

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Департамент мелиорации

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский институт
систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга"
(ФГБНУ ВНИИ "Радуга")**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ
СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Коломна 2016

УДК 631.347

Авторский коллектив:

д-р с.-х. наук, профессор **Г.В. Ольгаренко**, канд. техн. наук **С.С. Турапин**,
канд. техн. наук **А.А. Терпигорев**, **А.В. Грушин**, **С.А. Гжибовский**

Методические указания по применению технологий и техники синхронного импульсного дождевания при реконструкции и модернизации оросительных систем. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2016. – 44 с.

ISBN

Методические указания по реконструкции и модернизации оросительных систем с использованием технических средств синхронного импульсного дождевания разработаны Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга" на основе анализа сложившейся производственной базы типовых проектов орошаемого земледелия, по которым осуществлялось строительство оросительных систем для дождевальной техники типа ДДН-70, ДДН-100, ДДА-100МА, результатов исследования технологии и средств механизации производственных процессов, а также на основе изучения и обобщения опыта реконструкции действующих систем, проектирования, строительства и эксплуатации новых систем, в том числе с поточно-цеховой системой производства молока.

При разработке рекомендаций использованы материалы ВНИИ "Радуга" по оптимизации поливной техники комплексу машин для орошения и других организаций. Методические указания рассчитаны на руководителей и специалистов хозяйств, проектных и строительных организация, связанных с реконструкцией орошаемых земель.

Рассмотрены и одобрены

(протокол № от г.).

УДК 631.347

ISBN

© Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Общие положения	5
2. Оценка оперативной диагностики деградации мелиорированных почв для обоснования мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия при реконструкции оросительных систем	5
3. Мониторинг показателей и предложения повышения технического уровня оросительных систем при реконструкции	6
4. Оценка технического состояния оросительных систем, выбор способов и технологий реконструкции	6
5. Особенности технологии импульсного дождевания	6
6. Условия применения систем синхронного импульсного дождевания..	21
7. Технологические средства и элементы системы синхронного импульсного дождевания	22
8. Описание комплекта синхронного импульсного дождевания, принцип работы и проектирования	26
9. Разработка технологических схем реконструкции оросительной сети под технологию синхронного импульсного дождевания	31
9.1 Технологическая схема реконструкции модуля сети под ДДН-70	31
9.2 Технологическая схема реконструкции модуля сети под ДДН-100	32
9.3 Технологическая схема реконструкции модуля сети под ДДА-100МА ...	34
10. Методика оценки эколого-экономической эффективности строительства и реконструкции оросительных систем с применением функциональных технологических модулей импульсного дождевания	36
Список использованных источников	36
Приложение 1. Поливной модуль с синхронно-импульсными дождевателями	38

ВВЕДЕНИЕ

Техника и технология полива оказывают решающее влияние на качество водораспределения, регулирования водного режима, подачи воды и элементов питания растениям, а, следовательно, на степень использования почвенно-климатических, материально-технических, энергетических ресурсов и экологическое состояние окружающей среды при обеспечении стабильной урожайности сельскохозяйственных культур.

Необходимо ориентироваться на создание технологий орошения, более тесно увязанных с конкретными агроландшафтами и природно-климатическими условиями районов, где будет производиться реконструкция и строительство оросительных систем для производства растениеводческой продукции.

По сравнению с новым строительством реконструкция (модернизация) позволяет при сравнительно небольших затратах и в более короткие сроки значительно поднять производительность и улучшить условия труда оператора, повысить отдачу имеющихся фондов.

Наибольший эффект реконструкция дает в тех случаях, когда она сопровождается расширением функциональных возможностей для данных условий, совершенствованием технологии орошения, применением высокопроизводительных машин, автоматизации процесса, прогрессивных форм организации и оплаты труда.

Большинство систем орошения было построено в 70-80-е годы прошлого века. Имеют разную степень износа и устаревшее оборудование, что затрудняет реконструкцию и требует индивидуального подхода.

Настоящие Методические указания призваны помочь руководителям и специалистам хозяйств и проектных организаций в выборе рациональных объемно-планировочных и технологических решений реконструкции оросительных систем с применением модульных комплектов синхронного импульсного дождевания.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методические указания предназначены для модернизации и реконструкции водозатратных и экологически не безопасных дождевальных систем с переводом на технологии импульсного дождевания, в т.ч. на синхронное импульсное дождевание.

1.2. Настоящие методические указания рассматривают особенности технологий и технических средств для импульсного дождевания и условия их применения.

1.3. Назначение синхронного импульсного дождевания – непрерывное поддержание оптимальных водного, воздушного, питательного режимов почвы в соответствии с ходом суточного водопотребления и создания благоприятного микроклимата приземного слоя воздуха над орошаемым полем.

1.4. Методические указания по применению систем синхронного импульсного дождевания основываются на обобщенных экспериментальных и производственных данных апробации в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации и результатах проведения приемочных испытаний.

2. ОЦЕНКА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕГРАДАЦИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПОЧВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ И ВОСПРОИЗВОДСТВУ ПЛОДОРОДИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

2.1. При проведении системных мероприятий по вовлечению вышедших из сельскохозяйственного оборота земель сельскохозяйственного назначения, в т.ч. орошаемых, с целью увеличения ее продуктивности рекомендуется проведение оперативной диагностики деградации почв для обоснования комплексных мероприятий по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия [1].

3. МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

3.1. Для анализа и разработки технических заданий и проектов при проведении реконструкции, модернизации и технического перевооружения оросительных систем, обеспечения надежности их работы и повышения энергоэффективности рекомендуется проведение мониторинга показателей технического уровня оросительных систем, их анализа и дачи предложений по их повышению [2].

4. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, ВЫБОР СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

4.1. При разработке мероприятий по реконструкции и восстановлению работоспособности оросительных систем проводится контроль технического состояния оросительных трубопроводных сетей [3].

4.2. Устанавливаются проектные и практические характеристики технического состояния сети оросительной системы, показатели эксплуатационной надежности, подтвержденной протоколами измерений и обследований на напорные характеристики, герметичность, состояние наружного покрытия.

5. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

5.1. Импульсное регулирование подаваемой поливной нормы может быть применен практически при всех способах орошения [4]. С его применением в почве протекают процессы перемещения влаги в почве с наименьшим воздействием факторов, создаваемых при традиционных способах орошения, в т.ч. и при дождевании.

Увлажнение почвы при дождевании представляет собой неустановившийся процесс увлажнения при неполном водонасыщении. При импульсном дождевании подачу дождя осуществляют импульсами, чередующимися про-

должительными паузами, что не может, не отразится на характере переноса влаги в почве.

Особенности влагопереноса при импульсном дождевании состоят в том, что перемещение влаги в почве происходит не только в процессе проведения дождевания, как это имеет место при непрерывном дождевании, но и на протяжении пауз между импульсами подачи. Перемещение влаги в паузу в нижележащие слои почвы увеличивают емкость ее верхних слоев, что обеспечивает увеличение досточковых норм при проведении вегетационных поливов или позволяет непрерывно поддерживать влажность расчетного слоя почвы подачей норм в размерах суточной эвапотранспирации. Такая технология импульсного дождевания малыми нормами исключает потери воды на глубинные утечки при продолжительном поливе и обеспечивает поддержание влажного микроклимата надземной части растений, что во многом определяет повышение урожайности ряда сельскохозяйственных культур.

Влагоперенос на протяжении пауз способствует увеличению досточковой поливной нормы.

Если при импульсном дождевании поливную норму для конкретной зоны и вида сельскохозяйственных культур задавать в размере суточной эвапотранспирации, то из-за её ограниченной величины и малой интенсивности дождя сток не только не образуется, но создаваемая при этом влажность почвы позволяет аккумулировать дополнительную влагу, например от выпадения дождя после проведения полива. Практическая реализация такого режима импульсного дождевания достигается с применением комплектов КСИД-10 [5].

5.2. Работа систем импульсного дождевания основана на чередовании циклов «выплеск», когда происходит подача воды на орошаемую площадь, и «пауза», когда дождевание прекращается. Как правило, на системах синхронного импульсного дождевания (КСИД-10А) с аккумуляцией воды, «выплеск» – процесс кратковременный, составляет 1...5 с и происходит на всей орошаемой площади одновременно, а «пауза» значительно превышает длительность «выплеска».

На системах с автономно работающими дождевателями автоколебательного действия (АИД-1, КСИД-Р-1,0) «выплеск» и «пауза» происходят не одновременно на всей площади, а индивидуально на каждом пневмогидроаккумуляторе системы.

На системах импульсного дождевания (КИД-1) «выплеск» осуществляется поочерёдно по отдельным участкам орошаемой площади и программируется в диапазоне от 1 до 720 минут, «пауза» также программируется от 1 минуты. Здесь расход воды к орошаемому участку осуществляется непосредственно от напорной сети без его аккумуляции.

5.3. Технология импульсного дождевания (ИД) основана на «непрерывной» малоинтенсивной водоподаче синхронно водопотреблению и равной суммарному расходу воды на испарение с поверхности почвы и транспирации растений (0,1...1,0 л/с на 1 га). Водоподача осуществляется круглосуточно на протяжении всего термически напряжённого периода вегетации, прерывисто во времени с интервалами не менее 1...12 минут между выбросами воды в виде искусственного дождя практически одновременно всеми импульсными дождевателями на системах с комплектами синхронно-импульсного дождевания (КСИД), по времени заполнения импульсных дождевателей автоколебательного действия (АИД) и дифференцированно по времени и группам дождевателей с применением автоматизированных комплектов импульсного дождевания (КИД).

5.4. Технология синхронно-импульсного дождевания отличается от традиционного проведения вегетационных поливов диапазоном интенсивности водоподачи (U), сопоставляемой эвапотранспирации (E). При непрерывном поливе по А.Н.Костякову интенсивность водоподачи сопоставима с эвапотранспирацией $U \geq E$, а при проведении поливов по фазам вегетации растений превышает её в несколько раз $U = (50...250)E$.

Интенсивность и длительность водоподачи влияет на развитие растений и их урожайность, а также на параметры водопроводящей оросительной сети и её использование в течение поливного сезона. Интенсивность и длительность во-

доподачи по Э.А. Митчерлих влияет на прирост урожая (ΔY) пропорционально квадрату диапазона изменений относительной влажности от f_K' до f_H (В.Ф. Носенко, Е. Балабан, 2002)

$$\Delta Y^i = A - \frac{(f_K' - f_H')^2}{12} \quad (1)$$

где $(f_K' - f_H')$ – разность между конечной и начальной влажностью почвы; A – максимальный прирост (урожай) при оптимальных условиях.

Малая интенсивность водоподачи позволяет уменьшить ущерб при неравномерном распределении дождя, а также уменьшается ущерб от переувлажнения почвы при выпадении осадков непосредственно после проведения полива.

Диаметры трубопроводов систем импульсного дождевания, как и систем непрерывного орошения, меньше диаметров систем обычного дождевания на величину, равную корню квадратному из отношения норм восполнения суточной эвапотранспирации к суточной водоподаче при традиционном поливе

$$d_H = d_{TP} \cdot \sqrt{\frac{KE}{m_{TP} \cdot n}} \quad (2)$$

где d_H и d_{TP} – соответственно средние диаметры сети при импульсном и обычном дождевании;

E – суточная эвапотранспирация максимальная за период вегетации;

m_{TP} – поливная норма вегетационного полива максимальная за вегетацию;

K – коэффициент, определяющий увеличение нормы на эвапотранспирацию по надёжности работы системы и организационным причинам (1,1...1,3);

n – количество разовых подаваемых норм за сутки полива, определяемых по продолжительности их впитывания.

Предельное рассредоточение тока воды во времени и пространстве, исключение водооборота на системе ИД позволило снизить требуемую пропускную способность и диаметр трубопроводной сети последнего порядка до 1", одновременно повысив их загрузку во времени. Капиталоёмкость оросительных систем СИД существенно снижена (на 30...50 %), за счёт более полного ис-

пользования технологического оборудования во времени, а также отсутствия водооборота и водораспределительной арматуры.

Принцип предельного рассредоточения поливного тока на стационарных системах импульсного дождевания (табл. 1) согласуется с чётко определившейся тенденцией совершенствования дождевальной техники в направлении снижения интенсивности дождевания и увеличения количества одновременно работающих дождевальных аппаратов и установок.

Таблица 1 – Данные сопоставления водопотребления культур и удельной водоподачи при использовании различной дождевальной техники

Техника полива	Величина удельной водоподачи, л/с на га	Отношение водоподачи к водопотреблению при $Q=0,5$, л/с на га
Дождевание в движении короткоструйными насадками для ДДА-100М при длине бьефа 100 м	80	160
Дождевание позиционное дальнотруйными насадками для ДДН-70 при работе по кругу	70	140
Дождевание позиционное среднеструйными насадками для машин «Волжанка»	45	90
Дождевание в движении среднеструйными насадками для машин «Фрегат»	50	100
Медленное дождевание	5...10	10...20
Импульсное дождевание	5...10	10...20
Синхронное импульсное дождевание	0,5	1

Наименьший диапазон отклонений влажности почвы от оптимального значения будет иметь место при интенсивности водоподачи (u), равной интенсивности водопотребления (ε) (табл. 2). Высокий уровень урожайности сельскохозяйственных культур достигается при поддержании влажности почвы без значительных отклонений от оптимального значения. При импульсном дождевании вода на орошаемый участок подаётся в полном соответствии с ходом текущего водопотребления сельскохозяйственных культур или среднесуточных дефицитов водопотребления, где потребность в воде соответствует удельному расходу установки – гидромодулю, который определяется по формуле

$$q = d_{ET} / 86,4 \quad (3)$$

где q – удельная потребность культуры в воде, л/(с·га); d_{ET} – дефицит суточного водопотребления, м³/га.

Интенсивность дождя современных установок не должна превышать допустимую, характерную для типа почв, уклона, растительности и пр. (табл. 3).

Таблица 2 – Удельная потребность в оросительной воде для различных природно-климатических зон в среднесухой год (вероятность превышения $P=75...80\%$)

Природная зона	Коэффициент увлажнения k_u	Севообороты	Расчётная потребность в оросительной воде (нетто)		Оросительная норма, м ³ /га
			м ³ /(га·сут)	л/(с·га)	
Лесная	0,86...1,2	Зернокармливые и овощекормовые	30...35	0,35...0,40	1200
Лесостепная	0,51...0,86		35...50	0,41...0,55	2100
Степная	0,41...0,5		45...60	0,50...0,70	3100
Сухостепная	0,31...0,4		60...75	0,70...0,85	4000
Полупустынная	0,19...0,3		70...90	0,80...1,05	4800
Пустынная	0,05...0,18		80...100	0,90...1,15	5600

Таблица 3 – Допустимые значения средней интенсивности дождя, мм/мин

Почвы	Уклон							
	0...0,05		0,05...0,08		0,08...0,12		>0,12	
	с культурой	без культуры						
Песчаные	0,85	0,85	0,85	0,64	0,64	0,44	0,42	0,21
Те же, с уплотнённой подпочвой	0,74	0,64	0,53	0,42	0,42	0,32	0,32	0,17
Лёгкие супесчаные	0,74	0,42	0,53	0,34	0,42	0,25	0,32	0,17
Те же, с уплотнённой подпочвой	0,53	0,32	0,42	0,21	0,32	0,17	0,21	0,13
Среднесуглинистые	0,42	0,21	0,34	0,17	0,25	0,13	0,17	0,09
Те же, с уплотнённой подпочвой	0,25	0,13	0,21	0,11	0,17	0,07	0,13	0,04
Тяжёлые суглинки и глины	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05	0,034	0,04	0,025

Дождевание должно проводиться до фазы перехода безнапорной стадии впитывания в напорную, когда скорость и количество поглощенной воды значительно уменьшается, что говорит о нецелесообразности дождевания после образования стока. Кроме этого следует учитывать, что при образовании стока ухудшается структура почвы, образуется почвенная корка и происходит эрозия, что также нежелательно. Системы импульсного дождевания наилучшим образом устраняют эти недостатки. Интенсивность дождя, влияет на процесс впитывания воды в почву и определяет поливную норму. Зная интенсивность дождя и время полива до появления луж, можно определить поливную норму при поливе дождеванием:

$$m_g = 10it, \quad (4)$$

где m_g – допустимая поливная норма, м³/га.

Средняя интенсивность при этом определяется по формуле

$$P_{cp} = \frac{60Q}{F}, \quad (5)$$

где Q – расход воды дождевальным устройством, л/с; F – площадь увлажнения, подвергающаяся поливу устройством, м².

Приведённые данные убедительно доказывают перспективность импульсного дождевания, особенно синхронного импульсного дождевания.

5.5. Отличительной особенностью технологии ИД является её малоинтенсивное длительное воздействие на почву, позволяющее поддерживать её влажность в слое активного влагообмена на оптимальном уровне (80...85 % НВ) без значительных колебаний от верхнего (100 % НВ) до нижнего (60...70 %НВ) пределов свойственных традиционным технологиям. Протекающие при этом в почве процессы не носят стрессовый, разрушающий её структуру, характер и проходят в благоприятных для формирования плодородия условиях по поддержанию оптимальной влажности и аэрации. Капиллярное давление влаги в почве находится на минимальном пороге от –5 до –10 кПа, не требующем высоких энергетических затрат при потреблении растениями из почвы влаги и элемен-

тов питания. Технология ИД позволяет поддерживать увлажнение в оптимальном диапазоне в течение всего вегетационного периода (рис. 1).

Технология ИД – экологически безопасна. Малоинтенсивная водоподача полностью исключает образование на поверхности почвы луж и почвенной эрозии, в том числе при сложном рельефе местности. Малый диапазон изменения влажности почвы создаёт условия, исключающие перенос солей в верхние горизонты и их засоление.

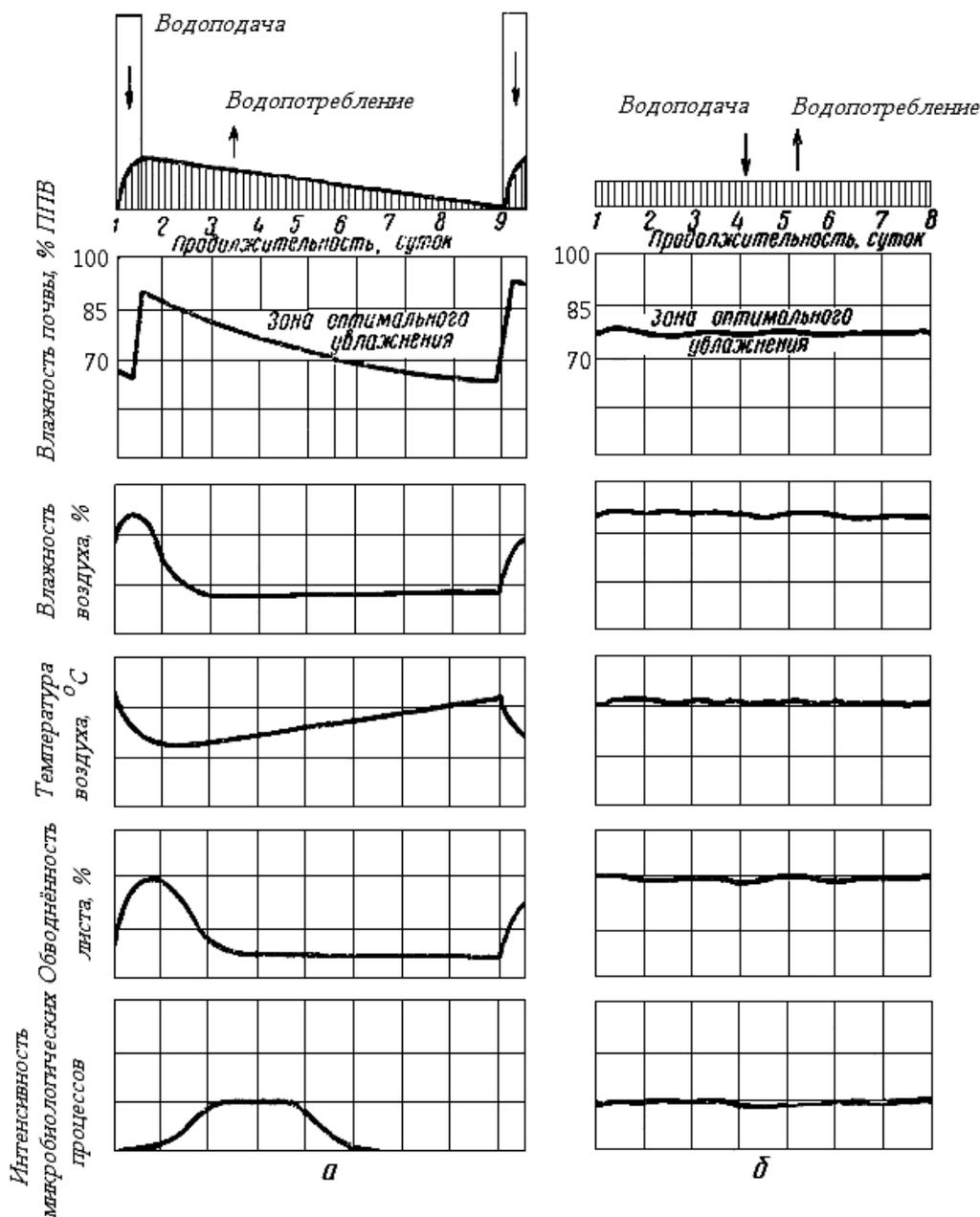


Рисунок 1 – Характер изменения факторов, влияющих на рост и развитие растений при обычном (а) и синхронном импульсном (б) дождевании

Поддержание влажности почвы на определённом уровне без доведения её до верхнего предела создаёт возможность аккумуляции части естественных осадков в слое активного влагообмена. Коэффициент продуктивности использования естественных осадков при этом в гумидной зоне повышается на 20...25 %. Более продуктивное использование естественных осадков позволяет снизить оросительную норму.

Длительное направленное воздействие на микроклимат приземного слоя воздуха за счёт импульсного выброса одновременно из всех дождевателей струй рассредоточенного во времени (через каждые 1...12 минут) повышает влажность воздуха в термически напряжённые периоды суток на 10...20 %, а температуру снижает на 1...3 °С. Амплитуда колебаний этих параметров в суточном цикле значительно уменьшается. Создаются микроклиматические условия для активизации процесса фотосинтеза растений на протяжении всего дневного периода суток без его спада в жаркие часы суток, как это имеет место при традиционном дождевании (рис. 2). Повышенная влажность воздуха уменьшает испарение с поверхности почвы. Технология СИД создаёт уникальную возможность борьбы с атмосферной засухой, суховеями и заморозками; длительное направленное воздействие непосредственно на надземную часть растений за счёт импульсного выброса струй дождевальными аппаратами кругового действия и периодического через 0,5...1,0 часа смачивания листьев растений способствует очищению поверхности листьев, регулирует их температуру, создаёт оптимальные условия для внекорневого питания растений.

По воздействию на микроклиматические факторы среды импульсное дождевание занимает одно из первых мест. Очень незначительное воздействие на микроклимат оказывают капельное, внутрипочвенное, поверхностное орошение (микроклиматический коэффициент $K_{\text{МК}}$ составляет 0,05...0,2); интенсивное, но кратковременное воздействие оказывают традиционные технологии периодического дождевания ($K_{\text{МК}}=0,25...0,5$); малоинтенсивное длительное воздействие оказывают прерывистое и синхронное импульсное дождевание ($K_{\text{МК}}=0,55...0,75$); длительное, почти полностью контролируемое воздействие на

микроклимат ($K_{MK} \approx 0,9$) достигается при аэрозольном увлажнении, в том числе в условиях закрытого грунта.

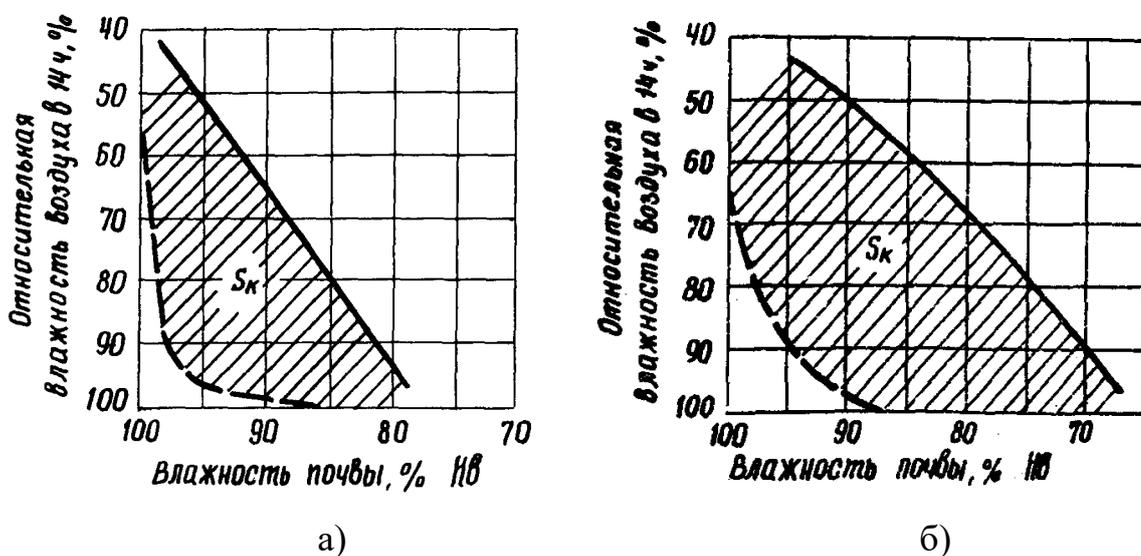


Рисунок 2 – Зона комфортных для культуры чая (а) и плодовых насаждений (б) уровней влагосодержания в почве и приземном слое воздуха

5.6. Оборудование ИД даёт возможность реализовать принципиально новую технологию «непрерывного» внесения вместе с поливной водой слабоконцентрированных макро- и микроудобрений, средств химизации путём дозированного ввода их централизованно в голову системы или дифференцированно по площади с вводом непосредственно у импульсных дождевателей.

Производственная апробация СИД прошла в широком диапазоне климатических поясов от Ивановской области на севере до Молдавии, Крыма, Закавказья и республик Средней Азии на юге, где дефицит водопотребления находится в пределах от 1 до 10 тыс. м³ на 1 га, а также в Болгарии.

Прибавка урожая на участках СИД по сравнению с традиционным дождеванием при одинаковой оросительной норме составила: на многолетних и однолетних травах – 35 %; чая – 30 %; плодов и ягод – 15...30 %; овощей – 30...50 %; сахарной свёклы – 30...35 %; кормовой свёклы – 37 %.

В горных условиях на участках с уклоном до 10...30° (Таджикистан), ранее не орошаемых, получены высокие урожаи трав (более 1000 ц/га зелёной массы) с сенокосных угодий. В плодо- и лесопитомниках Казахстана достигнута высокая приживаемость (до 85 %) черенков и саженцев, против 46...60 % на контроле.

Сравнительная оценка способов орошения сои, проведенная Болгарскими специалистами, показала, что по сравнению с её возделыванием на богаре (урожай зерна 28 ц/га, соломы 32,0 ц/га) при импульсном дождевании урожай соответственно составил 44,3 ц/га и 38,7 ц/га, при обычном дождевании – 38,6 и 35,3 ц/га и при поверхностном поливе – 36,9 и 37,0 ц/га.

Практические данные подтвердили теоретические предпосылки повышения урожайности растений при переходе от периодического традиционного к непрерывному малоинтенсивному орошению. Прибавка урожая при синхронно-импульсном дождевании по сравнению с традиционным достигает 20...30 % и более. При этом снижаются и затраты воды на единицу продукции (рис. 3).

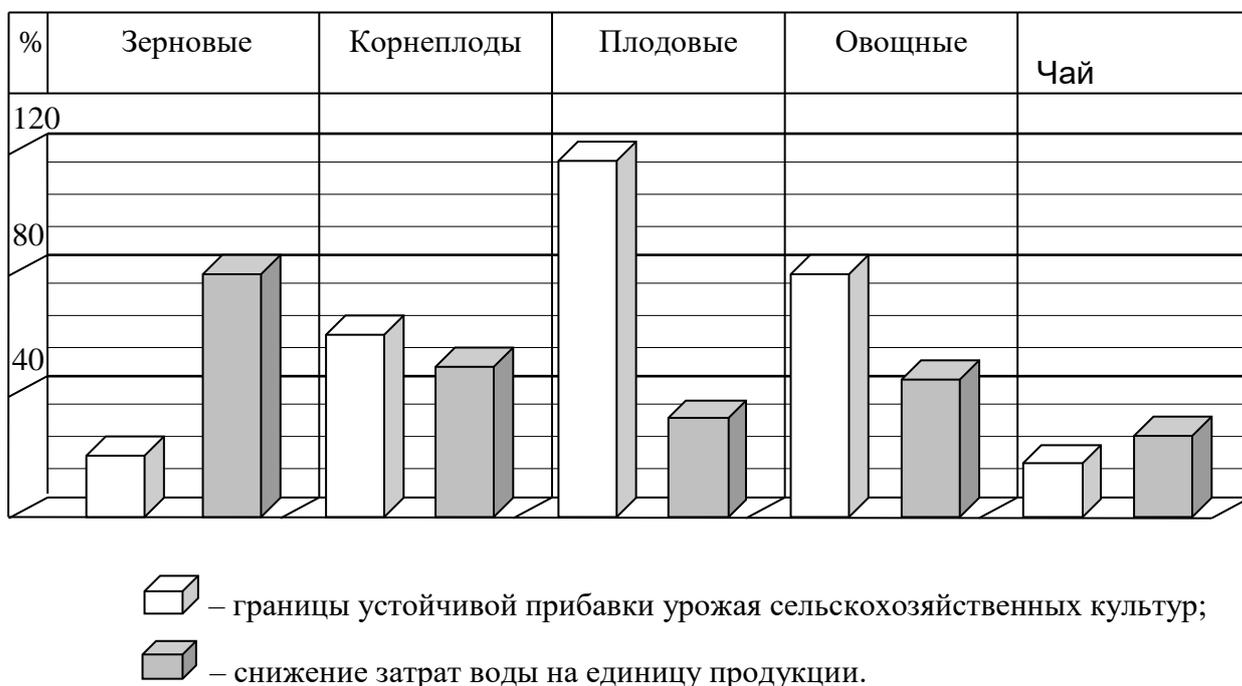


Рисунок 3 – Агробиологическая эффективность синхронно-импульсного дождевания при возделывании сельскохозяйственных культур в различных регионах стран СНГ

5.7. Режим орошения культуры

Расчёт импульсного дождевания проводят по уравнению водного баланса с использованием существующих рекомендаций и накопленного опыта.

Расчёт затрат воды на эвапотранспирацию проводят по зависимости

$$ET = K_t \cdot \sum t_i \quad (6)$$

где ET – эвапотранспирация, м³/га;

K_t – биофизический коэффициент, определяющий расход влаги за расчётный период на каждый 1 °С, м³/га на 1 °С;

Et_i – сумма суточных температур за этот же период, °С.

Параметры K_t и Et_i определяют по данным метеостанций или с использованием существующих рекомендаций (табл. 4).

Оросительную норму импульсного дождевания определяют по зависимости

$$M = E - P_0 - \Delta W + E_0 \quad (7)$$

где E – суммарное испарение, мм;

P_0 – количество выпадающих осадков, мм;

ΔW – запас влаги в почве, мм;

E_0 – испарение с поверхности почвы, мм.

Поливную норму при синхронно-импульсном дождевании рассчитывают по формуле

$$m = \Delta E_v \cdot T_n \cdot K_n \quad (8)$$

где ΔE_v – средний дефицит водопотребления за расчётный период, мм/сут;

T_n – продолжительность расчётного периода, сут.;

K_n – коэффициент, учитывающий затраты воды на смачивание листьев, на формирование микроклимата, снос влаги за пределы орошаемого участка.

Таблица 4 – Биофизические коэффициенты (K_t м³/га на 1 °С) для расчёта водопотребления садовых культур и виноградников

Месяцы	Декады	Сельскохозяйственные культуры							
		Виноградники возраста более 3-х лет	Сады	Лимоны					
				Тип укрытий					
				наземный		траншейный			
				Возраст					
4 года	5 лет	6 лет и более		3 года	4 года				
Март	1	-	-	1,05	1,19	1,20		0,40	0,52
	II	-	-	1,15	1,32	1,41		0,50	0,62
	III	-	-	1,25	1,45	1,64		0,65	0,78
Апрель	1	-	-	1,28	1,48	1,65		0,77	0,83
	II	-	-	1,29	1,48	1,65		0,87	0,99
	III	-	-	1,30	1,54	1,66		0,95	1,01
Май	1	-	-	1,38	1,70	1,70		1,03	1,15
	II	-	-	1,47	1,80	1,98		1,05	1,20
	III	-	-	1,54	1,90	2,11		1,13	1,25
Июнь	1	-	1,57	1,85	2,09	2,32		1,20	1,30
	II	2,43	1,82	2,0	2,37	2,51		1,25	1,41
	III	2,44	1,88	2,20	2,58	2,78		1,30	1,60
Июль	1	2,34	1,91	2,25	2,72	2,93		1,35	1,89
	II	2,30	1,92	2,35	2,85	3,25		1,45	1,92
	III	2,20	1,93	2,36	2,75	3,10		1,40	1,81
Август	1	2,16	1,95	2,35	2,68	3,05		1,38	1,71
	II	2,11	1,96	2,22	2,66	2,92		1,35	1,62
	III	2,09	1,81	2,21	2,67	2,78		1,35	1,60
Сентябрь	1	2,02	1,76	2,18	2,41	2,42		1,30	1,52
	II	1,82	1,10	2,17	2,22	2,30		1,25	1,50
	III	1,59	1,05	2,08	2,11	2,16		1,22	1,47
Октябрь	1	-	-	1,90	2,0	2,10		1,20	1,40
	II	-	-	1,76	1,95	2,0		1,15	1,31
	III	-	-	1,65	1,85	1,9		1,1	1,24
Ноябрь	1	-	-	1,45	1,54	1,58		1,05	1,18
	II	-	-	1,20	1,25	1,28		0,95	1,04
	III	-	-	-	-	-		0,85	0,98

Эксплуатационную поливную норму рассчитывают с учётом эксплуатационных показателей комплектов импульсного дождевания и организации проведения полива. Проведение полива может осуществляться с перерывами организационного характера (ремонт сети, насосной станции, выходной день и т.п.) и достигать суток.

Снижение водоподачи по организационным причинам, рассчитанную по формуле 6 учитывают коэффициентом $k_s = 1,4$.

$$m = \Delta E_v \cdot T_n \cdot K_n \cdot k_s \quad (9)$$

где k_3 – организационный коэффициент увеличения водоподачи.

Для синхронно-импульсного дождевания расчетный, поддерживаемый ежедневно, порог влажности почвы определяют по уравнению

$$\beta_{расч} = K_\beta (\beta_{НВ} - \beta_0) \quad (10)$$

где $\beta_{НВ}$ – влажность почвы, соответствующая наименьшей её влагоёмкости, %НВ;

β_0 – допустимый порог иссушения почвы в % НВ принимаемый по обычному дождеванию в диапазоне 0,50...0,85 в зависимости от водно-физических свойств, вида сельскохозяйственной культуры и фазы её развития;

K_β – коэффициент рекомендуемого уровня влажности при импульсном дождевании, принимаемый для песчаных почв – 0,4 и глинистых – 0,6 .

Норма водоподачи за расчётный период (за декаду) определяют по уравнению

$$m = \Delta E_v \cdot T_n \cdot K_n \quad (11)$$

где ΔE_v – средний дефицит водопотребления за расчётный период, мм/сут;

T_n – продолжительность расчётного периода, сут.;

K_n – коэффициент, учитывающий затраты (расход) воды на формирование микроклимата, снос ветром (U_B) и смачивание надземной поверхности растений (U_{CM}), определяется уравнением:

$$K_n = 1 + 0.01 \cdot (U_v + U_{CM}), \quad (12)$$

где U_v – затраты воды на формирование микроклимата и снос влаги ветром зависят от погодных условий и по методике ВНИИГиМ определяются уравнением

$$U_v = A \cdot t \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot (1 + C \cdot V_g) \quad (13)$$

где A – энергетический коэффициент, равный 2,07;

t – температура воздуха, °С;

P – относительная влажность воздуха, %;

C – эмпирический коэффициент, равный 0,26 см/м;

V_V – скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

U_{CM} – затраты воды на смачивание листовой поверхности, зависит от вида орошаемых культур, фазы развития и принимается от 15 % в начале вегетации до 24 % – во второй половине вегетации, для садов – 17...29 мм.

Расчётный удельный расход воды (гидромодуль) при импульсном дождевании определяется по формуле:

$$q = \frac{m}{8.64 \cdot T \cdot K_{CUT} \cdot K_a} \quad (14)$$

где m – норма водоподачи за расчётный период, мм;

T – продолжительность расчётного периода, сут.;

K_{CUT} – коэффициент использования времени при круглосуточной работе принимается равным 0,85...0,90;

K_a – коэффициент, учитывающий периодическую остановку работы комплекта (агротехнические работы, обработка растений и т.п.), изменяющийся от 0,8 до 0,95.

Расчётный расход системы для подбора водоподачи насосной станции (Q_p) вычисляется по формуле:

$$Q_p = \frac{q_{max} \cdot \omega_{HT}}{\eta}, \quad (15)$$

где q_{max} – максимальная ордината графика гидромодуля, л/с на 1 га;

η – коэффициент полезного действия оросительной сети, принимается от 0,95 до 0,98;

ω_{HT} – площадь нетто орошаемого участка, га.

Порядок расчёта режима орошения приведён в "Руководстве по проектированию систем синхронного импульсного дождевания" [6] и пособии к СНиП 2.06.03-85 [7].

Оптимальный режим поддержания влажности почвы зависит от свойств почвы, орошаемой культуры и фазы её развития. Например, для люцерны эти показатели приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Оптимальная влажность для произрастания люцерны

Культура	Влажность расчётного слоя почвы, % НВ	Суточная водоподача, м ³ /га	
		Фазы развития	
		отрастание	бутонизация
Люцерна	75 (с восполнением суточного испарения)	14...24	80...90

6. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

6.1. Наиболее эффективные условия применения синхронного импульсного дождевания – участки неправильной конфигурации со сложными рельефными условиями с уклонами до 0,3 в горных и предгорных районах, на маломощных почвах, подстилаемых сильно фильтрующими или практически нефилтующими грунтами для полива садовых насаждений, чайных плантаций, многолетних трав и других сельскохозяйственных культур, где применение других способов орошения нерационально.

6.2. Перспективными зонами для систем синхронного импульсного дождевания считаются в первую очередь районы Северного Кавказа, Алтая, южных областей России.

6.3. Вода, подаваемая в трубопроводную сеть для синхронного импульсного дождевания, должна удовлетворять следующим требованиям:

- размер твёрдых частиц не должен превышать 1,5 мм;
- содержание взвешенных частиц не более 5 г/л;
- минерализация не более 3 г/л.

При других показателях необходимо предусматривать мероприятия по дополнительной очистке воды.

6.4. Почвогрунты должны быть незасолёнными и незаболоченными.

6.5. При наличии на массиве орошения земель с минерализованными грунтовыми водами, в случае неблагоприятного оттока, следует составлять прогноз водно-солевого режима территории и при необходимости предусматривать соответствующие мероприятия. Так же нужно учитывать, что проведе-

ние промывного режима орошения с применением синхронного импульсного дождевания невозможно из-за очень маленькой водоподачи.

6.6. Организация территории под орошаемые многолетние насаждения осуществляется в соответствии с "Методическими указаниями по устройству территории многолетних насаждений" [8] и рекомендациями зональных институтов.

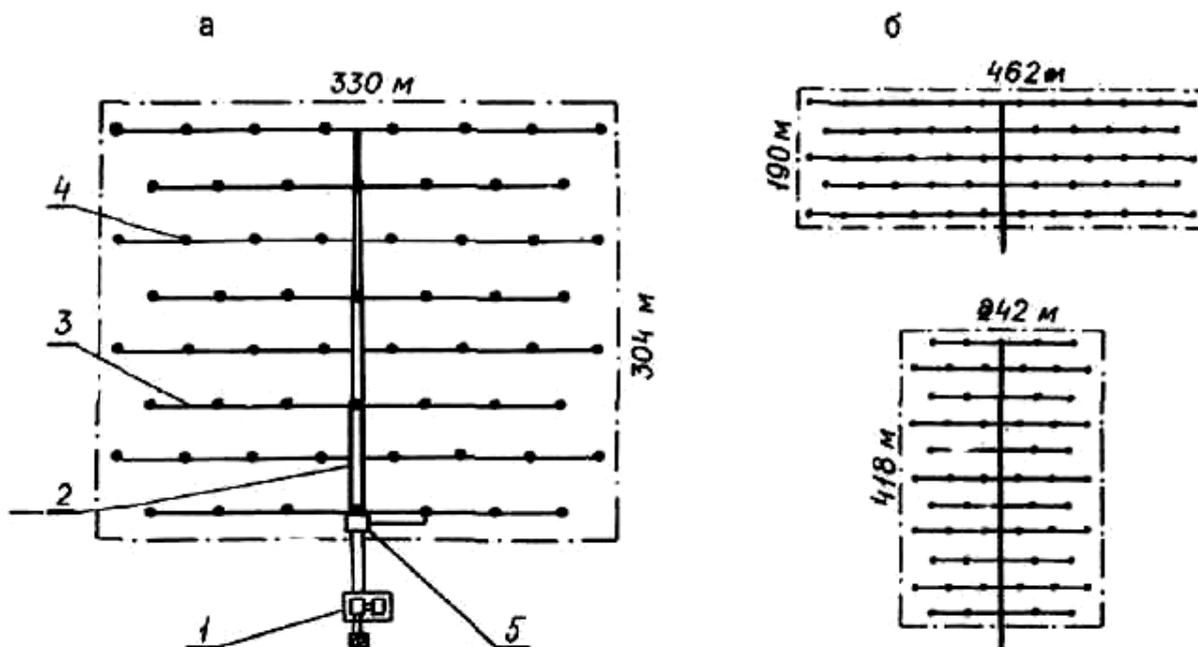
6.7. Стационарные и стационарно-сезонные системы синхронного импульсного дождевания являются автоматическими, обеспечивающими забор воды из источника, транспортировку и распределение на орошаемой площади в соответствии с потребностями растений без затрат ручного труда.

7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

7.1. Система синхронного импульсного дождевания состоит из модульных участков площадью до 10 га и включает следующие элементы: водозаборные сооружения, насосные станции, оросительную сеть, генераторы и усилители командных сигналов, импульсные дождеватели, линии связи, систему автоматизации управления поливом. Принципиальная схема модульного участка синхронного импульсного дождевания и ее возможные варианты представлены на рис. 4. Схема трубопроводной сети модульного участка синхронного импульсного дождевания площадью 10 га с ординатой гидромодуля $q=0,5-1$ л/с-га и уклоне $i = 0 - 0,2$ показана на рис. 5.

7.2. Системы синхронного импульсного дождевания проектируются стационарными и стационарно-сезонными.

7.3. Источником орошения могут быть реки, озера, водохранилища, обводнительные и оросительные каналы, подземные воды, а также отдельные категории хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод и животноводческие стоки, подготовленные в соответствии с требованиями нормативов ВНТП 01-98 [9], которые следует использовать только для полива кормовых культур.



а) - расчётная схема расположения оборудования; б) - возможная трансформация трубопроводной сети; 1 - насосный агрегат; 2 - распределительный трубопровод; 3 - поливные трубопроводы; 4 - импульсные дождеватели; 5 - управляющий узел.

Рисунок 4 – Принципиальные схемы комплекта синхронного импульсного дождевания КСИД-10А

7.4. Водозаборные устройства для систем синхронного импульсного дождевания должны обеспечивать подачу расчетных расходов в соответствии с графиком полива. Для создания напора в системах синхронного импульсного дождевания используются насосные станции, рассчитанные на обслуживание только одного модульного участка площадью до 10 га. Несколько блок-участков могут работать от одной насосной станции.

7.5. Оросительная сеть состоит из:

- магистрального трубопровода;
- распределительной сети и поливных трубопроводов с импульсными модифицированными дождевателями "ДИ-15".

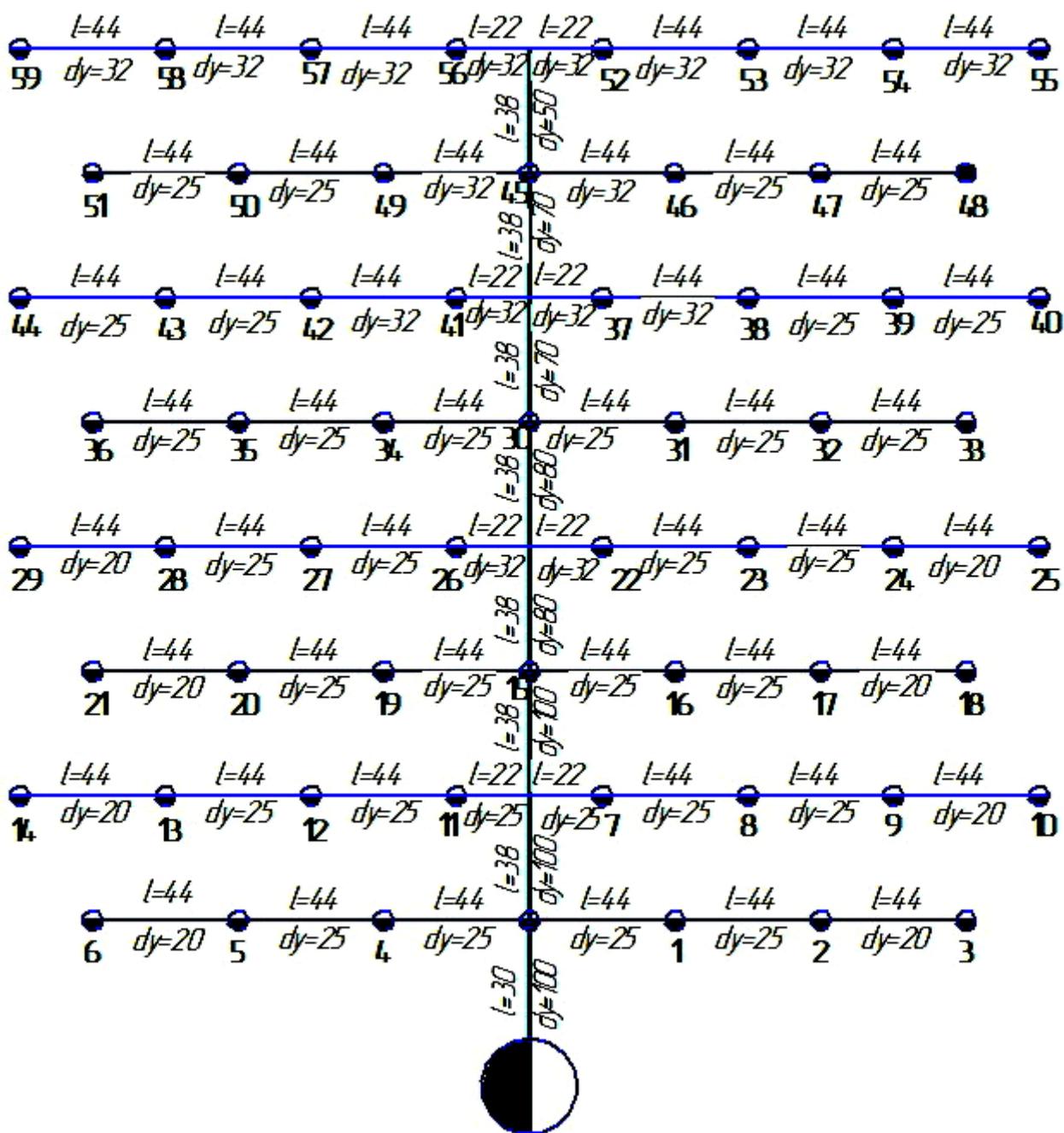


Рисунок 5 – Схема трубопроводной сети модульного участка СИД площадью 10 га для ординаты гидромодуля $q = 0,5...1,0$ л/с·га и уклоне $i = 0...0,2$

7.6. Расположение оросительной сети в плане определяется конфигурацией орошаемой площади, принятой организацией территории, рельефом местности, наличием линий электропередач и связи, лесополос, дорог и технико-экономическими показателями.

7.7. Модульный участок синхронного импульсного дождевания следует располагать с таким расчетом, чтобы перепады высот на нем не превышали 25 м. При превышении указанной величины модульный участок необходимо делить на ярусы. При этом каждый ярус должен иметь генератор или усилитель командных сигналов [7].

7.8. Оросительная сеть проектируется из стальных труб по ГОСТ 3262-75 [10] или ГОСТ 10704-76 [11] с подземной укладкой труб или полиэтиленовых труб тяжелого типа по ГОСТ 18599-2001 [12] для равнинных участков.

7.9. Поливные трубопроводы следует располагать преимущественно параллельно горизонталям местности. Длина поливных трубопроводов должна быть не более 250 м. Количество дождевателей на поливном трубопроводе должно быть не более 6 штук.

Распределительный трубопровод располагают, как правило, по уклону местности таким образом, чтобы установленный в начале его генератор командных сигналов находился в нижней точке участка, допускается превышение генератора командных сигналов над импульсными дождевателями не более чем на 10 м.

7.10. Импульсные дождеватели "ДИ-15" располагаются на оросительной сети по треугольной схеме или по квадрату. Расстояние между поливными трубопроводами (ℓ_r) и импульсными дождевателями (ℓ_{ug}) на них определяются по зависимостям

$$\ell_r = 1,5 \cdot \rho \cdot R \cdot \rho' \quad (16)$$

$$\ell_{ug} = 1,72 \cdot \rho \cdot R \cdot \rho' \quad (17)$$

где ρ – коэффициент сужения, зависящий от скорости ветра; ρ' – коэффициент сужения, зависящий от уклона; R – радиус действия импульсного дождевателя, равный 30 м.

Значение коэффициентов ρ и ρ' даны в таблицах 6 и 7.

7.11. Для обеспечения надежности работы система синхронного импульсного дождевания оборудуется запорно-регулирующей арматурой, устанавливаемой в колодцах.

Таблица 6 – Значение коэффициента сужения в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Коэффициент сужения расстояний между дождевателями и трубопроводами ρ
1	0,95
2	0,90
3	0,85
4	0,80

Таблица 7 – Значение коэффициента сужения ρ' в зависимости от уклона участка (данные исследований на Гиссарском полигоне)

Уклон поверхности земли	Коэффициент сужения ρ'
0,00...0,05	1,00
0,05...0,1	0,97
0,1...0,15	0,94
> 0,15	0,90

7.12. Комплект следует применять на массивах с уклонами до 0,2 и с ординатой гидромодуля до 1 л/с·га без установки регулятора давления.

7.13. Расчет системы должен предусматривать расчетное давление на входе в импульсный дождеватель, имеющий наименьшую геодезическую отметку, не превышающее допустимое – 1,25 МПа.

8. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ, ПРИНЦИП РАБОТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

8.1. Комплект оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-10А представляет собой автоматически действующую установку, позволяющую осуществлять принцип непрерывного орошения сельскохозяйственных культур.

8.2. Описание, работа, элементы проектирования изложены в "Методических рекомендациях по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания" [13] и "Проектирование оросительных систем синхронного импульсного дождевания (пособие к СНиП 2.06.03-85)" [7].

Техническая характеристика КСИД-10А

Площадь полива, га	до 10,0
Средний расход, л/с	10,0
Водоподача в сутки, м ³ /га	60...130
Рабочее давление импульсных дождевателей, МПа	0,60...0,30
Максимальное допустимое давление на входе в импульсный дождеватель, МПа	1,25
Число дождевателей	60
в т.ч. импульсных	59
Схема расстановки дождевателей	по треугольнику (квадрату)
Расстояние, м:	
между дождевателями	40...44
между линиями дождевателей	34...38
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	не более 0,02
Продолжительность рабочего цикла, мин.	90±30
Удельная протяженность трубопроводов, м/га	259,2
В том числе диаметром 20...32 мм	228,8
Масса оборудования, кг	4708-9600
Обслуживающий персонал, чел.	I на 4 комплекса

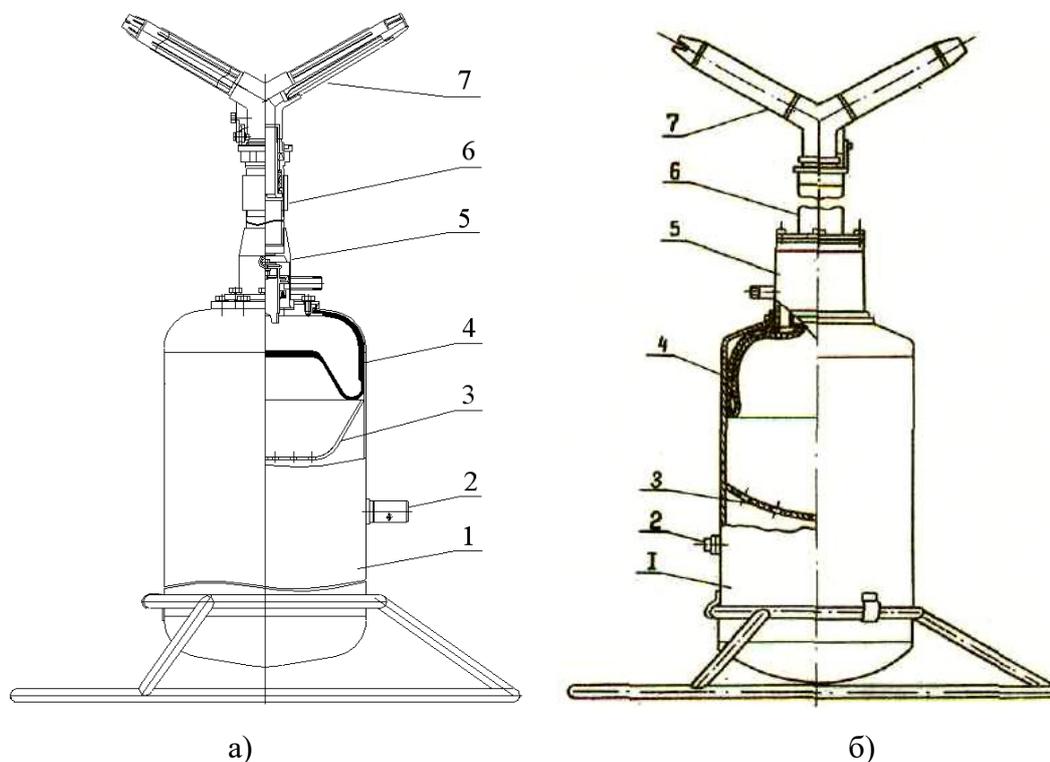
Примечание. Меньшее значение расстояний соответствует установке комплекса на большем уклоне участка орошения.

8.3. Модернизация элементов комплекта синхронного импульсного дождевания КСИД-10А:

8.3.1. Запорный орган дождевателя ДИ-15 возможно упростить и повысить надежность его работы использовав решение от запорного органа дождевателя комплекта КСИД-1.

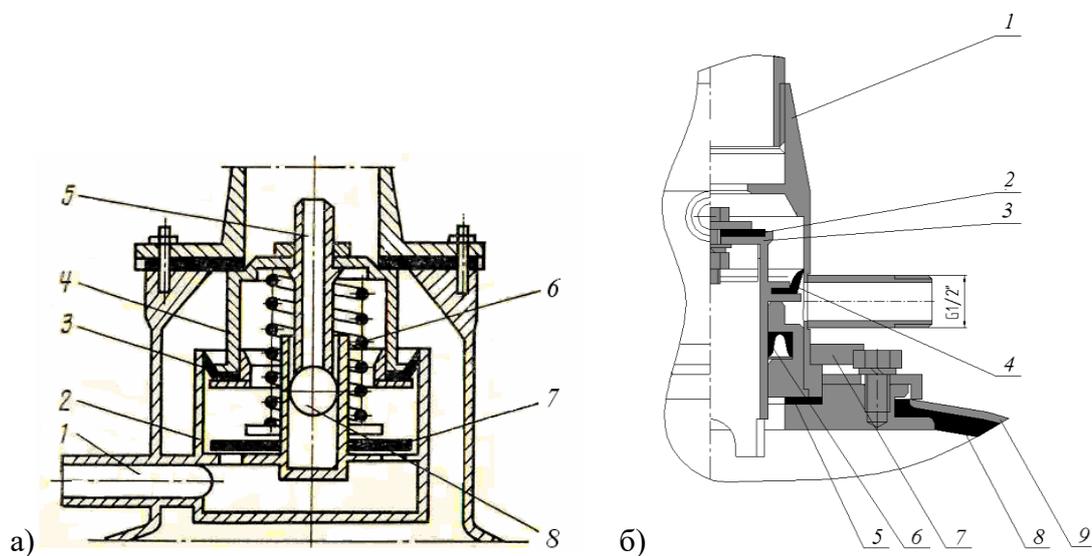
Импульсный дождеватель (рис. 6) комплекта КСИД-1 отличается от импульсного дождевателя ДИ-15 из комплекта КСИД-10А только упрощённой

конструкцией запорного органа (рис. 7). Резьбовое соединение запорного органа с баком заменено на фланцевое, что упрощает его разборку и замену при необходимости шаровой мембраны. С резьбовым соединением разборка через один-два года эксплуатации практически становится невозможной.



а – импульсный дождеватель комплекта КСИД-1; б – импульсный дождеватель комплекта КСИД-10А; 1 – пневмогидроаккумулятор; 2 – устройство для заполнения пневмогидроаккумулятора воздухом; 3 – перфорированный свод; 4 – эластичная шаровая мембрана; 5 – запорный орган; 6 – стояк; 7 – дождевальная насадка.

Рисунок 6 – Импульсный дождеватель

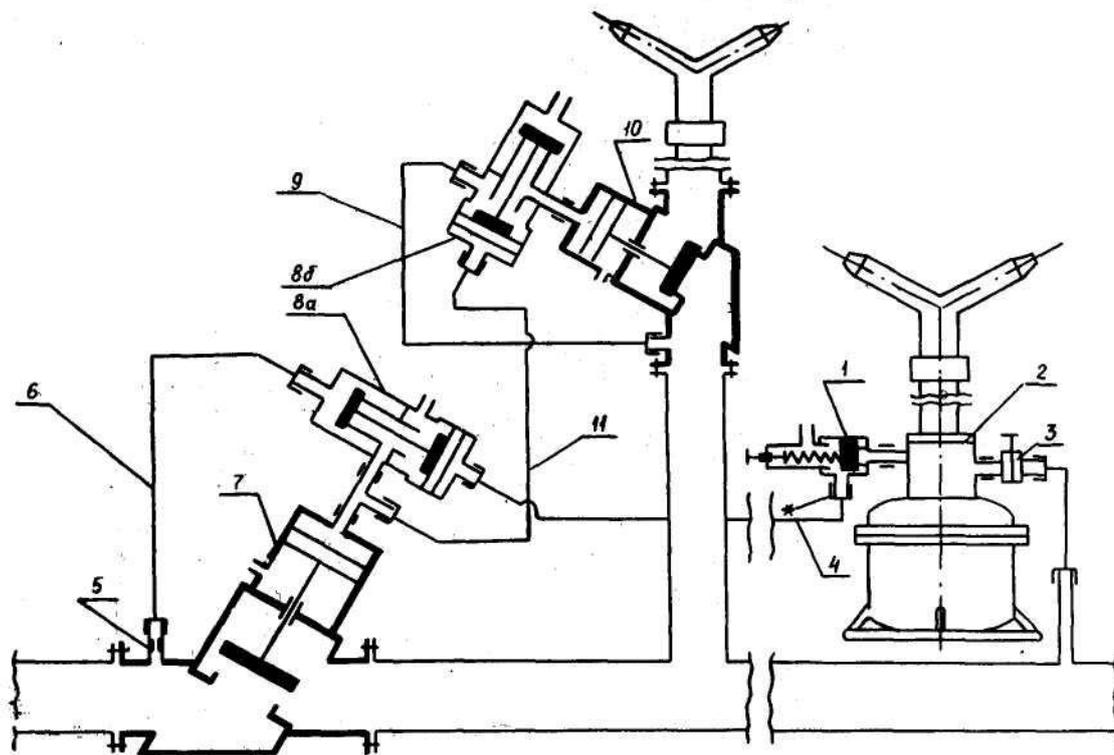


а) запорный орган дождевателя КСИД-10А: 1 – входной патрубок; 2 – цилиндрическая камера; 3 – манжета; 4 – поршень; 5 – сбросная трубка; 6 – пружина; 7 обратный клапан; 8 – клапан (запорный шарик); б) запорный орган дождевателя КСИД-1: 1 – корпус; 2 – уплотнение; 3 – клапан; 4, 5 – манжета; 6 – уплотнение; 7 – фланец; 8 – шаровая мембрана; 9 – корпус пневмогидроаккумулятора.

Рисунок 7 – Запорные органы импульсного дождевателя

8.3.2. Опыт эксплуатации оборудования КСИД-10А показал, что генератор командных сигналов можно упростить, исключив один регулятор давления и один клапан-распределитель. При этом сохраняется надежная работоспособность оборудования. Понижение давления в трубопроводной сети до определенной его величины осуществляется подбором сменных сопел дождевательных аппаратов генератора командных сигналов и командного импульсного дождевателя.

Упрощенный генератор командных сигналов с дождевальным аппаратом показан на рис. 8.



1 - регулятор давления; 2 - командный импульсный дождеватель; 3 - регулировочный дроссель; 5 - дроссель диаметром 4 мм; 7 - клапан запорный гидроуправляемый Ду 100; 8а, 8б - клапаны-распределители; 10 - клапан запорный гидроуправляемый Ду 50; 4, В, 9, П

Рисунок 8 – Схема генератора командных сигналов с дождевальным аппаратом (упрощенная)

Упрощенный генератор командных сигналов с дождевальным аппаратом также возможно модернизировать, применив вместо гидроуправляемых запорных клапанов электрогидроуправляемые клапана с программируемым таймером с автономным питанием (рис. 9).

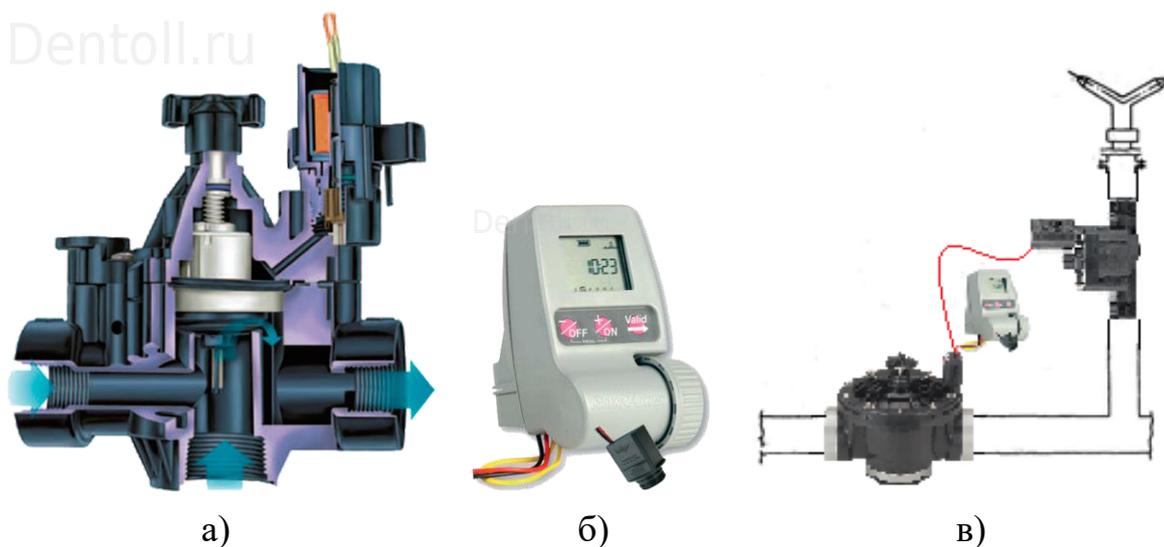
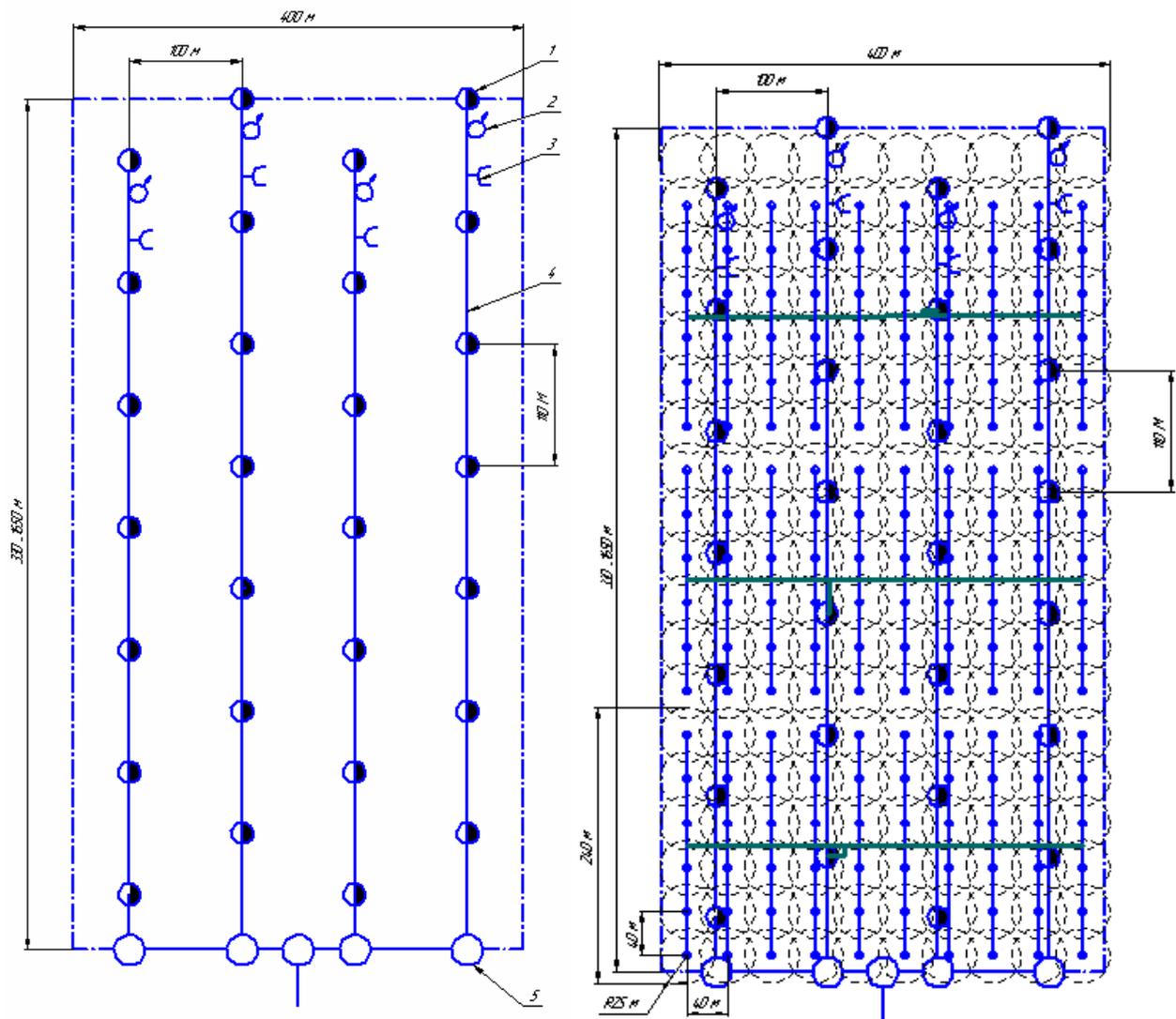


Рисунок 9 – Клапан электромагнитный 200-PGA 2" ВР с соленоидом 9V (а), контроллер WP1-AG (1 станция), работающий от батареек (б) и схема варианта генератора командных сигналов (в)

9. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПОД ТЕХНОЛОГИЮ СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

9.1. Технологическая схема реконструкции модуля сети ДДН-70

Поливной модуль дальнеструйного дождевального агрегата ДДН-70 с расстановкой по треугольной схеме, возможно, реконструировать с заменой на три комплекта синхронного импульсного дождевания КСИД-10А (рис. 10). При этом производятся земляные работы только для прокладки поперечных распределительных полиэтиленовых трубопроводов диаметром от 75 до 50 мм, общей длиной 1080 м. объем земляной выемки составляет 190...288 м³. Поливные полиэтиленовые трубопроводы диаметром 32...20 мм укладываются по поверхности почвы в ряды (междурядья) с промежутками 40 м и соединяются с распределительным трубопроводом через седелки и компрессионные фитинги. Схема расстановки дождевателей в вершинах квадрата 40x40 м. В каждый комплект входит 59 импульсных дождевателей и один провокационный аппарат с генератором импульсов, располагаемый в голове сети у гидранта.



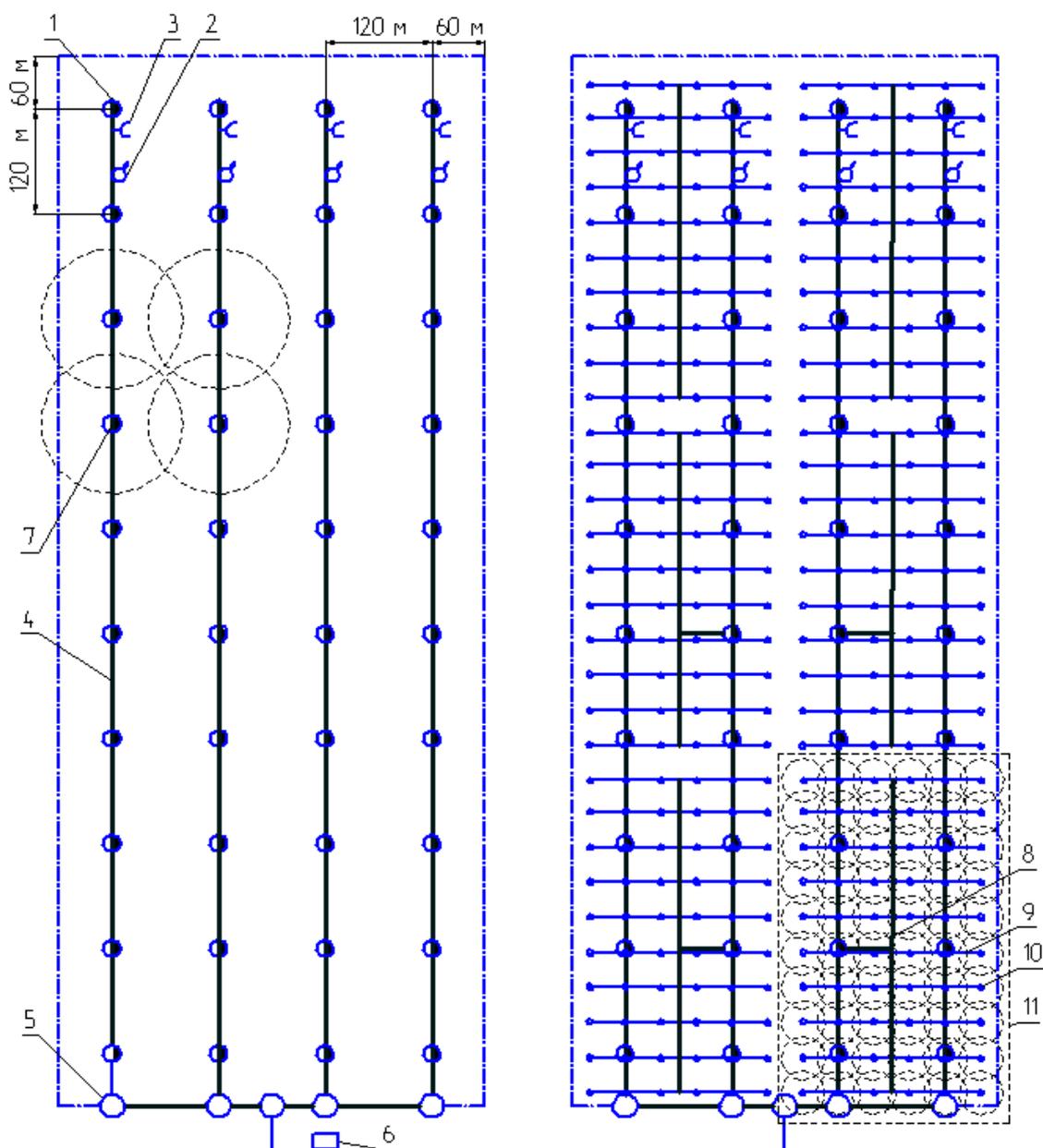
1 – гидрант; 2 – вантуз; 3 – противоударное устройство КЗГ-120; 4 – трубопровод асбестоцементный ВТУ 250х3950 тип I; 5 – колодец.

Рисунок 10 – Схема реконструкции модуля сети ДДН-70 под комплекты КСИД-10А

9.2. Технологическая схема реконструкции модуля сети ДДН-100

Поливной модуль навесного дальнеструйного дождевального агрегата ДДН-100 с расстановкой позиций в вершинах квадрата, с сетью из асбестоцементных труб, возможно, реконструировать с заменой на 6 комплектов КСИД-10А (рис. 11). Земляные работы производятся в минимальном объеме для прокладки распределительных полиэтиленовых трубопроводов диаметром 75...50 мм. Выемка земли осуществляется баровой грунторезной машиной (типа ЭЦУ-

150) шириной траншеи 270...410 мм, глубина 650 мм, общей длиной – 2320 м. Объем выемки грунта – 407...618 м³. Производительность при выемке грунта 1,6 км/ч.



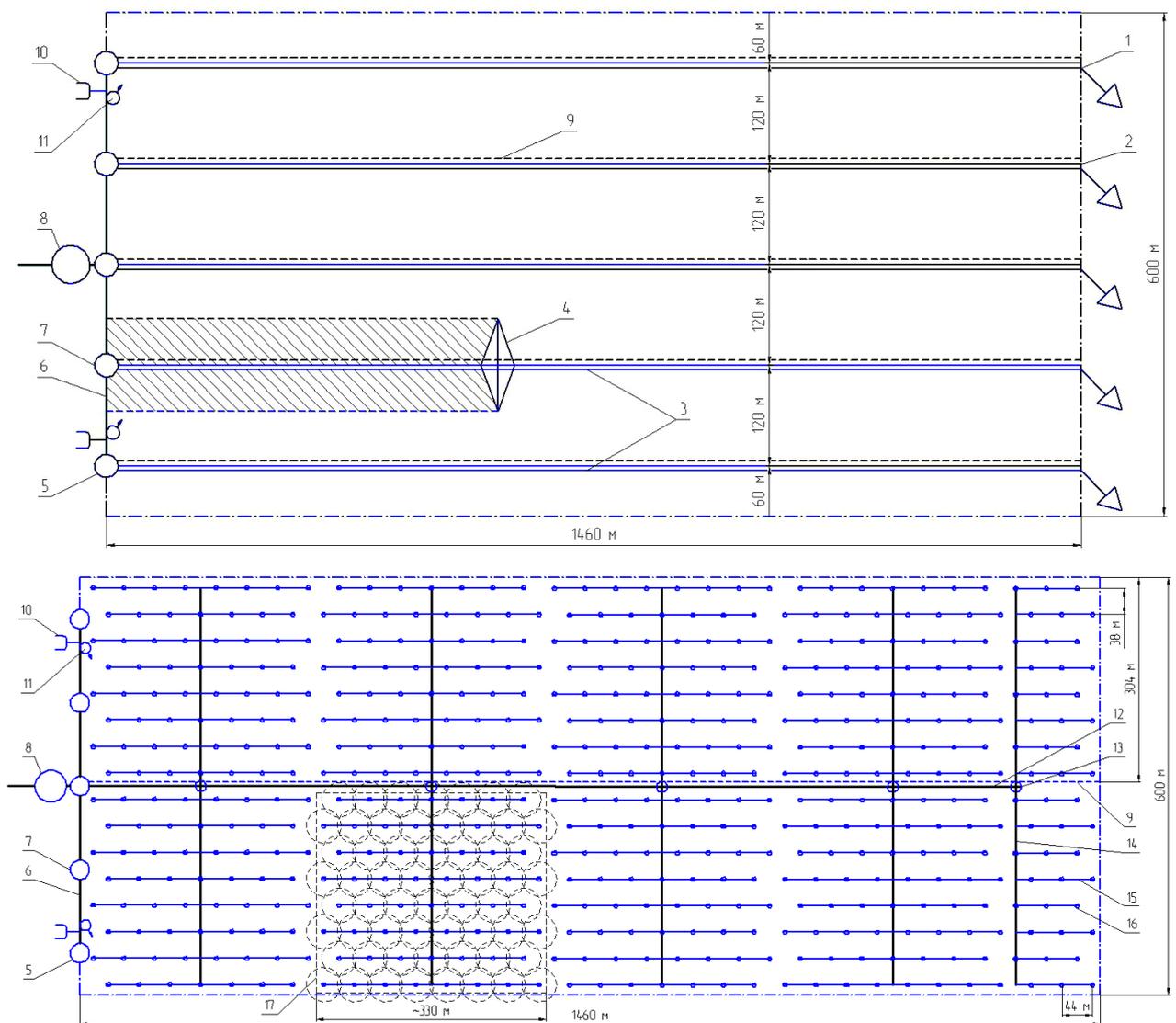
1 – гидрант; 2 – вантуз; 3 – противоударное устройство КЗГ-120; 4 – трубопровод асбестоцементный ВТУ 250х3950 тип I; 5 – колодец; 6 – гидроподкормщик; 7 – дождевальная машина ДДН-100; 8 – распределительный полиэтиленовый трубопровод подземного заложения; 9 – полиэтиленовый поливной трубопровод наземного расположения; 10 – импульсный дождеватель; 11 – модульный комплект КСИД-10А.

Рисунок 11 – Схема реконструкции модуля сети ДДН-100 под комплекты КСИД-10А

9.3. Технологическая схема реконструкции модуля сети ДДА-100МА

При реконструкции поливного модуля сети для ДДА-100МА с габаритными размерами 600x1460 м под поливной функциональный модуль КСИД-10А целесообразно применить схему расстановки импульсных дождевателей в вершинах треугольника. Понадобится провести подготовительные работы по демонтажу бетонного ложа каналов с монолитной бетонной облицовкой и засыпкой каналов с выравниванием и прикатыванием поверхности поля.

По длинной оси участка баровой грунторезной машиной типа ЭЦУ-150 отрывается траншея глубиной 0,9 м, шириной 0,41 м и длиной 1340 м. в соответствии с приведенной схемой (рис. 12) поперек участка отрывается еще 5 траншей длиной по 570 м (285мx2). В местах пересечения траншей экскаватором расширяются приямки для установки 5-ти железобетонных колодцев. На поперечных траншеях по схеме через каждые 38 м экскаватором проводят выемку грунта, расширяя траншею для работы человека по установке фитингов на трубопроводе. Общий объем выемки грунта на всей площади составляет 2070 м³. Вдоль траншеи раскладываются полиэтиленовые трубы, и производится их стыковая сварка, например, сварочным аппаратом ПРОТОФЮЗ с диаметром захвата 160 и 315 мм. Плетни сваренных труб укладывают на подготовленную, на дне траншеи песчаную подушку толщиной 10 см. В местах стыковки в колодцах к концам труб приваривается втулка с фланцем для установки запорной арматуры. На распределительных трубопроводах через 38 м устанавливаются седелки с отводами присоединительных труб для выхода на поверхность. После установки колодцев на магистральном трубопроводе и арматуры в них траншей засыпаются грунтом и выравнивается поверхность. Целесообразно прикатать узкую полосу над траншеей колесом (гусеницей) трактора для уплотнения грунта во избежание его дальнейшей осадки. Применение катка непрактично с точки зрения малой ширины траншеи. Дальнейшие работы связаны с раскладкой поверхностной поливной сети и установкой на ней импульсных дождевателей. Пример устройства поливного функционального модуля приведен в приложении 1.



1 – концевой сброс; 2 – труба асбестоцементная ВТ-6 ($D_n=500$ мм); 3 – канал с монолитной бетонной облицовкой (М); 4 – ДДА-100МА в агрегате с трактором ДТ-75М; 5 – гидрант концевой (63.21.2А32) (ТП 802-236); 6 – труба асбестоцементная ВТ ($D_n=350$ мм); 7 гидрант-водовыпуск (ТП 820-236); 8 – колодец 2500х2000х1800 (ТЛ911-09-1181): тройник ТФ350х350, патрубок ПФ ($D_n=350$ мм, $l=550$ мм), крест КФ350х350, патрубок ПФ ($D_n=350$ мм, $l=650$ мм), задвижка 30ч6бр ($D_n=350$ мм); 9 – эксплуатационная дорога; 10 - противоударное устройство КЗГ-120 ($D_n=100$ мм), металлоконструкция (ГОСТ 10704-76); 11 – вантуз ВП-350 (ТП 820-236), вантуз В6 ($D_n=50$ мм); 12 – магистральный трубопровод; 13 – колодец с запорной арматурой; 14 – распределительный трубопровод; 15 – поливной трубопровод; 16 – импульсный дождеватель; 17 – модульный комплект КСИД-10А.

**Рисунок 12 – Схема реконструкции модуля сети ДДА-100МА
под комплекты КСИД-10А**

10. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

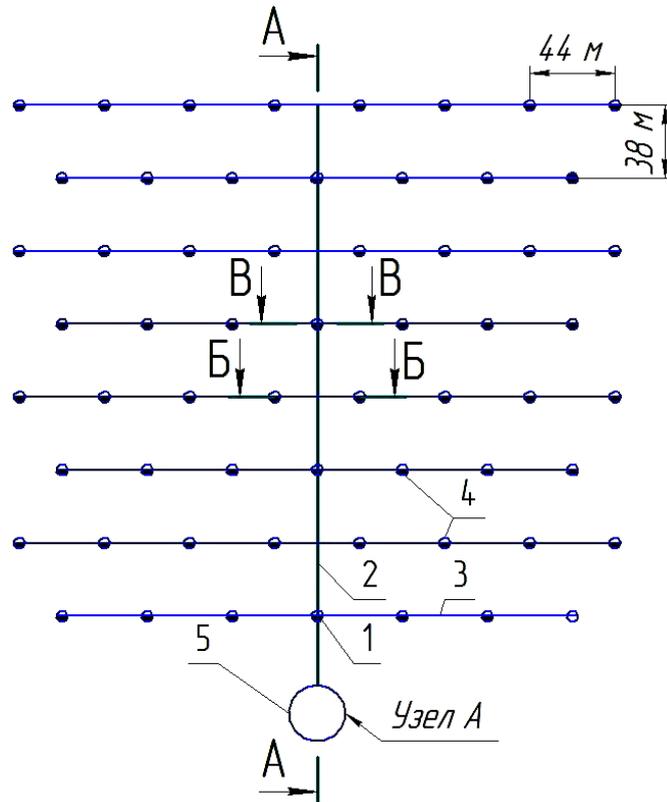
10.1. Для повышения качества работ и производительности труда, снижения себестоимости и сроков проведения работ по строительству, реконструкции и техническому перевооружению оросительных систем рекомендуется руководствоваться методикой оценки экономической эффективности мероприятий по реконструкции мелиоративных систем [14].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

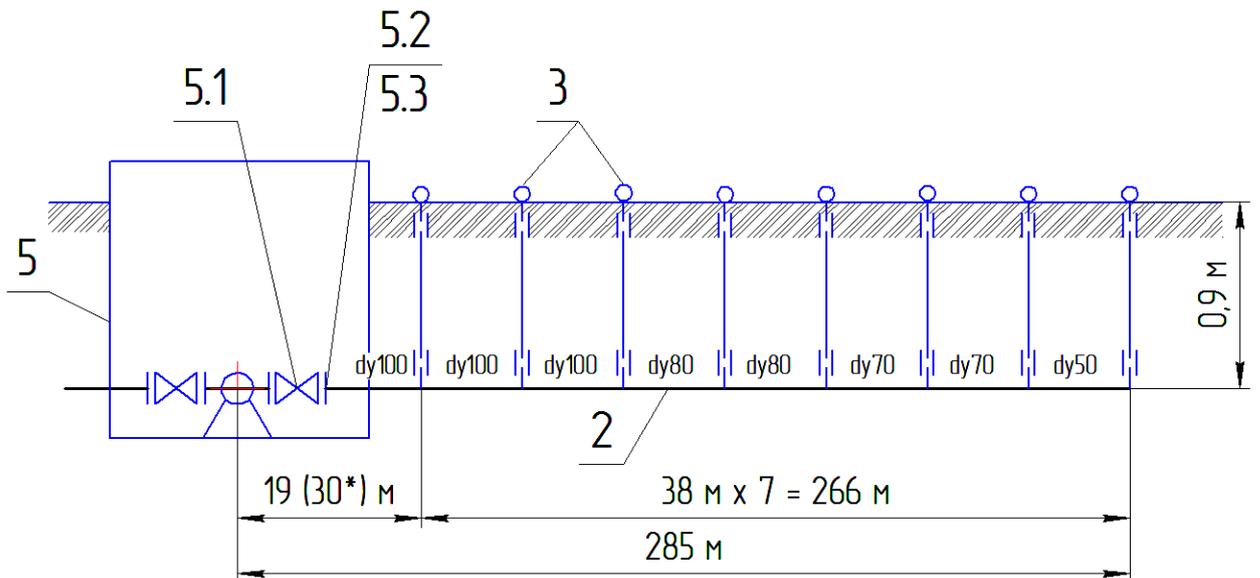
1. Методика оперативной диагностики деградации мелиорированных почв для обоснования комплексных мероприятий по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия: научн. издание / Под общ. ред. Ак. РАН, д-ра тех. наук, проф. Н.Г. Ковалева / ФГБНУ ВНИИ "Радуга". - Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 52 с.
2. Методические рекомендации проведения мониторинга показателей и предложения повышения технического уровня оросительных и осушительных систем./ Под общ. ред. Ольгаренко Г.В. (ФГБНУ ВНИИ "Радуга"). - Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 48 с.
3. Контроль технического состояния и реконструкции закрытых оросительных сетей, методика выбора способов и технологий реконструкции оросительных систем. Методические указания / Под общ. ред. Ольгаренко Г.В. (ФГБНУ ВНИИ "Радуга"). – Коломна, 2004.
4. Голованов А.И. Расчет впитывания влаги в почву и допустимой продолжительности дождевания. Избранные труды. - ГУП МО Коломенская типография, 2011.

5. Терпигорев А.А. Совершенствование технологий и техники импульсного орошения. Инновационные технологии в мелиорации. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: изд. ВНИИА, ВНИИГиМ, 2011.
6. ВТР-П-32-81. Руководство по проектированию оросительных систем синхронного импульсного дождевания.– Москва:"Союзводпроект", 1981 (справочно).
7. Проектирование оросительных систем синхронного импульсного дождевания (пособие к СНиП 2.06.03-85). – Москва: "Союзводпроект", 1986.
8. Методические указания по устройству территории многолетних насаждений. – Москва: Агропромиздат, 1985.
9. ВНТП 01-98 Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков (взамен ВСН 33-2.2.01-85, ВСН 33-2.2.02-86). Москва, Минсельхоз. 1998.
10. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
11. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
12. ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия.
13. Методические рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания: инструктивно-методическое издание /Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А./ – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2010. – 100 с.
14. Методика по оценке экономической эффективности мероприятий по реконструкции мелиоративных систем с учетом технического состояния гидромелиоративных объектов, вероятного характера изменения природно-климатических условий, хозяйственных, экологических и социальных условий функционирования мелиорируемых агроландшафтов, экологической ценности природных экосистем, степени эрозии, структуры природных ландшафтов и ущерба здоровью человека: научн. издание. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 116 с.

ПОЛИВНОЙ МОДУЛЬ
 С СИНХРОННО-ИМПУЛЬСНЫМИ ДОЖДЕВАТЕЛЯМИ
 Схема модуля КСИД-10А с импульсными дождевателями
 в вершинах треугольника

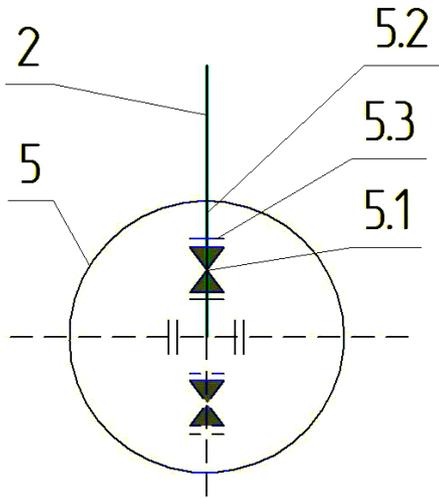


Вид А-А

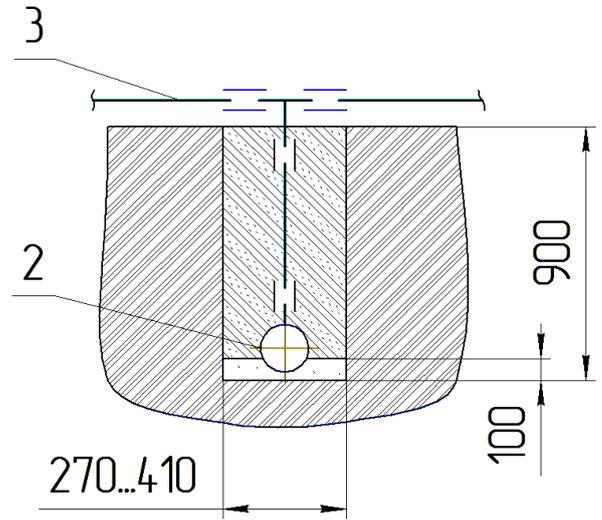


* - для варианта без симметрично расположенного модуля

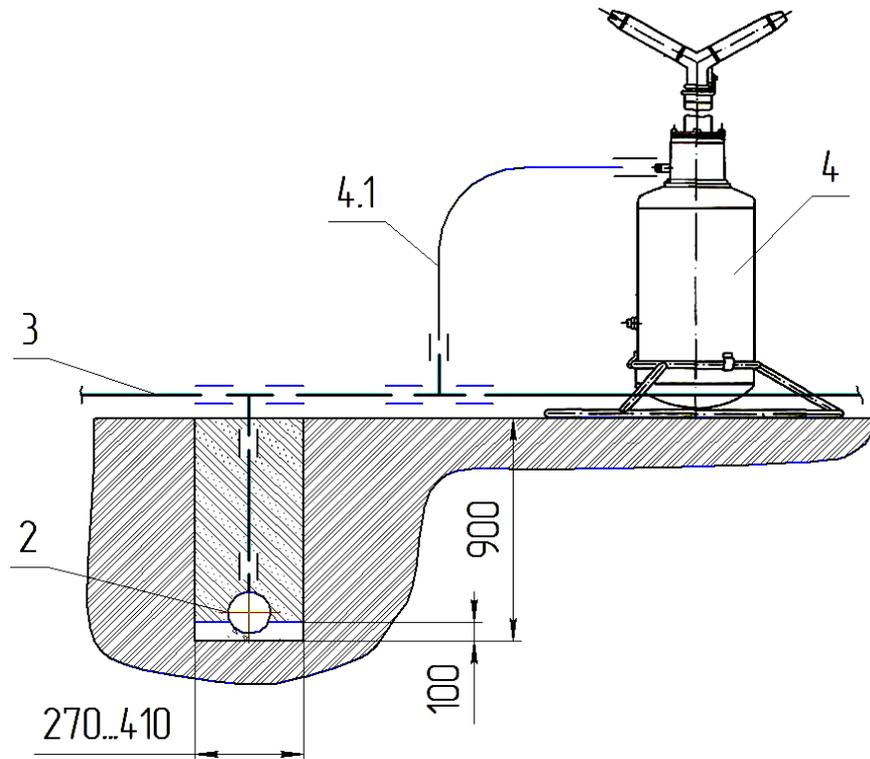
Узел А



Разрез Б-Б



Разрез В-В



**КАРТА СОСТАВА И СПЕЦИФИКАЦИИ ПФМ КСИД-10А НА 10 ГА
С РАССТАНОВКОЙ ИМПУЛЬСНЫХ ДОЖДЕВАТЕЛЕЙ В ВЕРШИНАХ
ТРЕУГОЛЬНИКА**

Тип сети	Стационарная с сезонно-стационарными полиэтиленовыми поливными трубопроводами, подвод воды к середине
Тип управления	Автоматизированное
Технология полива	Импульсное дождевание

Зона применения, водоподача в сутки				Аридная, 130 м ³ /га Субаридная, 80 м ³ /га Гумидная, 60 м ³ /га	
Номер типоразмера				1	
Параметры модуля	Площадь, га	S	10		
	Длина, м	L	304		
	Ширина, м	B	330		
	Расход, л/с	Q	10		
	Напор, м	H	65		
Наименование и марка элемента модуля	Обозначение по ГОСТ, ТУ	Масса, кг	Стоимость, руб.	Число комплектующих элементов	
1. Генератор командных импульсов	-	50	60000	1	
2. Распределительный трубопровод: труба полиэтиленовая					
ПЭ80 SDR13,6 PN10 d=110	ГОСТ 18599-2001	281,96	31596,48	106	
--" d=90	--" --	288,0	33176,00	160	
--" d=75	--" --	136,8	11283,72	76	
--" d=50	--" --	20,98	2559,30	38	
3. Поливной трубопровод: труба полиэтиленовая					
ПЭ80 SDR13,6 PN10 d=32	--" --	133,28	17222,92	572	
--" d=25	--" --	192,68	36200,12	1276	
--" d=20	--" --	51,92	8399,60	440	
4. Импульсный дождеватель	-	2303,95	1652000	59	
4.1. Труба присоединительная полиэтиленовая d=20	ГОСТ 18599-2001	11,15	1689,47	88,5	
5. Колодец К-10-18Ч	ТП 820-189	1260	5337,00	1	
5.1. Затвор dy=100 межфл.		4,0	745,00	1	
5.2. Втулка под фланец с патрубком ПЭ100	-	0,77	360,00	1	
5.3. Фланец dy=100 для труб ПЭ, арт. flr110pn10		8,06	1120,00	2	
Материалоемкость основного оборудования М, т				4,70791	
Капиталоемкость основного оборудования Ц, тыс. руб.				1861,68961	

КАРТА ПРИМЕНИМОСТИ ПФМ

Техническая применимость

Природно-хозяйственные показатели	Границы применимости
Дефицит водного баланса, тыс. м ³ /га	1,5-5
Скорость ветра, м/с	до 6
Максимальный уклон местности	0...0,3
Степень сложности рельефа, м ³ /га	3000
Средняя скорость впитывания за первый час, см/ч	1...30
Глубина залегания минерализованных вод, м	более 2
Глубина почвенного слоя, м	более 0,3
Несущая способность почвы, кПа	200
Минимальный размер участка, м	100
Высота надземной части растений, м	до 4
Мутность воды, г/л	не более 5

Технико-экономическая оценка поливного модуля

Зона применения		Аридная, Субаридная, Гумидная
Номер типоразмера		1
Наименование показателя	Обозначение	Значение показателя
Удельная материалоемкость, т/га	М _{уд.}	0,4708
Удельная капиталоемкость, руб./га	Ц _{уд.}	186168,96
Трудоемкость, чел.ч/1000 м ³	П	3,57
Удельная энергоемкость, кВт·ч/1000 м ³	А _{уд.}	235,73
Приведенные затраты, руб./га	З	
Коэффициент земельного использования	КЗИ	0,98
Коэффициент полезного действия	КПД	0,96
Коэффициент использования во времени основных фондов	КПИ	1
Показатель надежности	К _н	0,97
Показатель качества технологического процесса	К _{оп}	0,922
Обобщенный показатель модуля (сумма баллов)	ОП	

Влияние качества технологического процесса на урожайность

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Степень снижения (повышения) урожайности
Коэффициент эффективного полива	КЭ	0,66	0,994
Коэффициент воздействия на микроклимат	КМК	0,3	0,956
Коэффициент рассредоточения поливного тока	КРТ	1	1
Коэффициент многоцелевого использования	КМН	0	0,97

Применимость модуля при среднем уровне стоимости валовой продукции (в ценах 1992 г.)

Средний уровень стоимости валовой продукции, У р/га и специализации сельскохозяйственного производства	Более 1000 руб./га (садоводство, овощеводство, технические культуры)	От 600 до 1000 руб./га (овощеводство, технические культуры и др.)	От 400 до 600 руб./га (овощеводство, кормопроизводство и др.)	Менее 400 руб./га (кормопроизводство, зерноводство и др.)
Условный коэффициент продуктивности капитальных вложений, $K_{ПР} = U / Ц_{уд.}$	0,51...0,75	0,3...0,45	0,2...0,3	0,1...0,15
Примечание. Модуль рекомендован к применению при $K_{ПР}$ более 0,5				

Применимость в условиях дефицита

Водных ресурсов	Земельных ресурсов	Трудовых ресурсов
применим	применим	применим

КАРТА МОНТАЖА

Зона применения		Аридная, Субаридная, Гумидная
Номер типоразмера		1
Наименование работ		Объемы и стоимость строительно- монтажных работ модуля
1. Земляные	объем, м ³	234,34
	стоимость, руб.	28120,80
2. Бетонные и железобетонные		
	объем, м ³	3,91
	стоимость, руб.	3128,00
3. Монтаж		
в том числе:		
- поливной техники	стоимость, руб.	7200,00
- трубопроводов	стоимость, руб.	108380,00
4. Прочие	объем, м ³	
	стоимость, руб.	
Общая стоимость строительно-монтажных работ, тыс. руб.		146828,80
Общая трудоемкость, чел.-дн.		
Удельная стоимость, руб./га		14682,88
Удельная трудоемкость, чел.-дн./га		

Нормами на строительные работы рекомендуется руководствоваться по сборникам государственных элементарным сметным нормам на строительные и монтажные работы (ГЭСН) [1, 2].

Номенклатура основных машин и механизмов для строительного модуля

Наименование	Марка	Наименование	Марка
1. Экскаватор-бульдозер	ЭО-2202-21	4. Трактор	МТЗ-82
2. Автомобиль с краном-манипулятором	Камаз 43118 с КМУ Fassi F-110A.22	5. Сварочные аппараты для сварки встык ПЭ труб	ПРОТОФЮЗ 160 и 315
3. Баровая грунторезающая машина	ЭЦУ-150		

ЛИТЕРАТУРА

1. ГЭСН 81-02-01-2001 Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 1 Земляные работы. – Москва, 2008.
2. ГЭСНм 81-03-12-2001 Государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования. Сборник №12. Технологические трубопроводы. – Москва, 2008.