственными и хозяйственными). Из распределителей первого порядка вода поступает в распределители второго порядка внутрихозяйственные, участковые). Из распределителей последнего порядка вода идет в полевые трубопроводы, а затем к дождевым машинам.

Закрытую орошаемую сеть располагают по двум основным схемам - с односторонним и двухсторонним расположением полевых трубопроводов по отношению к распределительному трубопроводу. Полевые трубопроводы могут быть тупиковыми или закольцованными. Выбор той или иной схемы оросительной сети зависит от конфигурации и размеров орошаемых участков рельефа местности. Наиболее правильное решение при выборе схемы закрытой орошаемой сети можно принять в результате проведения технико-экономического сравнения вариантов. Обычно выбор схемы расположения закрытой орошаемой сети определяют полив трубопроводы, на долю которых приходится до 70-80% всей протяженности сети. Расположение полевых трубопроводов по наибольшему уклону дает экономию капитальных затрат благодаря уменьшению их диаметров, снижению массы труб и арматуры, облегчению монтажа трубопроводов, позволяет в большей степени использовать естественный напор в трубопроводах создает лучшие условия для работы дождевальными машинами при поливе.

### 6.3. Расчетные расходы оросительной сети

При поливе дождеванием расчетные расходы оросительной сети по ее участкам зависят от расстановки машин на полях одновременного полива. В реальных условиях последовательность орошения полей определяется ротацией, для чего составляем технологические схемы полива на разные годы ротации и выбираем наиболее невыгодный вариант, и по нему располагаем машины на полях.

Расчетные расходы по элементам сети определяем в соответствии со схемой работы машины на полях, учитывая, что:

- 1) расчетный расход в голове полевого трубопровода равен:

$$Q_{nm} = \sum \frac{Q_{dn}}{\eta_{nm}}$$

где  $\eta_{nm}$  - КПД полевого трубопровода;

- 2) расчетный расход распределительного трубопровода равен:

$$Q_{pm} = \sum \frac{Q_{nm}}{\eta_{pm}}$$

где  $\eta_{pm}$  - КПД распределительного трубопровода

- 3) расчетный расход магистрального трубопровода равен:

$$Q_{mm} = \sum \frac{Q_{pm}}{\eta_{mm}}$$

где  $\eta_{mm}$  - КПД магистрального трубопровода

Разбивает схему оросительной сети на участки по характерным ее точкам. Рассматриваем два варианта определения расчетных расходов, производим в табличной форме.

#### 6.4. Гидравлический расчет закрытой оросительной сети

Гидравлический расчет элементов закрытой оросительной сети сводится к определению диаметров труб по расчетным участкам с учетом расчетных расходов воды и потерь напора на преодоление трения по длине трубопровода и местных потерь напора.

Потери напора по длине трубопровода определяем по выражению:

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}, \text{ м}$$

где коэффициент сопротивления трения по длине;

$l$  - длина участка трубопровода, м;

$d$  - диаметр трубопровода, м;

$V$  - скорость движения воды, м/с

Диаметр трубопровода определяем по формуле:

$$d = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{расч}}{V}}, \text{ м}$$

где  $Q_{расч}$  - расчетный расход на участке трубопровода, м<sup>3</sup>/с;

$V$  - скорость движения воды, м/с.

Скорость движения воды принимаем в пределах 1...2 м/с, полученное расчетное значение диаметров трубопровода на участках сети уточняем в соответствии с ГОСТ и принимаем ближайшее значение. По расчетному расходу и диаметру, принятому в соответствии с ГОСТ уточняем фактическую скорость движения воды на участке:

$$V_{фак} = \frac{4 \cdot Q_{расч}}{\pi \cdot d_{прин}^2}$$

Местные потери напора принимаем в пределах 10% от потерь напора по длине на рассматриваемых участках.

Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Колומна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. - 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

росительной сети в плане в табличной форме .

## Лекция 7

### Системы капельного орошения и их эксплуатация (Слайд 1.2.3)

Вопросы:

Введение

#### 1. УСТРОЙСТВО КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

1.1. составные части капельного орошения

1.2. компоненты системы

#### 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Заключение

### ВВЕДЕНИЕ

Как известно, эффективность полива сельскохозяйственных культур может быть достигнута лишь при условии постоянного поддержания оптимального водного, воздушного и пищевого режимов почвы в зоне питания растений на протяжении всего вегетационного периода. Изобретатель капельного (Слайд 4.) орошения А. Бласс (Англия) в 30-х годах XX века вывел основной принцип обеспечения растений водой и элементами питания — увлажнения только определенного объема грунта, в котором размещается активная корневая система. При этом удовлетворяется потребность растения в воде при минимальных затратах ее на испарение и инфильтрацию. Ни дождевания, ни подтопления этим принципиальные не отвечают. Первые опыты с капельным орошением (к.з.) начались в 1940 году в теплицах на родине автора. А первые испытания в открытом грунте были проведены в Израиле в середине 50-х. Высокая стоимость пластиковых труб еще до начала их массового производства препятствовала их практическому применению. Однако ограниченность водных ресурсов, непригодность других методов орошения из-за высокой минерализации в этой стране заставили ученых «земли обетованной» преодолеть эту проблему, и уже в 60-е годы была запатентована первая система капельного орошения. С тех пор началось интенсивное строительство таких систем во всем мире.

При капельном орошении (Слайд 5.) поливная вода подается непосредственно к корневой системе растений, появляется возможность максимально автоматизировать полив, исключить дополнительную обработку почвы.

Капельное орошение даёт такие преимущества :более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков.

Конструктивно-технические преимущества систем капельного орошения обеспечивают экономию металла, бетона, других строительных материалов, а также снижение расхода электроэнергии и горюче-смазочных ресурсов при эксплуатации систем.

Использование капельного орошения позволяет снизить оросительные нормы более чем на 50 % по сравнению с традиционными способами, вносить удобрения с поливной водой. Его возможно применять при повышенной минерализации воды, на полях

неправильной формы, при наличии малodeбитных источников водоснабжения и использовании местного стока.

Применение капельного орошения во многих странах мира доказало его преимущества, среди которых: снижение трудовых, энергетических и ресурсных затрат, возможность использования на землях, непригодных для орошения другими способами, например на землях с высоким залеганием грунтовых вод, на крутых склонах, на почвах легкого механического состава.

Капельное орошение являясь сравнительно новым способом полива растений имеет еще недостаточно разработанную теоретическую базу в области оптимизации параметров.

## УСТРОЙСТВО КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Капельное орошение обеспечивает медленное поступление воды в зону наибольшего насыщения почвы к корням растений.

Под капельницей на поверхности почвы **(Слайд 6.)** образуется небольшое пятно переувлажненной почвы. По мере распространения воды по глубине увлажнение расширяется, **(Слайд 7.)** образуя в большинстве случаев контур грушевидной формы. Под соседними действующими капельницами контуры смыкаются, образуя зону сплошного увлажнения. На тяжелых влагоемких почвах контур увлажнения в поперечнике может достигать по радиусу 100—150 см. **(Слайд 8.)**

### 1.1. Составные части капельного орошения

Системы капельного орошения (СКО) обеспечивают водой и питательными элементами напрямую корнеобитаемую зону растения через встроенные в полиэтиленовых трубках капельницы, которые могут быть расположены над , на или ниже поверхности почвы **(Слайд 9.10.11.12)**

### 1.2. Компоненты системы

Обычно СКО **(Слайд 13.)** состоят из следующих компонентов: насосное оборудование, фильтрационная система, клапаны различного назначения, регулятор давления, основные и подосновные линии, система автоматизации.

*Насос.* СКО обычно требуют низкого давления. Нужен только насос, как в случае для большинства оросительных систем. Размер насоса зависит от расхода и общего напора. Требования по общему напору включают потери давления в фильтре , потери по длине линий и местные (контрольные клапаны, расходомеры, обратные (запорные) клапаны), перепад в отметках уровня водоисточника и самой удаленной и высокой капельницей.

*Фильтрационная система.* Фильтрационная система **(Слайд 14.)** удаляет взвешенные частицы из воды для предотвращения засорения капельниц (эмиттеров). Группа фильтров может быть установлена параллельно для увеличения общего расхода. Серия фильтров может быть использована для улучшения фильтрации. Обычно используют **(Слайд 15. 16.)** сетчатые, дисковые и песчано-гравийные фильтры в зависимости от качества воды. Центробежные сепараторы песка используют в тех случаях, когда вода содержит большое количество песка из глубоких скважин. Для систем, снабжаемых водой из поверхностных водных источников, в дополнение к обычному фильтрационному оборудованию могут потребоваться бассейны-отстойники для удаления отложений. Комбинация оборудования может быть использована для удаления взвешенных наносов. Многие из этих фильтрационных систем имеют возможность автоматической обратной промывки.

*Предохранитель обратного тока.* (Слайд 17.) Это оборудование предотвращает обратный ток и удобрений, химикатов или частиц в водный источник. Его устанавливают между водным источником или насосом и линией, впрыскивающей химикаты.

*Расходомер.* Он измеряет расход воды, проходящей через систему, так и общий аккумулированный объем. Расходомер обеспечивает оператора информацией о том, как система работает и как спланировать поливы.

*Регулятор давления*(Слайд 18.). Регуляторы давления обычно расположены на распределителе для помощи при регулировании рабочего давления в капельницах. Регулятор давления должен быть таких размеров, чтобы обеспечить это давление, одновременно учитывая потери давления, которые имеют место между регулятором и капельницами.

*Воздушные и вакуумные предохранительные клапаны.* Такие клапаны предотвращают засасывание почвы или частиц в капельницы при отключении оросительной системы или при опорожнении капельных линий. Все точки системы с подъемами по высоте должны быть оборудованы клапанами впуска и заземления воздуха.

*Основные и подосновные линии.* Основные и подосновные линии(Слайд 19.) являются транспортирующими трубопроводами, которые доставляют воду от головного сооружения системы до распределителей с подсоединенными капельными линиями.

*Промывающие линии.* Промывающие линии на концах системы служат для трех целей:

- 1) позволить любым отложениям и загрязнениям быть вымытыми из капельных линий;
- 2) уравновесить давления в капельных линиях;
- 3) позволить положительному давлению на обоих концах капельной линии прерываться для предотвращения попадания (засасывания) почвы в капельную линию.

*Основной распределитель.* Основной распределитель (Слайд 20.)доставляет воду от основной линии к подосновным и связывает несколько капельных линий вместе в одну подконтрольную единицу.

*Капельная линия.* Капельная линия(Слайд 21.)является полиэтиленовой трубкой, в которую вмонтированы встроенные капельницы. Расстояние (Слайд 22.)между капельницами и расход выбирают для удовлетворения требований растений и водоудерживающей способности почвы. Капельные линии различают по толщине стенок, диаметру, расстоянию между капельницами (эмиттерами) и расходам. Капельницы (Слайд 23.24.25.26.27)представляет собой сложный лабиринт, ее назначение - пропускать воду из трубопроводов в небольших количествах. Наиболее часто применяют капельницы, пропускающие от 0,8 до 4 л/час. расстояние между капельницами на трубках зависит от культуры, схемы посадки, механического состава почвы и варьирует от 0,2 м (томат) до 1,5 м (сад, виноград).

На СКО для широкорядных культур стремятся использовать большие диаметры (20мм или большего диаметра), тонкостенные капельные линии с малым расходом, которые иногда относят к капельным лентам.

Большие диаметры и более низкие расходы позволяют удлинить длину добегания и увеличить размер зоны, которая соответствует обычным размерам полей. Качество воды также может влиять на выбор размера эмиттера и расстояния между ними для того, чтобы избежать засорения.

*Соединители (коннекторы).* Коннекторы (Слайд 28.)необходимы для при крепления капельной линии к распределителю или подосновной линии. Количество и тип зависят от схемы расположения системы. Существует много типов коннекторов. Опции коннектора капельной линии состоят в соединении(проволокой), зажиме (хомутом)

или склеивание, резиновые прокладки, резьбу, и уплотнение. Они могут иметь прямое соединение с капельной линией или могут подсоединяться через снабжающую трубку, которая прикреплена к капельной линии.

*Автоматический контроль.* Насосы, клапаны, инжекторы могут включаться и выключаться или открываться и закрываться автоматически в соответствии с продолжительностью поливов и последовательностью поливаемых зон. Это можно осуществить с помощью автоматических таймеров, сенсоров почвенной влаги или с помощью моделей, работающих по метеоданным для определения момента запуска системы.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Задача эксплуатационного режима орошения – поддержание оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы. Для выполнения этой задачи необходимо постоянно контролировать влажность почвы и суммарное водопотребление.

Расчет объема подаваемой воды проводят по формуле

$$m = 1100 - 800N, \text{ м}^3/\text{га},$$

Где  $N$  – глубина расчетного слоя почвы, м;

Продолжительность полива определяется по формуле

$$T = F m / 1000 Q N,$$

Где  $Q$  – расход одной капельницы, л/час;  $N$  – количество капельниц на 1 га;  $F$  – площадь поливного блока, га;  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $T$  – продолжительность полива, ч.

В используемой для орошения воде с открытых водоемов, а также из других систем водоснабжения (подземные воды, шахтные и другие источники) присутствует большое количество неорганических взвесей и биологических объектов.

*Водоросли и бактерии.* Наиболее вредоносным свойством роста их в системах полива является образование в воде продуктов жизнедеятельности желеобразных и клейких веществ. Эти вещества влияют на рост бактериальных слизей и вместе с механическими взвешями образуют агломераты, которые приводят к засорению системы. В зависимости от химического фактора в воде развиваются серные, железные и другие слизи. Может засорить системы капельного орошения растительный зоопланктон, имеющий размер 0,2-3 мм, особенно если вода недостаточно очищается перед поступлением в систему капельного орошения.

Магистральные линии должны промываться в процессе поливного сезона, в конце его или перед началом. Магистральные трубопроводы промывают, отключая от них все второстепенные линии и открывая все заглушки, в течение 30 мин, затем постепенно отключая по одной заглушке до их полного закрытия.

Второстепенные и капельные линии промывают не все сразу, а открыв заглушки на 5 - 10 капельных линиях. Продолжительность промывки капельной линии до 20 мин каждая, до появления чистой воды. Другие второстепенные линии промывают до 10 мин.

При эксплуатации системы для удаления воздуха из труб необходимо поработать капельной системе не менее 20 мин. Это же нужно делать перед фертигацией, чтобы питательный раствор равномерно подавался под растения.

Наиболее распространено хлорирование и кислотная обработка воды для уничтожения биологических слизей и зоопланктона и для растворения химических отложений в системах капельного орошения.

Хлорирование основывается на впрыскивании компонентов активного хлора в воду для орошения.

Оно подавляет развитие водорослей в воде, вызывает разложение органического вещества, окисляет железо, марганец и подобные вещества с образованием нерастворимых соединений, которые могут быть удалены из системы промывкой.

Большинство растений не восприимчивы к воздействию хлора, если его применяют в небольших концентрациях:

постоянная подача хлора в систему орошения с концентрацией 1-10 мг/л;

периодическая подача хлора с более высокой нормой, обычно 10 мг/л один или несколько раз в течение поливочного цикла общей продолжительностью до 20 мин в день.

Кислотная обработка предотвращает осаждение в воде различных веществ, растворяет существующий осадок и отложение солей на капельницах, повышает эффективность хлорирования при совместном применении. При кислотной обработке осадки в виде слизи углекислого кальция, фосфата кальция, окислов железа растворяются и могут быть выведены из систем капельного полива. С этой целью кислотная обработка системы капельного орошения проводится в течение 10-90 мин с доведением  $pH$  до показателя 2,0 и последующей промывки системы до прохождения чистой воды. Такая процедура может проводиться неоднократно, до появления желаемого эффекта.

Обычно для промывки систем используют технические кислоты:  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ .

После кислотной обработки необходимо тщательно промыть систему обычной водой, контролируя выход воды из системы с показателем  $pH$ , соответствующим показателям используемой воды.

Система должна быть обработана в течение 30-60 мин, в зависимости от скорости очистки капельных линий и эмиттеров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в нашей стране, в первую очередь СКО используется в теплицах и при поливе citrusовых, виноградных и в фруктовых садов, а так же в бахчевых и полевых культур (помидоры, перец, баклажан, фасоль, клубника, дыня, арбуз, хлопья, кукурузы, подсолнечника и т.д.). Пример одновременной посадки, укладки капельной линии и укрытие полимерной пленкой посевов бахчевых культур показан на (Слайд 29.30).

Несмотря на указанные преимущества капельного метода орошения в начале лекции есть и некоторые проблемы с наиболее важными из которых являются, высокая стоимость, рост корня в ограниченном районе и накопление солей в нагреваемой прибрежной полосе и засорение капельниц. Указанные недостатки будут ликвидированы после фильтрации поливной воды, промывки водой под давлением

после открытия концов труб в которых были применены кислоты или химические вещества.

Капельное орошение является наиболее технически сложным дорогостоящим способом орошения. Недостаточный учет исходных условий при проектировании и эксплуатации системы приводит к негативным результатам, когда вложенные ресурсы (финансовые, трудовые, материальные) не дают ожидаемой отдачи. При непродуманном использовании капельного орошения возможна не только потеря вложенных средств, но и нанесение вреда окружающей среде.

Практика применения систем капельного орошения при возделывании овощных культур в России в последние годы показала, что при проектировании и эксплуатации СКО недостаточно уделяется внимание вопросам влияния на почвенное плодородие. В связи с этим возникла потребность в разработке агротехнических требований к системам капельного орошения, обеспечивающих ресурсосбережение и сохранение почвенного плодородия.

(Слайд 31.)

Литература:

1.Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И.Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2.Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3.Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В.Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4.Кравчук, А.В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А.В.Кравчук, Ф.В.Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5.Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## **Лекция 8**

### **Эксплуатация трубопроводной сети и арматуры на ней**

#### **8.1. Укладка трубопроводов мелиоративной сети**

Глубина укладки трубопровода в грунт в основном зависит от возможности механического его повреждения, принимают в пределах:

$$H_{mp}=0,8+d_{mp}, \text{ м}$$

В случае, когда предусматривается работа трубопровода в период с отрицательными температурами, например для проведения влагозарядковых поливов, верх трубы должен находиться на двадцать сантиметров ниже глубины промерзания, что в свою очередь увеличивает объемы работ, усложняет монтаж, приводит к росту капитальных затрат.

Поэтому без особой необходимости укладывать подземные оросительные трубопроводы, исходя из условий не замерзания воды в них,

нецелесообразно. По условиям предупреждения заиления, рекомендуется опорожнять трубопроводы от воды полностью.

При проектировании вертикальной плоскости нельзя допускать переломные участки трубопровода с обратными уклонами, в нижних частях которых может остаться и замерзнуть при отрицательных температурах вода. Если же не удастся полностью избежать таких участков, то в нижних точках перелома трубопровода предусматривают специальные устройства для опорожнения от воды. На верхних точках перелома напорных трубопроводов во избежание образования воздушных пробок, необходимы специальные устройства для выпуска воздуха - вантозы. Нулевые уклоны по трассе трубопровода оставлять не рекомендуется.

#### **8.2. Гидротехнические сооружения на сети**

Для обеспечения нормальной работы закрытой оросительной сети должны быть предусмотрены специальные сооружения на трубопроводах.

Распределенные колодцы предназначены для регулирования водораспределителя между отдельными звеньями закрытой стационарной сети. Для этого в распределительных колодцах в начале полевых и распределительных трубопроводов различного порядка, ответвляющихся от трубопровода старшего порядка, устанавливают задвижки. На распределительных трубопроводах последнего порядка задвижки устанавливают за ответвлениями полевых трубопроводов.

Соединительная арматура может быть чугунной, стальной или Железобетонной. Распределительные колодцы в таких случаях, как Правило, предусматривают типовыми.

Оросительные трубопроводы, получающие воду поочередно, оборудуются задвижками. При групповой поочередной работе

трубопроводов, задвижка может быть одна на целую группу одновременно работающих трубопроводов. На таких трубопроводах в основном используют водопроводную чугунную арматуру, рассчитанную на повышенное давление. В проекте нами приняты типовые распределительные колодцы с задвижками на определенный диаметр трубопроводов. Минимально необходимый уклон трубопровода к месту его опорожнения  $i = 0,001$  при длине участка не более ста метров, можно принимать уклон равный 0,005; 0,0001.

Траншеи для укладки оросительных трубопроводов могут иметь сечения: прямоугольное с отвесными стенками, трапециидальное и комбинированное. Прямоугольное сечение может быть с одинаковой или разной (в виде уступов) шириной по глубине. В комбинированных сечениях обычно нижнюю часть траншеи выполняют прямоугольного сечения, верхнюю - с откосами.

Тип поперечного сечения траншеи выбирают в соответствии с типом почв на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом параметров и глубины укладки трубопровода гидрогеологических условий техники безопасности и т. п. Ширину траншеи по дну назначают из условий возможности производства работ по стыковке звеньев труб с учетом параметров землеройных машин.

Продольные профили магистрального распределительного и полевого трубопровода, определяющих диктующую трассу трубопровода, представлены на листе 4 демонстрационного материала.

Гидранты - водовыпуски предназначены для вывода воды и трубопровода на уровень выше поверхности земли и дальнейшей подачи ее дождевальными машинами их обычно располагают на полевых трубопроводах, расстояние между ними зависит от параметров и условий применения дождевальных устройств. Наиболее простой наружный гидрант состоит из тройника, стояка, задвижки и приспособления для обеспечения удобного и быстрого подсоединения к гидранту трубопровода

дождевальной машины. Место присоединения стояка гидранта к трубопроводу, как правило, замоноличивают в виде бетонной тумбы. Такие конструкции надземных гидрантов легко подвергаются разрушению механизмами в процессе сельскохозяйственных работ. Для устранения этого недостатка гидранты устраняют в специальных колодцах выполняемых по типу распределительных с расположением задвижек гидрантов ниже поверхности земли.

Сбросные колодцы предназначены для опорожнения закрытой сети на зимний период и в случае ремонта. Вода сбрасывается по специальному ответвлению в естественные ионические местности или кювет, дороги, так как специальной сбросной сети на оросительных системах с закрытой сетью не предусматривается. Сбросные колодцы можно устраивать с водопроницаемым дном, если они расположены далеко от возможного приемника сбросных вод, а гидрогеологические условия орошаемого участка благоприятные (проницаемые грунты, глубоко расположенные грунтовые воды, отсутствие условий для

возможного засоления почвы). В этом случае вода из трубопровода выходит непосредственно в колодец. Размеры колодца и его водопроницаемостью часто принимают в соответствии с объемом и продолжительностью сброса воды с участков трубопровода, обслуживаемых данным сбросным колодцем.

Устройство против гидравлического удара - гасители удара предназначены для предотвращения или уменьшения силы гидравлического удара, возникающего при внезапном включении насосов или прекращении подачи воды. Их устраивают на напорном трубопроводе сразу за обратным клапаном, что позволяет защитить от гидроудара насосную станцию и весь трубопровод.

Вантузы и клапаны впуска и заземления воздуха предназначены для автоматического удаления и впуска в трубопровод воздуха. Их устанавливают, как правило, в повышенных точках трубопровода, в

верхних переломных местах трубопровода.

### 8.3. Расчет гидравлического удара в трубопроводе

Возникновение гидравлического удара в напорных трубопроводах происходит вследствие:

- быстрого закрытия затвора, гидравлический удар начинается волной повышения давления, распространяется от затвора вверх по трубопроводу, сменяющейся затем волной понижения давления;
- отключения дождевальной машины также вызывает колебание, это сопровождается деформацией стенок трубопровода и возможным их разрывом.

Добавочное давление в напорном трубопроводе при мгновенном закрытии затвора определяется по формулам Н.Е. Жуковского:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v$$

где  $\Delta p$  - повышение давления в трубопроводе, кг/м<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность воды, кг·с/мм<sup>3</sup>;

$c$  - скорость распространения ударной волны, м/с;

$v$  - скорость воды в трубопроводе до закрытия задвижки, м/с. Скорость распространения ударной волны равна:

$$c = \left( \frac{k}{\rho} \right)^{0,5} \cdot \frac{1}{1 + \frac{k \cdot d}{(E \cdot \delta)^{0,5}}},$$

где  $k$  - модуль упругости жидкости, кг/см<sup>2</sup>;

$$\left(\frac{k}{\rho}\right)^{0,5} = \left(\frac{2,07 \cdot 10^8}{102}\right)^{0,5} = 1425;$$

$d$ - внутренний диаметр трубы, м;

$E$ - модуль упругости материала стенок трубопроводов, кг/см<sup>2</sup>

$\delta$  - толщина стенок трубопровода, мм.

$$\left(\frac{k}{E}\right) = 0,01 \text{ (для стальных труб)}$$

Повышение давления при отключении дождевальной машины при одиночной и групповой их работе можно определить по зависимости предложенной А.М. Рудь:

$$\Delta p = m \cdot c \cdot v \cdot g^{(-1)} \cdot \left( 0,87 \cdot e^{\left(-0,038 t_3 \frac{c}{e}\right)} + 0,16 \right)$$

где  $m$  - коэффициент условий работы;

$t_3$  - время закрытия запорного устройства,

$l$  - длина трубопровода, м.

Необходимость защиты трубопровода от гидравлического удара должна подтверждаться условием:  $P_{max} > P_{dom}$  то есть когда повышение давления при гидравлическом ударе больше максимального допустимого давления для данных труб.

Защита напорных трубопроводов от гидравлических ударов осуществляется следующими способами:

- сбросом части воды из трубопровода;
- впуском в трубопровод воздуха или воды вместе разрыва сплошности потока и увеличением продолжительности переходного периода. Сброс воды из трубопровода осуществляется путем:
  - пропуска воды через насосы во всасывающую линию и далее в водоем при отсутствии на напорных линиях обратных клапанов;
  - пропуска воды через насосы по обводным линиям вокруг закрывшихся обратных клапанов;
  - сбросом воды через предохранительные клапаны и клапаны гасители гидравлических ударов;
  - частичного сброса воды из трубопровода в закрытые резервуары, заполненные воздухом (воздушно-гидравлические колпаки).

В точках возможного образования разрыва сплошности потока устанавливаются приборы для впуска и заземления воздуха (обратные клапаны, вантузы).

Суммарное давление в трубопроводе на участке магистрального трубопровода при возникновении гидравлического удара будет равно:

$$P_{\max} = P + \Delta p = 9,12 + 10,27 = 19,39 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$$

$$P_{\max} = P + \Delta p = 9,12 + 0,298 = 9,418 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$$

Данные расчеты позволяют сделать вывод, что при быстром закрытии задвижки вероятно возникновение гидравлического удара, при котором разрушается трубопровод. Для предупреждения разрушения трубопровода необходимо устройство на сети противоударной защиты.

Литература:

1. Олгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Олгаренко, Г. В. Олгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 9

### Исходные данные и составление системного плана водораспределения

#### 9.1. Разработка системных планов водораспределения

Системный план водораспределения разрабатывают на основе внутрихозяйственных планов водопользования, т. е. тех фактических расходов и объёмов воды, которые необходимо подать в определённые сроки и достаточным объёмом сельскохозяйственным культурам.

План начинают составлять с установления водоносности источника орошения для характерных лет заданной обеспеченности и определения возможной подачи воды в оросительную систему.

Планирование водораспределения заключается в установлении потребности в воде отдельными хозяйствами (водопользователями) для каждого водовыдела и в целом по системе; в согласовании водопотребления по системе с режимом источника орошения, в определении головных расходов магистральных и межхозяйственных каналов; в разработке мероприятий по повышению КПД каналов, рациональному использованию оросительной воды, поддержанию нормального мелиоративного состояния орошаемых земель.

Системный план водораспределения состоит из следующих разделов:

- ведомости расчётных расходов (уровней) источника орошения и возможных расходов в голове системы;
- плана забора воды в систему;
- плана распределения воды по системе;
- плана эксплуатационных мероприятий.

Составляют его на каждый календарный год специалисты филиалов управлений оросительных систем на основе утвержденных внутрихозяйственных планов водопользования и он служит документом, на основании которого осуществляют забор воды из источника орошения и распределения ее между хозяйствами. План водораспределения утверждают за месяц до начала вегетационного периода. Возможно составление сокращенных пятилетних планов водораспределения с установлением основных показателей деятельности систем. В этих случаях с учётом климатических и организационно-хозяйственных условий текущего года проводят только корректировку планов.

## **9.2.Материалы, необходимые для составления системного плана водораспределения**

Для составления плана водораспределения необходимы следующие материалы:

- план и подробная схема системы в масштабе 1:25 000 или 1:50 000, на которой должны быть указаны
  - все магистральные, межхозяйственные и распределительные каналы до точек выдела воды в хозяйства с технической их характеристикой;
  - указаны границы хозяйства;
  - все узлы распределения и узлы командования;
  - границы эксплуатационных участков;
  - створы балансовой гидрометрии и мелиоративной службы;
  - дороги и линии связи;
- внутрихозяйственные планы водопользования;
- план и схемы системы с почвенно-мелиоративными характеристиками (почвы, глубина залегания грунтовых вод, рельефные особенности);
- декадные расходы (уровни воды) в источнике орошения в месте забора воды в систему;
- сведения о фактических потерях воды из магистральных каналов и распределительной сети, привязанные к отдельным узлам системы;
- лимиты водозабора системы из источника орошения и подачи воды хозяйствам для характерных по стоку реки лет;
- расходы и уровни воды в источнике орошения в створе головного сооружения не менее чем за 10 последних лет, а также с начала текущего гидрологического года;

- отчеты по водопользованию в хозяйствах и системе за последние пять лет.

### **9.3. План забора воды в систему**

План забора воды в систему составляют начиная с анализа имеющихся орошаемых земель и их планируемого использования в хозяйствах и административных районах. Имея эти данные, составляют план размещения сельскохозяйственных культур по системе с указанием площади посева и полива (формы представления материалов аналогичны формам при составлении внутриводопользовательских планов водопользования). На основании полученных материалов составляют план забора воды в систему по специальной форме для хозяйств, вододелительных узлов, сельскохозяйственных культур и административных районов с определением по декадам вегетационного и осенне-зимнего периодов и нарастающим итогом физической площади полива, гектарополивов, водопотребления (нетто и брутто), а также среднедекадного расхода воды на орошение (нетто и брутто), которую забирают из водоисточника.

Расход брутто вычисляют с учётом потерь воды при её транспортировке по магистральным каналам и межхозяйственной оросительной сети на фильтрацию, испарение с водной поверхности и различного вида утечек. С учётом особенностей функционирования оросительной системы определяют также необходимые объёмы и расходы воды на хозяйственные, бытовые и промышленные нужды, на поддержание требуемой водно-балансовой обстановки в орошаемых регионах и за их пределами, на сохранение окружающей природной среды. Таким образом, в результате суммирования вышеуказанных расходов устанавливают ежедекадные расходы воды брутто в голове магистрального канала, которые необходимо забрать из водоисточника. Полученные расходы увязывают с расходами, которые может обеспечить источник орошения. Баланс будет увязанным, если отклонения этих величин не превышают  $\pm 5\%$ ; в этом случае план забора воды в систему считается составленным.

### **9.4. План распределения воды по системе**

Баланс воды по системе составляют для определения всех её расходных статей. Прежде всего, выделяют объёмы подачи воды в точках выдела хозяйствам с подразделением данного объёма на нужды орошения, обводнения, хозяйственные. Далее определяют суммарную подачу воды нетто из межхозяйственных и магистральных каналов. Этот объём воды предусматривают по следующим пунктам: в точках выдела воды хозяйствам; на подпитывание рек и водохранилищ; на замочку, заполнение и опробование межхозяйственных и магистральных каналов; вынужденные сбросы из межхозяйственных каналов для поддержания уровней воды в реках и других водоисточниках. Зная физическую площадь орошения сельскохозяйственных культур на системе, находят средние поливную и оросительную нормы.

Вычисляют потери воды на фильтрацию и испарение в магистральных и межхозяйственных каналах, их КПД с последующим определением расходов брутто.

Анализ данных распределения водных ресурсов по системе позволяет оценить состояние с использованием оросительной воды, выявить резервы для дальнейшего более рационального и эффективного её использования, а также наметить конкретные мероприятия по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, сохранению окружающей природной среды.

План распределения воды по системе (диспетчерский график) разрабатывают после составления планов забора воды и полива сельскохозяйственных культур. Расчет ведут от головного участка оросительной системы через вододелительные узлы к точкам выдела воды хозяйствам. Этот график показывает, какой узел вызывается, откуда подаётся вода и на какой узел и далее в каждую точку водовыдела. Эти данные рассчитывают по декадам каждого месяца всего вегетационного и осенне-зимнего периодов.

Системный план водораспределения состоит из пояснительной записки со всеми формами, составленными в период его формирования. В пояснительной записке указывают использование лимита на оросительную воду, особенности источника орошения на планируемый год и использование оросительной воды на системе, а также общие данные по характеристике способов полива сельскохозяйственных культур.

### **9.5. Планирование водораспределения при дефиците водных ресурсов**

При дефиците водных ресурсов применяют следующие стратегии водораспределения:

- пропорциональное,
- приоритетное,
- оптимальное.

Наиболее просто *пропорциональное* водораспределение, сущность которого заключается в равном уменьшении расхода во всех точках выдела воды хозяйствам. *Приоритетное* водораспределение заключается в неодинаковом ограничении в воде различных водопотребителей или различных сельскохозяйственных культур. Приоритет устанавливают на основании экспертных оценок, которые получают в результате статистической обработки мнений нескольких экспертов. *Оптимальное* водораспределение - это самый сложный процесс, при котором получают наибольший экономический эффект при использовании заданного объёма оросительной воды. Этот метод требует достоверной и достаточной информации, много вычислений и автоматизированной системы управления водораспределением. В этом случае широко применяют экономико-математические методы и вычислительные машины.

План водораспределения корректируют при условии изменения следующих основных исходных данных:

- отклонение в изменении размеров или составе площадей сельскохозяйственных культур от установленного фактического сева;
- устойчивое отклонение водоносности источника орошения от показателей, принятых для расчётного года.

Эти изменения в плане водораспределения должны быть согласованы с органом, утверждающим план, и доведены до сведения водопользователей.

Прочие непредусмотренные изменения вносят в план в процессе его выполнения при еженедельных диспетчерских корректировках.

Кроме декадных корректировок план уточняют и на последующий месяц после получения месячных уточненных прогнозов водоносности источника орошения. В случае отклонения последних от принятых плановых расходов не более чем на  $\pm 20\%$  увязывают баланс водораспределения заново и пересматривают его общий план.

В работе оросительной системы необходимо руководствоваться следующими принципами:

если дополнительная заявка на воду в пределах эксплуатационного участка не превышает  $\pm 10$  % планового расхода, намеченного для данного участка, воду перераспределяют без увеличения отпуска воды участку;

если дополнительная заявка на воду превышает  $\pm 10$  % плановой подачи, воду перераспределяют между эксплуатационными участками.

Если уменьшение фактических расходов от плановых составляет 25 % и более, то на оросительной системе вводят водооборот.

#### Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006.- 391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 10

### Эксплуатация систем лиманного орошения

Лиманное орошение — это однократное весеннее увлажнение почвы водами местного стока. Сущность лиманного орошения заключается в том, что стекающие с водосбора талые, ливневые или паводковые воды задерживаются плотинами, дамбами, перемычками, валиками и по возможности равномерно распределяются по увлажняемой площади, образуя мелкие водоемы. Эти водоемы называются лиманами. Со временем вода из лиманов просачивается в почву и подпочву, увлажняя ее и создавая в корнеобитаемом слое почвы (1 —1,5 метра) максимальный полезный запас влаги в целях лучшего развития и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В настоящее время в стране по данным научно- исследовательских, проектных институтов и управлений водного хозяйства, использование водных ресурсов местного стока на орошение в среднем не превышает 20-25%.

Большинство хозяйств только частично используют местные водные ресурсы для орошения. Затраты главным образом идут на устройство плотины с водосбросом, водозабором, подводящей и распределительной сети. Поэтому стоимость строительства одного гектара орошения обходится в 1,5—2 раза меньше, чем на государственных оросительных системах, а окупаются они полностью в один - два года.

В засушливой зоне страны всегда придавалось большее значение орошению сельскохозяйственных культур водами местного стока, т. е. водами, стекающими по склонам небольших водостоков, мелким рекам, балкам, оврагам, протяжинам и лощинам. Он образуется в основном в результате таяния снега, поскольку весенне-летние осадки здесь крайне незначительны.

Данная работа дает возможность студенту усвоить понятие о местном стоке, районы, где он имеет место и условия для организации орошения. Обратит внимание на два пути использования вод местного стока: задержания вод поверхностного стока непосредственно на водосборной площади и склонах с помощью искусственных лиманов и накопления в водохранилищах с последующим использованием для орошения . Студент должен знать достоинства лиманного орошения, схемы лиманов, определение возможной площади лиманного орошения, устройство

оградительных валов лиманов, необходимые сооружения на них, механизмы, используемые для устройства валов лиманов. Уметь определять объемы воды в водохранилище (мертвый, полезный, полный) и устанавливать оросительную способность водохранилища, а также выбрать и рассчитать комплекс гидротехнических сооружений, необходимых при строительстве водохранилищ.

В Поволжье основная масса годового стока проходит в весенний период. Летние и весенние дожди стока почти не образуют, они в основном расходуются на испарение и фильтрацию. Только сильные ливни могут образовать поверхностный сток.

Большое влияние на величину стока оказывают атмосферные осадки, интенсивность снеготаяния и испарения, рельеф, геологическое строение местности, почвенный и растительный покров. Кроме того, на формирование стока значительное влияние оказывает хозяйственная деятельность человека - распашка полей, посадка лесных насаждений и др. Большой сток обычно бывает в годы, которым предшествует дождливая осень и когда снег тает дружно. В годы с сухой осенью, малоснежной и затяжной зимой весной сток обычно бывает небольшим.

При проектировании прудов и лиманов нужно знать не только объем весеннего среднемноголетнего стока, но и величину стока различной обеспеченности. Для того, чтобы при прудах не строить сложные дорогостоящие сооружения для сброса воды в паводок, емкость водохранилищ рекомендуется проектировать на полное задержание стока одно- трех- или десяти процентной обеспеченности!!! При проектировании лиманов расчетную вероятность превышения (обеспеченность) стока можно принимать для районов Северного Заволжья (Самарская область и север Саратовской области) 30...40 %, для левобережья Средней Волги (область сыртов) — 50, для Прикаспийской низменности — 60%.

Сток 50-процентной обеспеченности означает, что 50 раз в 100 лет сток будет равен или больше проектируемой величины и в эти годы вся площадь лимана будет обеспечена водой, в остальные годы будет затоплена только часть площади лимана. Для вычисления объема весеннего стока различной обеспеченности прежде всего необходимо определить площадь водосбора, лежащую выше рассматриваемого створа плотины или проектируемого лимана. Величина площади водосбора определяется по топографическому плану путем планиметрирования или разбивки площади на простейшие геометрические фигуры. Для этого с Приложения 1 согласно заданию выбирается план М 1:           увеличивается до М 1:           и переносится на лист формата А2.

Для наполнения лиманов и прудов тальми водами необходимо знать величину среднемноголетнего объема стока (норма стока) и влияние водосборной площади на эту величину.

При отсутствии многолетних наблюдений за стоком, норму весеннего стока, а также значения коэффициентов вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  определяют по картам изолиний (рис. 1, 2, 3). При пользовании картами, на них находят место расположения центра водосборного бассейна. Если центр бассейна пересекает изолинию, то значение этой изолинии и принимается за норму весеннего стока и коэффициентов данного бассейна. Если центр бассейна находится между изолиниями, то значение этих величин стока определяется путем линейной интерполяции.

Объем весеннего стока расчетной вероятности превышения вычисляют по формуле:

$$V_{p\%} = 1000 h m f A,$$

где  $hm$  – норма весеннего стока, мм;

$f$  – модульный коэффициент, соответствующий расчетным значениям вероятности превышения стока  $P\%$  и коэффициентов  $C_v$  и  $C_s$  (прилож. 2),

значение коэффициента асимметрии  $C_s$  для сухостепной зоны лиманного орошения находятся в пределах (1, 2-2)  $C_v$ ;

$A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>

К преимуществам лиманного орошения относится возможность использования вод местного стока в целях увеличения производства сельскохозяйственной продукции на территории, где по условиям рельефа он не может быть зарегулирован в крупных водоемах. Лиманное орошение осуществляется при полной автоматизации полива и высокой производительности труда (один человек обеспечивает полив до 50 га в сутки), что особенно важно в малонаселенных районах. Это самый простой, дешевый и доступный способ орошения в степных районах. Являясь одним из видов влагозарядки, лиманное орошение способствует уменьшению половодий и водной эрозии почв.

Недостатки лиманного орошения: однократность полива, который производится ранней весной, когда он еще не требуется; невозможность проведения вегетационных поливов; изменение по годам размеров увлажняемой площади, связанное с колебанием величины стока, что затрудняет планирование объема производства сельскохозяйственной продукции; неравномерное увлажнение почвы на площади лимана, вызывающее пестроту урожая; опасность засоления прилегающих к лиману земель при близком расположении от поверхности земли грунтовых вод, а также возможность устройства лиманов лишь при небольших уклонах местности.

Различают следующие типы лиманов в зависимости от рельефа местности, на которой они располагаются, и источников водного питания: склоновые, затопляемые водой, стекающей с прилегающих водосборов; пойменные, наполняемые паводковыми водами рек; замкнутых понижений; потяжин и

лощин; затопляемые из водохранилищ; наполняемые водами степных рек и их притоков; питаемые из оросительно-обводнительных каналов.

Основные схемы лиманов показаны на рисунке 4. Если лиманы образуются одним водозадерживающим валом, они называются простыми или одноярусными. Лиманы, образованные несколькими рядами валов, расположенными один выше другого по рельефу местности, — многоярусные. Ярусы могут быть разделены валами на части, которые называют секциями. Многоярусные лиманы наполняются водой последовательно из вышележащего яруса через устроенные в валах водоспуски или естественные водообходы по концам валов. По сравнению с простыми, ярусные лиманы являются более совершенными, так как позволяют регулировать глубину затопления лимана и продолжительность стояния воды в нем, а следовательно, степень увлажнения почвы.

По глубине наполнения 0,15-0,4 м лиманы принято называть мелководными, 0,4-0,7 м — среднего наполнения, а более 0,7 м — глубоководными.

В настоящее время следует отказаться от строительства лиманов глубокого (глубже 70 см) затопления, с высокими валами и большими капиталовложениями на строительство железобетонных водоспусков. Глубокое затопление, создаваемое в таких лиманах, не обеспечивает оптимального режима орошения, вызывает подъем грунтовых вод и сопровождается постоянными авариями на валах и водоспусках.

Для рационального использования поверхностного стока, повышения коэффициента земельного использования, более равномерного увлажнения почвенного слоя, необходимо больше строить многоярусные лиманы мелкого затопления. Практический опыт показал, что эффективнее мелководные лиманы, так как они обеспечивают более равномерное по площади увлажнение почвы.

Такие лиманы обладают следующими преимуществами:

- 1) в них скапливается вода в количестве, достаточном для промачивания почвы не глубже 2 м;
- 2) благодаря этому устраняется необходимость устройства больших и дорогих водоспусков для сброса излишней воды; вместо валов высотой 1,5—2 м насыпают низкие (от 40 до 60 см) валики, для поделки которых можно применить простейшие орудия механизации;
- 3) вследствие того, что в таких лиманах вода или сбрасывается из яруса в ярус в небольшом объеме, или совсем не сбрасывается, а полностью впитывается в почву, она не образует оврагов на сбросах, характерных для лиманов глубокого затопления;

4) разбивка площади на ряд ярусов с мелким (30— 40 см) затоплением позволяет включить в лиманное орошение значительно большие площади, чем при строительстве лиманов с глубоким затоплением.

В данной работе рассматривается проектирование мелководных лиманов замкнутых понижений, протяжин и лощин, затапливаемых водами весеннего половодья.

Уклоны местности, отводимой под данный тип лиманов, не должны превышать 0,003. Наиболее пригодны участки с ровным рельефом и уклонами до 0,001. При таких уклонах даже один невысокий вал образует лиман большой площади.

Начало затопления лиманов обычно определяется временем наступления, весеннего паводка, причем в большинстве случаев вешняя вода поступает в лиман на мерзлую почву. Процесс насыщения почвы водой проходит три фазы. В первую фазу вода, поступающая на мерзлую почву, заполняет все трещины в почве, после чего начинает накапливаться на поверхности лимана; эта фаза продолжается 1—2 суток. Во второй фазе на поверхности лимана происходит накопление воды, причем по мере оттаивания почвы и поступления в нее воды, уровень воды на лимане постепенно понижается; продолжительность этой фазы определяется скоростью оттаивания почвы. Третья фаза связана с глубоким промачиванием почвы; продолжительность ее зависит от водопроницаемости корнеобитаемого слоя.

Чтобы установить момент насыщения почвы водой на требуемую глубину и определить время сброса излишней воды, на практике пользуются металлическим щупом. В насыщенную водой талую почву щуп при надавливании входит легко, тогда как в мерзлую или сухую почву он не войдет. Для насыщения почвы талой водой до глубины 1,5-2 метра требуется не более 3—5 дней. Следовательно, весь процесс насыщения почвы водой продолжается не более 4—7 дней.

#### Севообороты на площадях лиманного орошения

Опыт лиманного земледелия в Заволжье показывает, что на лиманах возможно возделывание разнообразных культур. Однако особенности водного режима лиманов и сроков сельскохозяйственных работ показывают, что для лиманных севооборотов следует выбирать такие культуры, которые хорошо используют запасы воды в почве в первую половину вегетационного периода и развивают глубокую корневую систему для использования влаги сильно увлажненных нижних горизонтов почв.

Лиманы должны иметь свои обособленные севообороты. Ведущее направление в использовании лиманов — производство кормов. Расположение земель с лиманным орошением в засушливых степных и полупустынных зонах Поволжья предусматривает выращивание

адаптированных к почвенно-мелиоративным особенностям этого региона засухо- и солеустойчивых культур.

Само лиманное земледелие в связи с более поздним созреванием почвы для посева отвечает биологическим требованиям поздних яровых культур и устойчивых к длительному затоплению многолетних трав. Влага увлажненного слоя на 1,5—2,0 м, наиболее рационально используется лишь культурами с мощной, глубоко проникающей корневой системой. Подбор полевых культур и многолетних трав для искусственных лиманов осуществляют, исходя из продуктивности и эффективности использования оросительной воды на основе типа и водного режима лиманов.

Внедрение севооборотов при эффективном использовании систем лиманного орошения играет важную агротехническую роль в повышении культуры земледелия, плодородия почв и стабильном производстве грубых, сочных кормов и зернофуража.

Для производства фуражного зерна сеют ячмень, кукурузу и сорго на зерно; на силос — кукурузу, сорго, подсолнечник; на сено — суданскую траву; а из сеяных многолетних трав используют люцерну сине- и желто-гибридную, костреч безостый, житняк ширококолосый и их смеси.

Вероятность получения высоких урожаев яровых зерновых значительно меньше, чем кормовых культур, что в значительной степени зависит от запаздывания с посевом из-за затопления. При позднем посеве колосовых культур, вследствие неблагоприятных температур снижается энергия кущения, а поздние и слабые всходы сильнее повреждаются вредителями и угнетаются сорняками.

В каждом севообороте лимана должны быть пропашные культуры, позволяющие вести систематическую борьбу с сорняками в течение всего вегетационного периода.

Для лиманного земледелия Поволжья рекомендуются 6—8-польные севообороты с несколькими полями яровых зерновых культур, одним полем пропашных культур и 2—3 полями злаково-бобовых травосмесей.

Примерное чередование культур в таком севообороте следующее:

1) яровая пшеница с подсевом люцерны и житняка; 2, 3 и 4) многолетние травосмеси; 5) просо рядового посева; 6) твердая яровая пшеница; 7) бахчевые культуры (арбузы, дыни, кабачки, тыквы); 8) яровая пшеница.

Если хозяйство не испытывает большой нужды в сенокосных площадях, то продолжительность пребывания травосмесей сокращается до двух лет. При недостатке кормовых угодий срок пребывания травосмесей увеличивается до 4—5 лет. В последнем случае полевой лиманный севооборот превращается в лугово-кормовой севооборот с 4—5 полями многолетних трав и 4—5 полями однолетних культур.

Для мелководных многоярусных систем лиманного орошения севообороты могут иметь различные схемы чередования культур и в качестве покровных — ранние зернофуражные культуры.

Пример:

Шестипольный севооборот с короткой ротацией: 1 — ячмень с подсевом многолетних трав (смеси люцерны, костреца и житняка); 2—4 — многолетние травы; 5 — смешанные посевы кукурузы и сорго или подсолнечника на силос; 6 — кукуруза на зеленую массу или на силос.

Восьмипольный севооборот может быть таким: 1 — ячмень с подсевом многолетних трав; 2—5 — многолетние травы; 6 — ячмень; 7 — кукуруза на зерноотрубную массу или на силос; 8 — кукуруза или сорго на силос. В этом случае, исходя из потребности в зернофураже, долю ячменя в севообороте увеличивают с 16,6 до 25%.

Семипольный полевой: 1,2,3-травосмесь желтой и синей люцерны, житняка и овсяницы луговой; 4 и 5 - пшеница яровая, просо; 6- картофель, подсолнечник, кукуруза, корнеплоды; 7 – яровая пшеница, овес, ячмень, просо с подсевом травосмеси.

Норма лиманного орошения — объем воды,  $\text{м}^3/\text{га}$ , необходимый для создания в расчетном слое почвы запасов воды, достаточной для получения планируемого урожая возделываемых сельскохозяйственных культур или естественной растительности.

Для лиманов, используемых в качестве естественных сенокосов, норма лиманного орошения,  $\text{м}^3/\text{га}$ ,

$$M = k l h(WFC - Wd) - P + E,$$

где  $kl$  - коэффициент, учитывающий потери воды, связанные с проникновением ее за пределы расчетного слоя почвы (для мелководных  $kl = 1,3$  м);  $h$  - глубина расчетного слоя почвы (для трав, кукурузы и других кормовых культур  $h = 1,5$  м при сумме годовых осадков  $P > 350$  мм и  $h = 2$  м при  $P < 350$  мм);  $WFC$  — запас влаги, соответствующий наименьшей влагоемкости,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $Wd$  - мертвый запас влаги в почве,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $P$  — сумма годовых осадков,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E$  — потери воды на испарение,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E = ES + EW$ , (где  $ES$  - испарение с поверхности снега,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $EW$  — испарение с водной поверхности за время стояния воды в лимане,  $\text{м}^3/\text{га}$ ).

С учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур и климатических условий района норма лиманного орошения,  $\text{м}^3/\text{га}$ ,

$$M = k_{\text{ET}} Y - 10(P_1 + P_2 + P_3) - V_{\text{gr}}, \quad (X)$$

где  $k_{\text{ET}}$  — коэффициент водопотребления сельскохозяйственной культуры для условий лиманного орошения,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $Y$  — плановая урожайность

сельскохозяйственной культуры при лиманном орошении и данном уровне агротехники, т/га;  $k$  — коэффициенты использования осадков, выпадающих соответственно в вегетационный, теплый и холодный невегетационные периоды;  $P_1, P_2, P_3$  — сумма осадков, выпадающих соответственно в вегетационный, теплый и холодный невегетационные периоды, м<sup>3</sup>/га;  $V_{gr}$  - объем грунтовых вод, используемый растениями, м<sup>3</sup>/га.

При возделывании на системе лиманного орошения набора сельскохозяйственных культур в составе севооборота норму лиманного орошения рассчитывают для каждой культуры. За расчетную принимают средневзвешенную норму, определяемую по формуле

$$M_m = (M_1 + M_2 + \dots + M_n) / 100,$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  — доля каждой культуры в севообороте, %;  $M_1, M_2, \dots, M_n$  — норма лиманного орошения, подсчитанная для каждой культуры по формуле (X), м<sup>3</sup>/га.

Норму лиманного орошения иногда рассчитывают в виде поливной нормы  $m_{pl}$  или среднего слоя затопления лимана (мм).

$$h_n = 0,1 h S (v_{max} - v_0),$$

где  $h$  - глубина увлажнения, м;

$S$  - скважность увлажняемого слоя почвы, % от объема;

$v_{max}$  - наименьшая влагоемкость, %;

$v_0$  - влажность почвы перед затоплением, %.

При получении нормы брутто лиманного орошения необходимо пользоваться коэффициентом, равным 0,85 — 0,90, который учитывает потери воды в лимане на испарение и просачивание через ограждающие валы.

Применительно к природным условиям Заволжья нормы лиманного орошения, обеспечивающие влагонасыщение почвогрунтов до наименьшей влагоемкости, в степной зоне составляют 2500- 3300 м<sup>3</sup>/ га, а в полупустыне- 2800- 3300!!!! м<sup>3</sup>/га.

$$M = 100 h b (R - r) K, \text{ м}^3/\text{га}.$$

Где  $h$  - глубина увлажняемого слоя, м ;

$b$  - плотность почвы, т/ м<sup>3</sup>;

$R$  - влажность расчетного слоя почвы , соответствующая наименьшей влагоемкости, НВ % от массы сухой почвы ;

$r$  - влажность расчетного слоя почвы к началу затопления, % от массы сухой почвы;

К- коэффициент затопления, учитывающий неравномерность затопления яруса лимана и потери воды, равный 1,3-1,5.

Норма лиманного орошения должна быть обязательно увязана с продолжительностью затопления для конкретных местных условий. Допустимая продолжительность затопления сельскохозяйственных культур на лиманах равна: естественных трав — 15 — 25 суток и более, люцерны желтой, житняка, яровых культур — 6 — 10, искусственных травосмесей — 5 — 8, зерновых озимых — 2 — 3, лесополос — 2 — 5 суток.

При проектировании лиманов необходимо провести следующие работы :

- 1) определить площадь водосбора, с которой талая вода стекает на площадь проектируемого лимана;
- 2) подсчитать количество воды с этой площади и возможные колебания ее по годам;
- 3) произвести съемку площади лимана;
- 4) на основе этой съемки и расчета количества воды, стекающей и потребной для орошения, определить площадь затопления лимана;
- 5) рассчитать водовыпускные сооружения для сброса воды, размеры плотин и валов лимана;

Размещают площади лиманного орошения и устанавливают их размеры, исходя из хозяйственных условий, гидрологических, почвенных и рельефных особенностей района. Соблюдая санитарные требования, лиманы в непосредственной близости от населенного пункта не проектируют.

Площадь мелководных лиманов (га) без сброса воды из них находят по зависимости:

$$A = V_p\% / M_m,$$

где  $V_p\%$ —расчетный объем стока, определенный по формуле( ), м<sup>3</sup>;

$M_m$ - средневзвешенная норма лиманного орошения для культур севооборота, м<sup>3</sup>/га.

Площадь мелководных лиманов (га) без сброса воды из них находят по зависимости:

$$F = W / M_{\text{брутто}},$$

где  $W_{\text{ст}}$ — расчетный объем стока с водосборной площади лимана, м<sup>3</sup>;

$M_{\text{брутто}}$  — норма лиманного орошения брутто, м<sup>3</sup>/га.

Максимальная глубина воды у водоудерживающего вала одиночного лимана или первого его яруса при многоярусной схеме равна удвоенной средней глубине, а максимальная глубина, м, второго и последующих ярусов

$$h_{\max} = 2h_m - h_{\min},$$

где  $h_m$  — средняя глубина затопления лимана;

$h_{\min}$  — минимальная глубина воды у вала вышерасположенного яруса, м, которую для создания более равномерного увлажнения всей площади яруса принимают 0,05...0,1 м.

Строительная высота, м, водоудерживающего земляного вала

$$h_b = 1,1(h_{\max} + h),$$

где 1,1 — коэффициент запаса на усадку земляного вала;

$h$  — превышение гребня вала над НПУ, м; для мелководных лиманов  $h = 0,1...0,2$  м.

Проектную отметку основания вала первого яруса определяют в соответствии с особенностями рельефа местности. Проектные отметки оснований следующих ярусов вычисляют по формуле

$$H = h_{\max} + h_{\min}$$

$H$ , — отметка основания вала предыдущего ( $n - 1$ )-го яруса;

$h_{\max}$  и  $h_{\min}$  — максимальная и минимальная глубина затопления у вала  $n$ -го яруса, м.

По вычисленным отметкам трассируют на топографическом плане валы всех ярусов системы лимана, после чего вычисляют площадь каждого яруса и его вместимость.

Площадь лиманов определяется количеством и размерами ярусов. Их длиной и шириной, расстоянием между ними. Ширина определяется

$$B = \frac{H_n - H_v}{i} = 2 \frac{(H_{cp} - H_v)}{i}$$

где  $i$  — средний уклон поверхности лимана;

$H_n$  — слой затопления у нижнего вала (для мелководных лиманов

равный 0,4—0,7 м);  $H_v$  — слой затопления у верхнего вала (для мелководных лиманов равный 0,05—0,10 м);

$H_{cp}$  — средняя глубина затопления лимана, равная  $\frac{H_n + H_v}{2}$

Для удобства механизации полевых работ расстояние между валами принимают не менее 100 м при их длине до 1000 м. Обычно ширина яруса лимана находится в пределах 100—700 м, в зависимости от уклона. Длина валов в направлении горизонталей обуславливается рельефом и площадью лимана и составляет 600—900 м. Валики на концах загибаются вверх по

склону; их отметка должна быть на одном уровне с отметкой основных валиков, идущих по горизонтали; при этом на плане в горизонталях загибы нижерасположенного яруса должны заканчиваться на отметках на 0,1 м выше оси вышерасположенного яруса.

Высоту водоудерживающих валов определяют из условия превышения гребня над расчетным уровнем воды на 0,1-0,2 м, а ширину по гребню принимают 0,5 м и более, учитывая высоту вала и тип машин, которыми он выполняется. Высота валов может быть от 0,4 до 0,8 м. Валы устраивают проходимыми для сельскохозяйственных машин с пологими откосами крутизной 1:5. На участках лиманного орошения высокоминерализованные грунтовые воды в летний период не должны залегать ближе 3—4 м к поверхности земли. Поля севооборота проектируют одновременно с лиманами в плане. Границы полей совмещают с трассами валов. Длинные стороны полей принимают параллельно горизонталям местности, а короткие — перпендикулярно.

Посадка древесных насаждений рекомендуется по внешней границе системы лиманного орошения, со стороны мокрых откосов дамб и на прирусловых поймах. На буграх и крутых склонах в пределах системы создают сплошные лесополосы, способствующие снегозадержанию.

На землях лиманного орошения строят полевые, внутрихозяйственные и эксплуатационные дороги. Различные дороги по возможности совмещают.

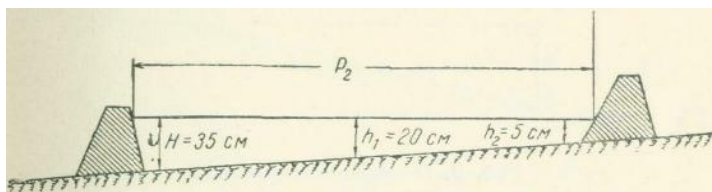


Схема к расчету высоты валиков в зависимости от глубины затопления.

Из рисунка видно, что чем круче уклон поверхности, тем уже будет расстояние между валиками, и чем выше слой воды, которая заполняет площадь между валиками, тем выше они должны быть.

Пример:

Как рассчитать высоту валиков? Наименьший слой воды бывает в верхней части яруса; он не должен быть меньше 5 см. В средней части яруса высота слоя воды достаточна в 20 см, что соответствует норме полива 2000 м<sup>3</sup>/га.

Для определения наибольшей глубины Н в низкой части яруса берут двойную среднюю глубину h<sub>1</sub> и вычитают из нее наименьшую глубину h<sub>2</sub> в верхней части яруса, т. е.

$$H = 2h_1 - h_2 = 2 * 20 - 5 = 35 \text{ см.}$$

К этой величине надо прибавить 30 см — высоту гребня над водой с расчетом на осадку. Тогда получим высоту валика

$$35 + 30 = 65 \text{ см.}$$

Ширина валика по верху принимается в 40—60 см.

Для вычисления расстояния между валиками (по поверхности воды) надо знать уклон затопляемого поля. Уклоном называется отношение превышения между двумя точками А и В к горизонтальному расстоянию между ними (рис. 2).

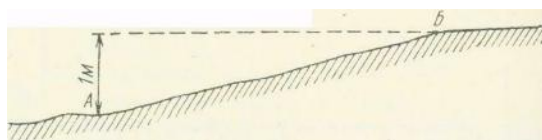




Рис. 2. Определение уклона: Объяснение в тексте.

Если, например, превышение между пунктами А и Б составляет 1 м, а расстояние между ними 500 м, то

уклон будет  $1/500$ , или  $0.002$ , т. е. на каждые 500 м

разность высот составляет 1 м, а на 1000 м — 2 м.

Зная уклон, можно вычислить горизонтальное расстояние между валиками по формуле  $V_n - V_v / U = P_2$

где  $V_n$ , — высота воды, которую необходимо иметь у нижнего валика;  $V_v$ . — высота воды у верхнего валика;  $U$  — уклон между валиками;  $P_2$ — расстояние между валиками по горизонтали.

Пример. У нижнего валика слой воды должен быть 35 см, у верхнего— 5 см; уклон  $0.002$ . Тогда горизонтальное расстояние будет

$$P_2 = 35 - 5 / 0,002 = 15000 \text{ см, или } 150 \text{ м.}$$

При расстоянии между валиками в 200 м объем земляных работ составит на 1 га около 50 тыс. м<sup>3</sup>. Для поделки валиков достаточно двух проходов тракторного плуга.

На рис. 10 изображена схема расположения валиков в шестиярусном лимане мелкого затопления.

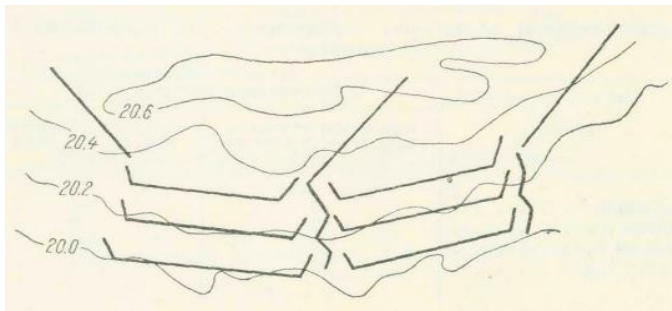


Рис. 3. Схема ярусов мелкого затопления.

Валики на концах загибаются вверх по склону; их высота должна быть на одном уровне с высотой основных валиков, идущих по горизонтали. Концы их должны находиться на уровне горизонта воды. Для равномерного распределения воды по ярусам следует делать направляющие поперечные валики, удлиняя их верхние части с таким расчетом, чтобы увеличить площадь водосбора и тем самым обеспечить постоянное наполнение ярусов даже в годы со слабым стоком.

Системы лиманного орошения следует проектировать в районах неустойчивого увлажнения, когда использование местного поверхностного стока для регулярного орошения по природным условиям технически невозможно или экономически нецелесообразно. Лиманное орошение необходимо предусматривать в малонаселенных районах при использовании степных участков, речных долин, пойм рек, замкнутых котловин, склонов под естественные сенокосы, кормовые (многолетние и однолетние травы, кукуруза и подсолнечник на силос, кормовая свекла), зерновые и зернобобовые культуры, с уклоном местности до 0,006, с хорошо одернованной поверхностью на незасоленных и слабозасоленных почвах.

В зависимости от водисточника, способа регулирования и глубины затопления лиманы следует подразделять на виды согласно табл. 1.

Таблица 1

Типы лиманов в зависимости от	Виды лиманов	
	по способу регулирования воды	по глубине затопления
Пойменные, затопляемые паводковыми водами рек	Многоярусные регулированием длительности затопления	с Мелководные Среднего затопления Глубоководные
	Проточные регулированием длительности затопления	с Глубоководные
	Комбинированные	Мелководные и глубоководные
Затопляемые талыми водами, стекающими с вышерасположенных территорий	Одноярусные	-
	Многоярусные раздельного или последовательного затопления	Мелководные и глубоководные
Подпитываемые из каналов обводнительных или оросительных систем	Многоярусные раздельного или последовательного затопления	Мелководные

По глубине наполнения лиманы подразделяются на:

мелководные глубиной затопления 15-40 см;

среднего затопления глубиной 40-70 см;

глубоководные глубиной затопления более 70см.

При эксплуатации лиманов расчетную обеспеченность стока следует принимать:

для площадей лиманов 5000 га и более - на основании технико-экономических расчетов;

для районов северного Заволжья (Самарская обл. и север Саратовской обл.) - 30-40 %;

для левобережья Средней Волги (область сыртов), северных и центральных областей - 50%;

для Прикаспийской низменности - 60 %.

Площадь лимана нетто  $A_{nt}$ , га, определяется по формуле

$$A_{nt} = \frac{0,8VA}{J_{nbr}}$$

где  $V$  - объем стока расчетной обеспеченности с 1 км<sup>2</sup>, тыс. м<sup>3</sup>;

$A$  - водосборная площадь, км<sup>2</sup>;

$J_{nbr}$  - средневзвешенная норма лиманного орошения брутто, тыс. м<sup>3</sup>/га, определяемая по данным специальных исследований.

Поименные системы лиманного орошения следует применять в долинах рек или на широких выровненных участках поймы. Поименные лиманы следует заполнять водами речных паводков. Техническую схему лиманов необходимо выбирать, как правило, в зависимости от условий пропуска максимальных паводковых расходов реки: через территорию орошаемого массива, по отдельным трактам или в обход лиманов. Выбор оптимального варианта должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

Глубоководные лиманы необходимо эксплуатировать, как правило, на поймах и подпойменных участках первой террасы. Лиманы среднего и мелкого затопления следует располагать на понижениях пойменных террас.

Мелководные лиманы на склонах следует устраивать на выровненных участках, пригодных для лиманного орошения по почвенным условиям с уклоном местности не более 0,002.

При уклонах поверхности менее 0,001 необходимо предусматривать одноярусные лиманы, при уклонах более 0,001 следует устраивать многоярусные лиманы; число ярусов, их размеры и конфигурация должны устанавливаться из условия рационального использования весеннего стока, наименьшего объема работ. При этом должны быть обеспечены равномерное увлажнение лиманов и нормальные условия проведения сельскохозяйственных работ.

Расстояние между дамбами (ширину яруса лимана)  $L$  необходимо определять по формуле

$$L = \frac{h_{inf} - h_{sup}}{i_{not}}$$

где  $h_{inf}$  - слой воды у нижней дамбы, м;

$h_{sup}$  - слой воды у верхней дамбы, принимается не менее 0,05 м;

$i_{not}$  - средний уклон местности.

Слой воды у нижней дамбы назначается из условия обеспечения равномерного увлажнения почвы. При этом средняя глубина затопления лимана должна быть равна норме лиманного орошения, выраженной слоем воды в метрах.

При проектировании многоярусных лиманов верхний ярус допускается предусматривать глубоководным распределительным для обеспечения подачи воды во все нижележащие ярусы.

Дамбы лиманов должны быть постоянными и не препятствовать механизированным сельскохозяйственным работам. Коэффициент заложения откосов дамб должен быть 5-6, строительная высота дамб - не более 1 м, превышение гребня дамб над максимальным уровнем воды в лимане - не менее 0,3 м. Ширину дамб поверху следует принимать, как правило, 0,5-1,5 м.

Перепуск воды из яруса в ярус должен производиться через водовыпуски, расположенные в наиболее низких местах лиманов или по водообходам, создаваемым путем устройства системы земляных распределительных и направляющих дамб. Концы дамб необходимо доводить до отметки земли, соответствующей расчетному уровню воды в лимане.

При недостаточной обеспеченности площади лиманного орошения стоком с ее водосбора необходимо предусматривать устройство водосборных валов, направляющих сток в лиман с примыкающих водосборных площадей, а также подпитывание лиманов из оросительных и обводнительных каналов.

При эксплуатации лиманов с подпитыванием из оросительных и обводнительных каналов следует рассчитывать величину подаваемого в лиманы расхода воды.

Удельный расход  $q$ , л/с на 1 га, определяется по формуле

$$q = 27,8 \left( n v_m + \frac{h_m}{t} \right),$$

где  $n$  - коэффициент, равный 0,68.

$v_m^{3/4}$  средняя скорость впитывания, определяемая по методу заливаемых площадок, см/ч;

$h_m$  - средний слой затопления, см;

$t$  - продолжительность подачи воды, ч.

Литература:

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебrenников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. - 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5. Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## Лекция 11

### Диспетчерский график забора и распределения воды по системе

Для разработки диспетчерского графика используется схема оросительной системы на которой нанесены, все межхозяйственные каналы, точки выдела воды хозяйствам, узлы вододеления, протяженность.

Для составления диспетчерского графика забора и распределения воды по системе необходимо составить ведомость расходов воды в точки водовыдела в хозяйства. При составлении системного плана водораспределения используются согласованные с отделом водопользования внутрихозяйственные планы водопользования, по которым для всех точек водовыдела определены среднедекадные расходы воды.

Форма диспетчерского графика приводится в таблице 1

Порядок составления:

1. Составление начинается с заполнения первых трех граф, порядок которого ясен из примера.

2. По итоговой строке внутрихозяйственного плана водопользования типового орошаемого участка ( т. в. 1) “Потребность в воде в точке выдела по декадам” определяются максимальные и минимальные расходы воды

$$Q_{\text{хос}} = \frac{S_{\text{тв}}}{86,4 \cdot t},$$

где:  $S_{\text{тв}}$  - декадный объем воды, подаваемый в точку выдела 1 в тыс. м<sup>3</sup>;  
 $t$  - продолжительность декады в сутках,  $t = 10$  суток

3. Определяются максимальные и минимальные расходы воды для всех точек выдела по формуле:

$$Q_i = k \cdot Q_{\text{хос}},$$

Для отдаленных от узла точек водовыдела расходы воды определяют с учетом потерь на участке канала от узла водораспределения до точки водопотреблениевыдела:

$$Q_i = k \cdot Q_{\text{хоз}} + S,$$

Потери воды определяют по приложениям 9, 10, 11, в зависимости от проницаемости грунта или типа облицовки канала.

4. Максимальные и минимальные расходы по узлам системы определяются путем подсчета их снизу вверх, то есть от нижерасположенных узлов к вышерасположенным. При этом учитываются потери при транспортировке ее от узла к узлу.

Например: из узла III вода должна быть подана в три точки водовыдела 13;14; 15, следовательно, расход нетто равен  $Q_{\text{нт}}^{\text{III}}=3,35 \text{ м}^3/\text{с}$

Для того чтобы на узел III поступило такое количество воды необходимо определить потери на фильтрацию из канала, на испарение и технические потери с учетом расстояния от одного узла вододеления до другого (приложение 10, 11)

$$1.3K_{\text{max}} = Q_{\text{т.в.15}} + Q_{\text{т.в.14}} + Q_{\text{т.в.13}} + (S_{\text{исп}} + S_{\text{тех}} + S_{\text{ф}})I_{\text{к}} = 1,16 + 0,99 + 1,2 + (0,0012 + 0,0001 + 0,0009) \cdot 10 = 3,38 \text{ м}^3/\text{с}$$

Минимальный расход определяется аналогично максимальному расходу

Продолжая, расчет, таким образом, получают расходы и в других узлах системы.

Расход брутто на ГНС определяется по формуле:

$$Q_{\text{бр ГНС}} = \frac{Q_i^{\text{бр}}}{\eta_{\text{нт}}},$$

где:  $\eta_{\text{нт}}$  – КПД напорного трубопровода (от ГНС до бассейна, рис 4.3);  $Q_i^{\text{бр}}$  – расход магистрального канала.

Таблица 1. Диспетчерский график забора и распределения воды по оросительной системе на 20 г.

Обозначение канала	Диспетчерское распоряжение			Расход, м <sup>3</sup> /с.	
	Вызов распределительного	Откуда последует вода на узел	Куда следует направить	Q <sub>max</sub>	Q <sub>min</sub>
МТ	НС	Из источника орошения	ГПП т.в.	29,24 28,62	25,03 24,78
МК	Узел I	Из ГПП	∑ т.в.1	30,59 1,97	26,47 1,69
1К	Узел II	Из узла I	∑	26,38	22,82
1К	Узел III	Из узла II	∑ т.в.2 т.в.3	14,28 1,72 1,11	12,32 1,48 0,95
1К	Узел IV	Из узла III	∑ т.в.4 т.в.5	11,13 1,60 1,48	9,6 1,38 1,27
1К	Узел V	Из узла IV	∑ т.в.6	7,82 1,75	6,74 1,5

			т.в.7	2,03	1,75
1.1К	Узел VI	Из узла V	$\Sigma$	3,92	3,37
			т.в.8	1,51	1,3
			т.в.9	2,41	2,07
2К	Узел VII	Из узла II	$\Sigma$	11,39	9,83
2.2К	Узел VIII	Из узла VII	$\Sigma$	6,64	5,73
			т.в.10	1,86	1,60
			т.в.11	0,74	1,64
2.2К	Узел IX	Из узла VIII	$\Sigma$	3,89	3,34
			т.в.12	2,51	2,16
			т.в.13	1,38	1,18
2.1К	Узел X	Из узла VII	$\Sigma$	4,37	3,36
			т.в.	1,72	1,48
			т.в.	2,65	2,26

#### Литература:

1.Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И.Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2.Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3.Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В.Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7

4.Кравчук, А.В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А.В.Кравчук, Ф.В.Серебрянников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

5.Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6

## **Лекция 12**

### **Эксплуатация систем аэрозольного орошения и синхронного импульсного дождевания**

Аэрозольное орошение (мелкодисперстное увлажнение) направлено на увлажнение воздушной сферы растений. При мелкодисперсном дождевании вода распыляется на очень мелкие капли, которые смачивают поверхность растений и изменяет среду их произрастания - микроклимат. Как правило такое орошение применяют в жаркие часы ( $25^{\circ}\text{C}$  и выше), что снижает температуру растений на  $6-12^{\circ}\text{C}$  и способствует значительному увеличению урожая. При аэрозольном орошении при сравнении с традиционными методами наблюдается экономия 40-60% воды. Данное орошение используется также для создания искусственного тумана с помощью специальных устройств, а также использования ветра.

Синхронное импульсное дождевание – одно из новых, прогрессивных технологических направлений в дождевании для получения максимального рассредоточения поливного тока. Это достигается за счёт максимального распределения воды по системе с радиусом действия дождевателей до 30 м и расходах до 0,1 л/с. Новизна этого способа определяется

тем, что на протяжении всей вегетации подачу воды на орошаемый участок осуществляют с помощью импульсных аппаратов, которые работают одновременно на всей площади в режиме чередующихся пауз накопления в гидропневмоаккумуляторах и периодов выплеска воды под действием сжатого воздуха.

Синхронное импульсное дождевание имеет ряд принципиальных отличительных особенностей от обычного дождевания, путём обеспечения длительного воздействия искусственного дождя на рост и развитие растений и внешней среды; исключение отрицательных воздействий погодных факторов на их рост и развитие; поддержание влажности активного слоя почвы и приземного слоя воздуха на оптимальном уровне без резких колебаний; снижения капитальных затрат на строительство сети напорных трубопроводов, в первую очередь полевых трубопроводов, имеющих наибольшую протяжённость труб малого диаметра; снижение затрат труда и потребность в сложной распределительной арматуре.

Синхронное импульсное дождевание применяют для полива многолетних насаждений кормовых и других культур, прежде всего на крутых склонах и расчленённом рельефе, а также на маломощных почвах с близким залеганием грунтовых вод.

Системы синхронного импульсного дождевания проектируют из отдельных блоков-участков, в пределах которых осуществляют автономное управление режимом работы. Такой блок-участок обслуживает сезонно-стационарный комплект оборудования для стационарного импульсного дождевания КСИД – 10 А и состоит из насосной станции, трубопроводной сети, импульсных дождевательных аппаратов ДН-15, генератора командных сигналов (импульсов снижения давления) датчика необходимости и интенсивности водоподачи, пульта управления, гидроподкормщика ГПД-50, контрольно-измерительного оборудования, системы аварийной службы.

Насосная станция открытого типа, одно или многоагрегатная, с насосами типа ВКС и ЦНС. Сеть распределительных трубопроводов выполнена из металлических труб диаметром 50 – 80 – 100 мм. Поливные трубопроводы – полиэтиленовые диаметром 25 мм. По требованию заказчика трубопроводная сеть поставляется для орошения участков с размерами 264x400 м, 320x264 м, 360x280 м, 408x240 м. Импульсные аппараты устанавливаются по треугольной или квадратной схеме и работают автоматически по команде генератора командных сигналов.

Генератор командных сигналов служит для периодического понижения давления в трубопроводной сети с целью создания сигнала, обеспечивающего одновременный выплеск импульсными дождевателями накопленного объема воды. Он состоит из датчика, исполнительного механизма и каналов связи. Датчик водоподачи служит для автоматического включения или отключения насосной станции путем передачи дискретной информации о запасах воды в почве. В зависимости от сигнала, поступающего с датчика водоподачи, и его интенсивности включается насосный агрегат, который подает воду ко всем импульсным дождевателям комплекта. После наполнения всех дождевателей водой до расчетного объема генератор командных сигналов соединяет трубопроводную сеть с атмосферой. Давление резко снижается в трубопроводе и происходит сработка выплеска воды. После выплеска дождевательные насадки поворачиваются на угол 2-3° и рабочий цикл “накопление-выплеск” повторяется. Число циклов зависит от подачи насосной станции.

В случае неисправности (разрыв трубопровода, отказ генератора командных сигналов и др.) система аварийной защиты выключает комплекс. Загорается аварийная красная лампочка.

Основным конструктивным элементом систем импульсного дождевания является импульсный дождевальная аппарат, который состоит из пневмогидроаккумуляторов, гидроуправляемого запорного органа, дождевальной насадки. Пневмогидроаккумулятор представляет собой воздушный бак, разделенный перфорированным сводом и эластичной мембраной на две части. Нижнюю часть предварительно заполняют сжатым воздухом, в верхнюю поступает вода. После наполнения всех аппаратов водой до расчетного объема генератор командных сигналов на короткое время соединяет трубопроводную сеть с атмосферой. Давление в трубопроводах резко понижается. При этом дождевальные аппараты срабатывают одновременно на всей орошаемой площади. После выплеска дождевальные насадки поворачиваются на угол  $6^0$ , и рабочий цикл «накопление – выплеск» повторяется.

Комплект применяют при орошении участков со сложным микрорельефом (с уклоном местности до 0,3 и перепадом геодезических высот до 25 м).

Расчет элементов техники полива и технологических параметров синхронного импульсного дождевания сводится к установлению требуемого числа дождевальных аппаратов выбранной конструкции на 1 га орошаемой площади и продолжительности паузы накопления, обеспечивающих удельную водоподачу.

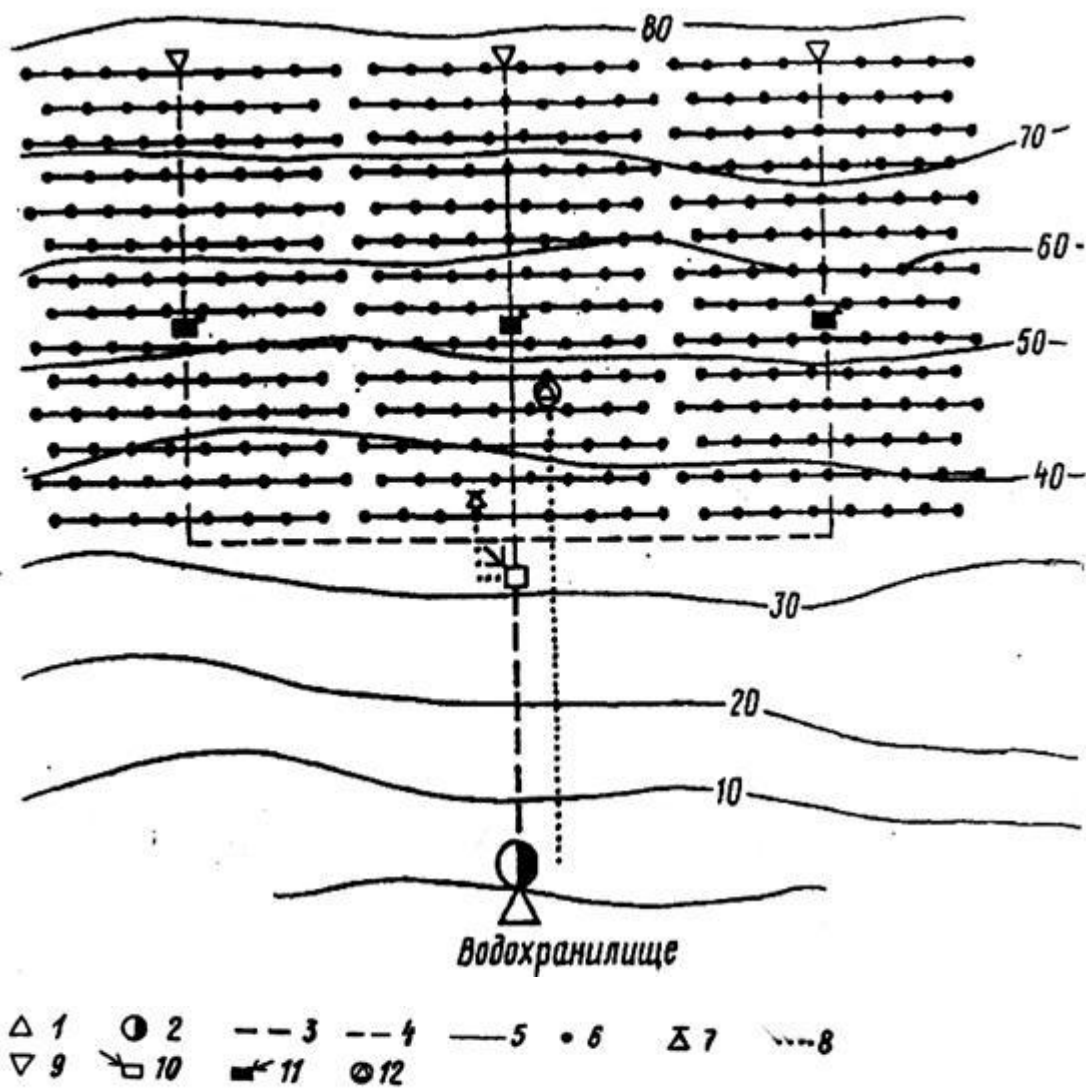


Рисунок 1 - Принципиальная схема системы синхронного импульсного дождевания

Технологический расчёт параметров синхронного импульсного дождевания.

1. Определяем геометрический объем гидроаккумулятора  $W_{Г/а}$ , л:

$$W_{Г/а} = \frac{1}{6} \pi \cdot h_{ш/с} \cdot (3 \cdot R_{ш/с}^2 + h_{ш/с}^2) \quad (1)$$

где  $h_{ш/с}$  – высота полусферы шарового сегмента, м;

$R_{ш/с}$  – радиус шарового сегмента, м.

2. Устанавливаем верхний предел давления в гидроаккумуляторе  $P_{г/а, \max}$ , МПа;  $P_{г/а, \max}$  определяется по рабочей характеристике насоса (4-10 МПа)

3. Устанавливаем нижний предел давления в гидроаккумуляторе  $P_{г/а, \min}$ , МПа.  $P_{г/а, \min} = (0,4 \dots 0,6) P_{г/а, \max}$

4. Объем выброса воды за рабочий цикл  $W_{\text{выб}}$ , л, составит:

$$W_{\text{выб}} = \frac{W_{г/а} \cdot P_{\text{атм}}}{P_{г/а, \max}} \cdot \left[ \left( \frac{P_{г/а, \max}}{P_{г/а, \min}} \right)^{0,9} - 1 \right] \quad (2)$$

где  $W_{г/а}$  – геометрический объем гидроаккумулятора, (20-100) л;

$P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление, МПа;

$P_{г/а, \max}$  – верхний предел давления, (4-10)10<sup>5</sup> МПа;

$P_{г/а, \min}$  – нижний предел давления, (2-6)10<sup>5</sup> МПа.

Объем выброса воды за рабочий цикл в среднем составляет 4-20 л.

5. Продолжительность накопления  $t_{\text{нак}}$ , с, определяют по формуле:

$$t_{\text{нак}} = \frac{W_{\text{выб}}}{M_{\text{ор}}} \quad (3)$$

где  $M_{\text{ор}}$  – ордината гидромодуля, л/(с·га).

Продолжительность накопления составляет 30...300 с.

6. Продолжительность выброса  $t_{\text{выб}}$ , с, определим из уравнения:

$$t_{\text{выб}} = \frac{W_{\text{выб}}}{k_{\text{расх}} \cdot 0,785 \cdot d_c \cdot \sqrt{M_{\text{ор}} \cdot (P_{г/а, \max} + P_{г/а, \min})}} \quad (4)$$

где  $k_{\text{расх}}$  – коэффициент расхода сопла

$d_c$  – диаметр сопла, м

7. Определяем продолжительность поливного цикла  $t_{ц}$ , с:

$$t_{ц} = t_{нак} + t_{выб} \quad (5)$$

8. Интенсивность дождя  $J_{д}$ , мм/мин, при среднем круговом вращении аппарата равна:

$$J_{д} = \frac{M_{ор}}{6 \cdot 10^3} \quad (6)$$

где  $M_{ор}$  – ордината гидромодуля, л/(с·га).

9. Определяем число рабочих циклов за один оборот  $n_{ц,1об}$ :

$$n_{ц,1об} = \frac{360}{\theta} \quad (7)$$

где  $\theta$  – угол поворота за рабочий цикл, град (4...6).

10. Тогда продолжительность одного оборота  $t_{об}$ , мин, равна сумме продолжительности выброса  $t_{выб}$  и продолжительности полива  $t_{пол}$ :

$$t_{об} = t_{ц}$$

11. Радиус действия  $R_{пол}$  находится в пределах 25-40 м.

12. Площадь полива при расстановке аппаратов,  $S_{пол}$ , га

$$S_{пол} = \frac{1,6R_{пол}^2}{10^4} \quad (8)$$

по квадратной сетке (0,1-0,3 га)

$$S_{пол} = \frac{2,2R_{пол}^2}{10^4} \quad (8a)$$

по треугольной сетке (0,2-0,4 га)

Расположение и расстановка аппаратов импульсных дождевателей показано на принципиальной схеме (рисунок 1) системы синхронно-импульсного дождевания, которая включает водозаборное сооружение, насосную станцию, линии связи, систему автоматизации управления поливом и оросительную сеть.

Литература

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9

2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0

3. Дубенок, Н. Н. Практикум по гидротехническим сельскохозяйственным мелиорациям: учебное пособие / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова. - М.: Колос, 2008. - 440 с. – ISBN 978-5-10-003999-0

4. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебrenников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. - 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

5. Протасов, В. Ф. Экологические основы природопользования: учебное пособие для ср. проф. обр.; рек. ФИРО / В. Ф. Протасов. - М. : Альфа-М ; М. : Инфра-М, 2013. - 304 с. - (Профиль). – ISBN 978-5-98281-202-5. – ISBN 978-5-16-004111-7

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Тема 1. Мелиоративные системы РФ и Саратовской области.....	4
1.1.Понятие о мелиоративных системах и их состав.....	4
1.2.Мелиоративные системы в зависимости от выполняемых функций.....	4
Тема 2. Классификация и функции мелиоративных систем.....	9
2.1.Классификация мелиоративных систем и их функции.....	9
Тема 3. Эксплуатационная служба на мелиоративной системе.....	13
3.1.Организация службы эксплуатации мелиоративных систем.....	13
3.2.Структура органов управления системами.....	13
3.3.Инженерная служба эксплуатации внутрихозяйственных систем.....	13
3.4.Права и обязанности государственной эксплуатационной службы.....	17
Тема 4. Основы и принципы планового водопользования .....	19
4.1.Понятие планового водопользования.....	19
4.2.Сущность и задачи планового водопользования.....	19
4.3.Основные условия планирования водопользования в хозяйствах.....	20
4.4.Внутрихозяйственный план водопользования и порядок его составления.....	20
4.5.Принципы планового водопользования.....	22
Тема 5. Оперативный план-график проведения поливов и работ связанных с поливами.....	25
Тема 6. КПД внутрихозяйственной оросительной сети в зависимости от типа дождевальных машин.....	29
Тема 7. Мероприятия по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.....	31
7.1.Мелиоративная служба на оросительных системах.....	31
7.2. Организация наблюдений.....	32
Тема 8. Составление почвенно-мелиоративных карт по данным гидромелиоративной партии .....	34
Тема 9. Техническое обслуживание рисовых систем, лиманных систем, систем на местном стоке и систем на сточных водах.....	40
9.1.ТО рисовых систем. ....	40
9.2.ТО лиманных систем.....	41
9.3.Эксплуатация систем на сточных водах.....	43

Тема 10. Техническое обслуживание оросительно-обводнительных систем.....	45
Тема 11. Техническое обслуживание головных участков. Эксплуатация дамб, узловых и линейных сооружений.....	48
11.1 Техническое обслуживание головных участков.....	48
11.2 Эксплуатация дамб, узловых и линейных сооружений.....	50
Тема 12. Охрана природы при эксплуатации мелиоративных систем.....	54
12.1. Охрана окружающей среды.....	54
12.2. Рыбозащитные мероприятия.....	54
12.3. Охрана животных.....	55
12.4. Противоэрозионные сооружения.....	55
Содержание.....	57
Список литературы.....	58

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

### *Основная литература*

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин - Коломна.: Инлайт, 2006-391 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-91040-002-9
2. Голованов, А. И. Мелиорация земель: учебник / ред. А. И. Голованов. - СПб.: Лань, 2015. - 816 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1806-0
3. Голованов, А. И. Природообустройство: учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - СПб.: Лань, 2015. - 560 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1807-7
4. Голованов, А. И. Рекультивация нарушенных земель: учебное пособие / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. - СПб.: Лань, 2015. - 336 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-8114-1808-4.
5. Бабиков, Б. В. Гидротехнические мелиорации: учебник для вузов / Б. В. Бабиков. - 4-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2005. - 300 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 5-8114-0621-5
6. Дубенок, Н. Н. Практикум по гидротехническим сельскохозяйственным мелиорациям: учебное пособие / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова. - М.: Колос, 2008. - 440 с. – ISBN 978-5-10-003999-0
7. Кравчук, А. В. Экологически безопасные технологии в мелиорации: учебное пособие / А. В. Кравчук, Ф. В. Серебренников - ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011.- 276 с. – ISBN 978-5-7011-0733-3

### *Дополнительная литература:*

Арустамов, Э. А. Экологические основы природопользования: учебник / Э. А. Арустамов, И. В. Левакова, Н. В. Баркалова. - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Дашков и К, 2008. - 320 с. – ISBN 978-5-91131-552-8

Трушина, Т. П. Экологические основы природопользования : учебник / Т. П. Трушина. - 5-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 407 с. - (Среднее проф. образование). – ISBN 978-5-222-14306-3

Протасов, В. Ф. Экологические основы природопользования: учебное пособие для ср. проф. обр.; рек. ФИРО / В. Ф. Протасов. - М. : Альфа-М ; М. : Инфра-М, 2013. - 304 с. - (Профиль). – ISBN 978-5-98281-202-5. – ISBN 978-5-16-004111-7

Мязитов, К. У. Экология и природопользование: учебное пособие /К. У. Мязитов, Н. А. Мосиенко. - М.: Научная книга, 2002. - 242 с. – ISBN5-93888-160-9

Кавешников, Н. Т. Управление природопользованием: учебное пособие / Н. Т. Кавешников, В. Б. Карев, А. Н. Кавешников. - М.: КолосС, 2006. - 359 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 5-9532-0361-6