

Министерство образования РФ
**ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный
технический университет»**

А.М. Зербалиев

**ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ
СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ**



Махачкала 2013

УДК 631.674

Зербалиев А.М. Противоэрозионные способы орошения склоновых земель: Монография. ДГТУ, - Махачкала, «Алеф», 2013, с 142.

В монографии приводятся современное состояние техники и технологии орошения сельхозкультур в агропромышленном комплексе и результаты исследований по разработке противоэрозионных способов орошения многолетних насаждений для условий предгорья Дагестана.

С учетом природно-климатических и геоморфологических условий предгорной зоны дается рекомендация по применению экологически безопасных, почвозащитных параметров техники и технологии орошения виноградников на склоновых землях

Монография предназначено для специалистов, проектировщиков оросительных систем, инженерам-мелиораторам, а также для преподавателей, магистрантов и аспирантов по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование».

Рецензенты: **Мусаев М.Р.**, зав.кафедрой землеустройства и кадастра ДГАУ, д.б. н., профессор.
Магомедова А.В., д.т.н., профессор
кафедры СК и ГТС ДГТУ

Печатается по решению Совета ДГТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Существующие способы орошения и поливная техника	7
1.1. Классификация способов орошения и поливной техники ...	7
1.2. Условия применения способов орошения и поливной техники.	8
2. Поверхностное самотечное орошение	12
2.1. Увлажнение почвы	12
2.2. Полив затоплением чеков	12
2.3. Техника полива по бороздам и ее обоснование	12
2.4. Расчет элементов техники полива по бороздам	13
2.5. Поверхностное орошение в условиях предгорных и горных склонов	20
2.6. Поливная арматура	21
2.7. Современное состояние техники полива на больших уклонах с учетом ирригационной эрозии почв	23
2.7.1. Изученность вопроса техники и технологии бороздного полива	23
2.7.2. Теоретические основы процесса эрозии почвы при бороздном поливе	31
2.7.3. Существующие способы механизации полива	36
2.7.4. Современное состояние внутрипочвенного орошения и его теоретические основы	40
2.7.5. Особенности применения внутрипочвенного орошения на больших склонах	43
3. Природно-климатические условия предгорной зоны и методика исследований по технике полива	46
3.1. Почвенно-климатические условия	46
3.2. Методика проведения исследований	50
3.2.1. Обоснование и задачи исследований	50
3.2.2. Методика и средства проведения исследований техники бороздного полива	52
3.2.3. Методика и средства проведения исследований техники полива по кротовым увлажнителям	59
4. Результаты исследований способов и техники полива	63
4.1. Анализ ирригационного фонда республики	63
4.2. Исследование элементов техники бороздного полива и их влияние на величину ирригационной эрозии почвы	73
4.3. Результаты исследования поливного трубопровода по распределению воды по бороздам на больших склонах	85

4.4. Гибкие и жесткие поливные трубопроводы	94
4.5. Поливные передвижные агрегаты с гибкими шлангами	96
4.5.1.Комплект автоматизированного оборудования для полива по бороздам	98
4.5.2.Поливные лотки	100
4.5.3.Стационарные системы поверхностного орошения	101
4.6. Разработка и исследования конструкции внутрпочвенного увлажнителя как способа борьбы с водной эрозией почвы	101
4.7.Экономическая эффективность рекомендуемых мероприятий..	109
5. Математическая обработка экспериментальных исследований	111
5.1.Построение расчетных зависимостей методом регрессивного анализа	111
5.2.Краткое описание и практическое использование программы	117
Выводы и предложения	118
Литература	120
Приложения	130

ВВЕДЕНИЕ

Республика Дагестан - крупнейший район орошаемого земледелия в РФ. Из общей площади орошаемых земель 384,3 тыс.га под многолетними насаждениями в Дагестане занято 30,83 тыс.га. В ближайшей перспективе планируется довести производство винограда до 500 тыс.тонн, с увеличением площадей под ним до 50 тыс.га.

Резервом развития виноградарства республики является предгорье и горные склоны, на которых можно разместить около 26 тыс. га виноградников и получить высококачественные ягоды с содержанием сахара на 8-10% больше, чем у винограда, культивируемого на плоскостной части, кроме того они меньше повреждаются вредителями и грибковыми заболеваниями. Эти данные показывают, что Дагестан относится к числу районов наиболее благоприятных для развития виноградарства.

В горах и предгорьях около 70% орошаемых земель расположены на склонах крутизной более 2°. В отдельных случаях орошаются склоны крутизной 10° и более.

Значительная часть площадей поливаются поверхностными способами, в основном по бороздам, и свыше 1/3 из них имеют уклоны 0,01...0,05 и более. Однако на этих площадях при производстве интенсивных поливов заметно снижается плодородие почв, причиной которого является смыв верхнего слоя - ирригационная эрозия почвы. Это объясняется сложностью рельефа, большим разнообразием почвенно-климатических условий, несоблюдением агротехнических и мелиоративных противоэрозионных мероприятий, необоснованное применение завышенных поливных струй и других элементов техники полива, отсутствие механизации и автоматизации процесса полива по бороздам. Все это вызовет необходимость внедрения новых прогрессивных способов полива на сложных по рельефу участках, а также разработку научно-обоснованных рекомендаций по технике и технологии поливов.

Защита верхнего плодородного слоя почвы, правильный выбор способа и техники полива, установление оптимальных сочетаний элементов техники полива с учетом допустимой величины эрозии, является такой же важной задачей, как и повышение урожайности сельскохозяйственных культур, которая в значительной степени определяется и зависит от этих факторов.

Ирригационная эрозия наносит огромный ущерб сельскохозяйственному

производству. В случае развитой ирригационной эрозии за один-два сезона может полностью смываться верхний плодородный слой почвы. А для восстановления 1 см плодородного слоя в естественных (природных) условиях требуется 100-200 лет.

Поэтому предотвращение ирригационной и водной эрозии почв является очень важным, государственным по значимости вопросом.

Исследованиями по способу и технике полива в предгорной зоне на больших уклонах, с точки зрения предотвращения ирригационной эрозии, в республике не занимались и, соответственно, поливы осуществляются без каких-либо рекомендаций на их проведение, совершенно отсутствуют приемы предотвращения ирригационной эрозии. Кроме того, сложный характер рельефа, ограниченность водных и земельных ресурсов требует изучения и внедрения прогрессивных способов полива таких, как внутрипочвенное орошение, которое является более эффективным и рациональным.

Одновременно, являясь способом борьбы с водной эрозией почвы, внутрипочвенное орошение в предгорной зоне обеспечить получение устойчивых урожаев винограда. В работе предусмотрены исследования внутрипочвенного способа орошения, в основном, продиктованные практическими потребностями постепенного перехода к нему в перспективе от бороздного полива.

Основными задачами, требующими своего разрешения в данной работе, ставились: исследования способов и техники полива виноградников на больших уклонах предгорий Дагестана; выдача рекомендаций оптимальных параметров техники бороздного полива при недопущении ирригационной эрозии почвы; разработка конструкции увлажнителя внутрипочвенного орошения, обеспечивающей равномерное увлажнение почвы по длине ряда без проявления ирригационной эрозии почвы.

Научная новизна и практическая ценность исследований заключается в том, что впервые в условиях предгорной зоны юга Дагестана дана характеристика ирригационной эрозии почвы, с учетом этого разработана техника и технология полива виноградников по бороздам на больших уклонах. Для более рационального использования поливной воды и механизации полива предложен поливной трубопровод дистанционного распределения оросительной воды по бороздам, повышающий производительность труда поливальщиков и улучшающий качество полива.

1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ И ПОЛИВНАЯ ТЕХНИКА

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ И ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ

Способ орошения — комплекс мер и приемов распределения воды на поливном участке и превращения водного потока в почвенную и атмосферную влагу. Различают следующие способы орошения (рис. 1.1):

поверхностное — распределение воды по поверхности земли с помощью борозд, полос или затоплением чеков;
дождевание — создание искусственного дождя;
аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание) — распыление мельчайших капель воды для регулирования температуры и влажности приземного слоя воздуха над полем;
внутрипочвенное — подача воды непосредственно в корнеобитаемую зону почвы по увлажнителям или подъем уровня почвенно-грунтовых вод;
капельное — локальное орошение с помощью микроводовыпусков, поливных капельниц.

Полив — однократное искусственное увлажнение почвы и (или) приземного слоя атмосферы.

Техника полива — параметры технологии проведения полива (длина борозд, полос, расходы, дальность полета дождевальной струи, расстояния между увлажнителями и др.).

Поливная техника — технические средства (машины, механизмы и орудия) для проведения полива (рис. 1.1).

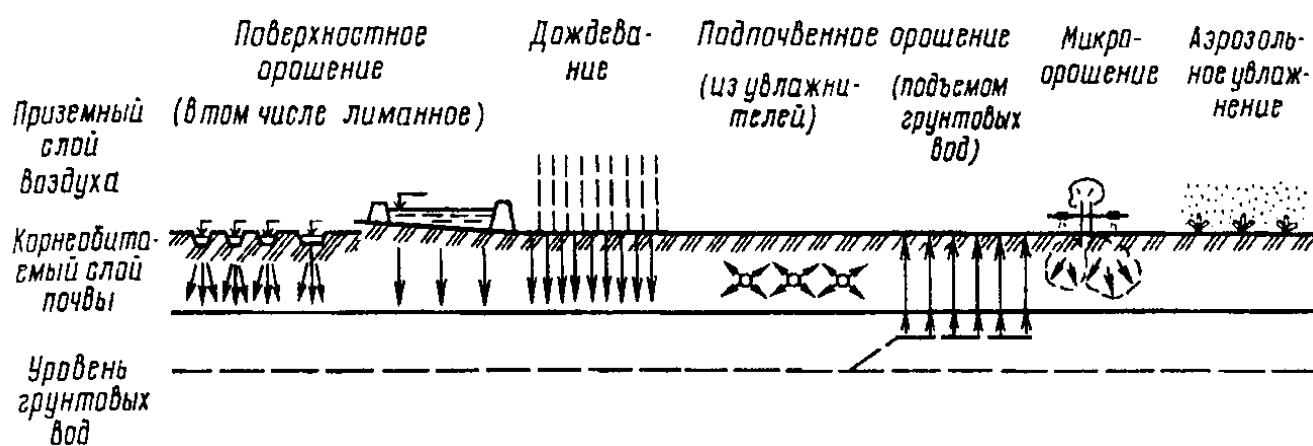


Рис. 1.1- Способы орошения

В районах неустойчивого увлажнения, когда использование местного поверхностного стока для регулярного орошения по природным условиям технически невозможно или экономически нецелесообразно, проектируют системы *лиманного* орошения.

Таблица 1.1- Применение различных способов орошения в неблагоприятных природно-климатических условиях

Способ орошения	Засоленные почвы	Легкие песчаные почвы	Тяжелые почвы	Сложный рельеф	Большие уклоны	Близко расположенные минерализованные воды	Дефицит водных ресурсов	Минерализованная поливная вода	Сильный ветер
Дождевание	-	+	х	+	+	+	+	-	х
Поверхностное	+	х	+	х	х	х	х	х	+
Внутрипочвенное	—	х	х	х	+	—	+	—	+
Капельное	—	х	+	+	+	—	+	—	+
Аэрозольное	+	+	+	+	+	+	+	—	+

Примечание. «+» — применимо; «-» — неприменимо; «х» — частично обеспечивает

1.2. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ И ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ

При выборе способа орошения и поливной техники необходимо учитывать климатические, почвенные, геоморфологические, гидрологические, биологические, хозяйственные, водохозяйственные, экономические и другие факторы.

Климатические факторы: увлажненность территории, испаряемость, температура и влажность воздуха, ветровой режим (скорость и направление ветра).

Увлажненность территории характеризуется коэффициентом увлажнения k_u и дефицитом испаряемости D разностью между испаряемостью за вегетационный период E и продуктивно используемыми осадками P , то есть $D = ET - P$.

Способ орошения и техника полива должны обеспечивать подачу оросительной воды, выраженную слоем, равным дефициту испаряемости D или превышающим его в самый напряженный поливной период, то есть $h > D$. При дождевании существенное значение имеет ветровой режим: скорость, повторяемость, длительность (табл. 2.3), направление ветра. Для различных видов поливной техники следует принимать следующие предельные значения скорости ветра, м/с: для дальнеструйных дождевальными машин — до 2...2,5; для среднеструйных — до 5; для короткоструйных — 6...7; для консольных и многоопорных — до 8... 10.

Водопроницаемость почвы устанавливают опытным путем или оценивают по ее механическому составу, наименьшей влагоемкости и скорости впитывания за первый час (табл. 1.1).

Способ орошения можно выбрать ориентировочно в зависимости от водопроницаемости почвы.

Оптимальное условие применения дождевальных машин — это соответствие между скоростью впитывания в почву и интенсивностью искусственного дождя. Допустимая интенсивность дождя (без стока и образования луж при заданной поливной норме) составляет для тяжелых почв 0,1--0,2 мм/мин, средних — 0,2...0,3, легких — 0,5...0,8 мм/мин.

Тип оросительной сети и дождевальной техники зависит от коэффициента впитывания (κ) почвы.

Почва	Глинистая	Суглинистая	Супесчаная и песчаная
κ	0,09...0,12	0,12...0,27	0,27...0,55

При выборе дождевальных машин необходимо учитывать устойчивость почв от заплывания вследствие ударной силы капель; на легко заплывающих почвах применение дальнеструйных машин недопустимо. Орошать маломощные почвы, подстилаемые галечником, и щебенистые почвы целесообразно дождеванием.

Таблица 1.2 - Ориентировочные значения водопроницаемости почв

Водопроницаемость	Механический состав почв	Скорость впитывания за 1-й час, см/ч	Наименьшая влагоемкость, %
Высокая	Пески, супесчаные	Более 15	4. ..12
Средняя	Легкосуглинистые	15. ..5	12. ..18
Низкая	Среднесуглинистые	Менее 5	18. ..25
Очень низкая	Тяжелосуглинистые, глинистые	Менее 5	25. ..30

Геоморфологические факторы, которые влияют на расположение оросительной сети (открытой, закрытой) и выбор техники полива; уклон поверхности земли и протяженность склонов.

При выборе дождевальной техники допустимый уклон устанавливают в соответствии с технологическими параметрами машины; при поверхностных способах полива необходимо руководствоваться нормативными рекомендациями.

При назначении способов орошения и подборе поливной техники необходимо учитывать возможность возникновения ирригационной эрозии, которая зависит от крутизны и длины склонов (табл. 1.2).

Таблица 1.3 - Интенсивность эрозионного процесса в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения

Уклон поверхности земли	Коэффициент горизонтального расчленения*	Интенсивность эрозионного процесса
0...0,02	0...0,5	Очень слабая
0,02...0,05	0,6... 1	Слабая
0,05...0,08	1,1...1,2	Умеренная
0,08...0,1	1,3...1,5	Значительная
Более 0,1	>1,6	Сильная

* Коэффициент горизонтального расчленения поверхности — отношение длины горизонтали к прямой, соединяющий ее концы.

Подверженность эрозии различных почв зависит от их вида. По степени противоэрозионной устойчивости почвы располагают в следующем порядке: карбонатные черноземы (наиболее устойчивые), южные черноземы, темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые. Оценка эрозионной устойчивости сельскохозяйственных угодий дана в таблице 1.4.

Таблица 1.4-Эрозионная устойчивость полей, занятых сельскохозяйственными культурами и парами

Культуры, угодья	Оценка эрозионной устойчивости, баллы	Эрозионная устойчивость
Многолетние травы	0,1...0,4	Устойчивые
Зерновые	0,4...0,5	Умеренно эрозионные
Пропашные (включая кукурузу)	0,5...0,8	Эрозионно-опасные
Пары	1	Очень эрозионно-опасные

Наименьший объем планировочных работ на полях требуется при дождевании, наибольший — при устройстве затопляемых чеков.

Гидрогеологические факторы: глубина залегания и минерализация грунтовых вод.

По степени минерализации грунтовых вод (сухой остаток) принимают следующую градацию:

Грунтовые воды: пресные, солоноватые, слабосоленые, соленые, сильносоленые
 сухой остаток, г/л 1 1...3 5...10 10...30 Более 30

Ниже приведены данные по минерализации и критической глубине грунтовых вод, влияющие на выбор способа орошения (табл. 1.5).

Таблица 1.5- Способ орошения в зависимости от гидрологических условий

Минерализация грунтовых вод, г/л	Критическая глубина залегания грунтовых вод, м	Способ орошения
1.5...3	1,5. ..2, 2	Дождевание
3...5	2,2.. 3	Дождевание, комбинированные поливы
5. ..7	3,35	Поверхностное орошение
Более 7	3,2. ..3,7	То же на фоне промывных поливов

Биологические факторы: требования культур к режиму орошения, характер развития растений. Средства механизации при поверхностном орошении, аэрозольном увлажнении и дождевании выбирают в зависимости от высоты надземной части растений.

Дождевальная техника	«Волжанка»	ДДА-100МА	«Фрегат»	«Кубань», дождевальные шлейфы
Высота растений, м	До 1,1	До 2	До 2,5	До 4

Дождевание наиболее целесообразно для сельскохозяйственных культур с корневой системой, проникающей на небольшую глубину (овощные). Для культур, корневая система которых расположена в глубоких слоях почвы, дождевание эффективно лишь при достаточных запасах влаги, создаваемых за счет осадков, влагозарядковых поливов, проводимых до посева.

Водохозяйственные факторы: размещение и специализация сельскохозяйственного производства, севообороты (размер полей и виды севооборотов, организация территории, конфигурация участков орошения).

При выборе дождевальной техники имеют значение размера и конфигурации полей, которые по зонам изменяются в очень широких пределах.

Дождевальные и поливные машины (в основном по ширине захвата и длине гона) подбирают с учетом организации территории (размещение дорог, лесополос, линий электропередачи и др.), а также конфигурации полей, если в процессе строительства оросительной системы нельзя изменять их границы. Необходимо учитывать: водообеспеченность оросительной системы, коэффициенты использования воды, земельного использования и полезного действия, командование в точках водозабора, качество, температуру и минерализацию оросительной воды. В районах с дефицитом водных ресурсов предпочтение отдают дождеванию в сочетании с закрытой оросительной сетью и внутрпочвенному орошению. Качество оросительной воды (мутность и крупность наносов) лимитирует применение дождевальных машин и систем капельного орошения, так как наличие большого количества примесей

приводит к засорению дождевальных аппаратов и капельниц и выходу их из строя. Необходимо учитывать температурный режим оросительной воды; например, при поливе дождеванием холодной водой ($t < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) урожайность всех культур несколько ниже, а при поливе сбросными водами ТЭЦ, АЭС, ГРЭС — выше, чем при поливе обычной водой. Минерализованными водами целесообразно проводить полив поверхностным способом на легких почвах при промывном режиме. Окончательное решение принимают на основе анализа экономических показателей.

2. ПОВЕРХНОСТНОЕ САМОТЕЧНОЕ ОРОШЕНИЕ

2.1. УВЛАЖНЕНИЕ ПОЧВЫ

При поверхностном орошении почва увлажняется во время горизонтального перемещения воды по поверхности поля при вертикальном просачивании ее гравитационным путем и последующем насыщении по капиллярам. Скорость впитывания на элементарно увлажняемой площадке вычисляют по зависимостям, предложенным А. Н. Костяковым:

$$K_t = K_1/t^\alpha, \quad K_m = K_1/(1 - \alpha) t^\alpha, \quad (2.1)$$

где K_t — коэффициент водопроницаемости данной почвы в первую единицу времени, мм/мин; $K_t = 0,017 \dots 0,08$ мм/мин; K_1 — начальная скорость впитывания, мм/мин; α — коэффициент затухания скорости впитывания, изменяющийся от 0,2 до 0,8 для различных почв; K_m — средняя скорость впитывания воды почвой за время t , мм/мин.

2.2. ПОЛИВ ЗАТОПЛЕНИЕМ ЧЕКОВ

Полив затоплением — полив путем заполнения поливных чеков. Применяют при промывках, влагозарядке почвы, орошении риса на массивах с очень малыми уклонами (менее 0,001).

Поливной чек — обвалованная часть поливного участка, затапливаемая водой. Поливные чеки имеют форму прямоугольных безуклонных или малоуклонных площадок затопления размером от 0,2 до 20...30 га. На участках с неблагоприятным рельефом допускаются непрямоугольные чеки с углом пересечения продольных и поперечных валиков не более 70° .

Размеры чека определяют объем планировочных работ и глубину срезки фунта. Удельный объем планировочных работ пропорционален основному уклону и квадратному корню из площади чека. Размер чека зависит от требуемой глубины его затопления и уклона поверхности, а режим затопления рисового чека — от условий возделывания культуры риса.

Расход воды в период заполнения чека, $\text{м}^3/\text{ч}$, при глубоком залегании грунтовых вод

$$Q_h \cdot t = A_\sigma \cdot (h_v + h_e + h_L + h_S), \quad (2.2)$$

где t —длительность затопления чека, ч; A_c — площадь чека, m^2 ; h_v , -требуемый слой затопления, м; h_e — слой испарения в период заполнения чека, м; h_L - слой поглощения воды почвой (устанавливается по средней скорости впитывания с учетом неодновременного покрытия водой площади чека), м; h_S —дополнительный слой воды, обеспечивающий при данной фильтрации и размерах чека его заполнение в требуемые сроки, м.

2.3. Техника полива по бороздам и ее обоснование

Основной задачей техники полива является выполнение принятого режима орошения сельхозкультур. От техники полива зависит технологическая схема расположения регулирующей оросительной сети и ее конструкция. Пропашные культуры (хлопчатник, кукуруза, свекла, картофель, виноградники, сады) поливаются по бороздам, а культуры сплошного сева - (зерновые, травы и др.) по полосам.

Бороздной полив - основной и самый распространенный способ полива пропашных культур, а в некоторых районах и узкорядных культур (зерновые, травы и т.д.) (рис. 2.1).

Поливная борозда — гребневанная поверхность, распределяющая водный поток на поле. Различают глубокие поливные борозды (18...24 см), нарезаемые при широких междурядьях, среднеглубокие (15...18 см) и мелкие (10...15 см). Поливные борозды нарезают вдоль склона местности, чтобы не допустить перелива воды через гребни борозд. Под углом к общему уклону местности борозды нарезают только при выравненной поверхности и отсутствии ложбин и микропонижений в направлении максимального уклона.

Тупые (или глухие) борозды, имеющие в концевых створах перемычки, устраивают на малоуклонных (до 0,003) участках, при этом перепад отметок в головных и концевых створах борозд не должен превышать 1/3 их глубины.

Сквозные (или проточные) борозды, не имеющие в концевом створе перемычек, рекомендуют на участках с большим диапазоном уклонов —от очень малых (0,001) до очень больших (0,03 и более).

Борозды-щели нарезают специальным орудием. Они способствуют увеличению их впитывающей способности на слабоводопроницаемых почвах. Ширина формируемой щели в дне борозды 3...4 см, глубина 10... 15 см.

Вдавленные борозды, формируемые окучником с профилированными катками, предназначены для уменьшения впитывающей способности почв высокой водопроницаемости и повышения устойчивости ложа борозд размыву.

Засеваемые мелкие борозды нарезают специальными окучниками в агрегате с сеялками узкорядных культур сплошного сева (зерновые, колосовые и др.),

растения при этом размещают не только по гребням, но и по откосам и дну борозд.

2.4. Расчет элементов техники полива по бороздам

Основные элементы техники полива: длина борозды – l_b , расход воды – q_b , продолжительность подачи воды – t_b , сечение борозды – s , уклон дна – i_b , скорость воды в борозде находятся в прямой зависимости от уклона и должна обеспечивать подачу поливной нормы (D_{ir}) с равномерным увлажнением по длине при высокой производительности труда на поливе.

При исходных данных: уклона дна борозды (i_b), допустимой скорости движения воды в борозде (V_b), поливной норме (D_{ir}), средней скорости впитывания (K_c) и коэффициенте затухания процесса впитывания (α), определяют расход воды в борозде (q_b), продолжительность подачи в борозду (t_b), площадь сечения и смоченный периметр борозды (s, χ), длину борозды (l_b), глубину воды (d_c).

Элементы техники полива определяют математическим расчетом, методом полевого опыта, а также пробными поливами.

Для *математического расчета* разработаны алгоритмы и программы решений задач по подбору элементов техники полива по бороздам на ЭВМ с использованием имеющихся зависимостей механизма увлажнения почвы поверхностным током воды.

Максимально допустимый расход, л/с, поливной струи, при котором вода переливается через гребни борозд, определяется пропускной способностью борозд:

$$q_{lim} = 1,28 \sqrt{i_{fur}} (0,6 d_{fur} - 2\Delta)^2, \quad (3.3)$$

где i – уклон дна борозды; d_{fur} — глубина борозды, м; Δ — точность планировки, см.

При больших уклонах дна борозд для предотвращения размыва расход струи уменьшают до 0,1 л/с, а иногда до 0, 03..0, 05 л/с. При подаче завышенных расходов воды в борозды за сезон с 1 га может быть вынесено до 5..15 т плодородной почвы. Для почв различной сопротивляемости размыву предельный расход(л/с) воды в борозду вычисляют по формуле В. Ф. Носенко:

$$q_{Lim} = q_{min.} / i \quad (2.4)$$

где $q_{min.}$ — уменьшенный расход в борозду, л/с. Для почв средней и слабой сопротивляемости размыву $q_{min.} = 0,004$ л/с, для почв повышенной сопротивляемости размыву $q_{min.} = 0,005$ л/с.

Для борозд треугольного поперечного сечения расход воды в борозду равен:

$$q_b = m \cdot d_c^2 \cdot v_b \cdot 10^{-3} \quad \text{л/с}, \quad (2.5)$$

где m – коэффициент заложения откоса борозды (1,25....1,5);

d_c – глубина воды в борозде, м;

v_B – допускаемая скорость (0,1....0,2) м/с.

При уклонах от 0,003 до 0,01 для бесструктурных сероземов и пустынных почв хлопковой зоны, максимальный расход в борозду определяется по С.М. Кривовязу

$$q_{\max .e} = \frac{1,75 \cdot 10^{-6}}{i_e^{2,5}} ; \quad (2.6)$$

для луговых и лугово-сероземных почв

$$q_{\max .e} = \frac{2,19 \cdot 10^{-6}}{i_e^{2,5}} ; \quad (2.7)$$

Для суглинистых почв предгорной зоны при уклонах от 0,015 до 0,06 максимальный расход в борозду можно определить по формуле автора данной работы:

$$q_{\max .e} = \frac{K}{i_e^{1,722}} ; \quad (2.8)$$

где K – параметр, характеризующий водопроницаемость почв (для почв повышенной водопроницаемостью $K=0,0007$; для средней $K=0,0005$ и слабой $K=0,0004$).

Расход поливной струи устанавливают от 0,05 до 1,5...2 л/с. Наибольшие расходы применяют при широких междурядьях и малых уклонах дна борозд.

Глубину воды в борозде находят по зависимости:

$$d_c = 2(0,04 \cdot v_e / i_e^{0,5})^{1,2} \text{ м}, \quad (2.9.)$$

Площадь сечения и смоченный периметр борозды определяют:

$$S = m \cdot d_c^2 \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

$$\chi = \lambda \cdot d_c \sqrt{1 + m^2} \text{ м}, \quad (2.11)$$

где λ -коэффициент впитывания воды в откосы борозды. Для тяжелых почв с хорошими капиллярными свойствами $\lambda=2,5$, средних–2 и легких–1,5.

Для определения смоченного периметра в зависимости от расхода в борозду и ее уклона можно использовать формулу А.Н. Ляпина

$$\chi = 0,111 \left(\frac{q_{\max .e}}{i_e^{0,5}} \right)^{0,29} \quad (2.12)$$

Остальные гидравлические элементы живого сечения в голове борозды в зависимости χ определяется по следующим закономерностям:

$$\text{ширина зеркала воды (м)} \quad B = \frac{\chi + 0,009}{1,12} \quad (2.13)$$

$$\text{площадь живого сечения} \quad S=0,471 (\chi +0,009)^3 \quad (2.14)$$

$$\text{глубина воды в борозде (см)} \quad d_c = 0,7 \cdot H - 2 \cdot \delta \quad , \quad (2.15)$$

где H – полная глубина борозды от верха гребня до дна;

δ - точность планировки (шероховатость) $\cong 3$ см.

Расчетная продолжительность подачи воды в борозду:

$$t_e = \left(\frac{D_m \cdot a}{10^4 \cdot K_o \cdot \chi} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \text{ час,} \quad (2.16)$$

где D_m – максимальная поливная норма пропашной культуры, м³/га;

K_o – средняя скорость впитывания, м/ч;

χ - смоченный периметр борозды, м;

a - расстояние между осями поливных борозд, м. Назначается в соответствии с принятым междурядьем и свойствами почвы (для легких почв - $a=0,5 \dots 0,7$ м., тяжелых почв – $0,8 \dots 1,1$ м.)

Продолжительность полива по проточным бороздам составляет от 1...2ч до 1...3сут (наибольшая — при слабой водопроницаемости почв) и определяется временем, необходимым для внесения заданной поливной нормы. Оно складывается из времени добегания и времени на дополнительную подачу воды.

Объем воды, подаваемой в поливную борозду, равен:

$$V_w = \frac{D \cdot a \cdot l_e}{10^4} = 3,6 \cdot q_e \cdot t_e \quad , \quad (2.17)$$

При поливе без сброса объем воды, поглощаемой почвой, определяется:

$$V_w = \frac{D \cdot a}{10^4} = K_o \cdot \chi \cdot t^{1-\alpha} \quad , \quad (2.18)$$

Из уравнения (1.45) длина борозды равна:

$$l_e = \frac{3,6 \cdot 10^4 \cdot q_e \cdot t_e}{D \cdot a} \quad \text{м} \quad (2.19)$$

Вычисленную длину борозды округляют до величины, кратной длине поливного участка. Длиною борозды определяет расстояние между временными оросителями при поперечном расположении (на плане) регулирующей сети, а при продольном – число выводных борозд и расстояние между ними.

Длину борозд принимают 50...600 м. Борозды большой длины нарезают на хорошо спланированной поверхности поливных участков при слабой водопроницаемости почв. Предельную длину борозды (L_{\min}) устанавливают из условия добегания и впитывания предельного расхода поливной струи:

$$L_{\min} = q_{\text{Lim}} / (\chi_0 k_{\alpha} \mu) \quad (2.20)$$

где χ_0 — смоченный периметр в голове борозды, м;

μ — коэффициент, учитывающий уменьшение смоченного периметра по длине борозд; $\mu = 0,75...0,85$;

k_{α} — коэффициент установившейся скорости впитывания, мм/с.

В *полевом опыте* при установлении элементов техники полива по бороздам должны быть соблюдены следующие примерные условия: допустимое отклонение средних фактических поливных норм от заданных для всех вегетационных поливов не должно превышать 10...15 %; объем воды, идущий на увлажнение почвы добеганием струи должен быть в пределах 0,6...0,8 % заданной поливной нормы; коэффициент неравномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд не должен быть менее 0,7; потери воды на сброс в конце борозды при поливе постоянной струей не должны превышать 30 %, а переменной струей — 10 % от объемов водоподачи; исключаются переливы воды через гребни, визуально наблюдаемые размывы ложа борозд и увеличение мутности воды по их длине; расход поливной струи и длина борозды должны быть на 10...20 % меньше предельно допустимых значений.

Метод пробных поливов предназначен для уточнения элементов техники полива непосредственно на поливном участке. При проведении пробных поливов, совмещенных с производственными, проверяют рекомендуемые значения элементов техники полива, добиваясь наибольшего приближения фактических поливных норм к расчетным на каждом поле хозяйства со специфическими условиями проведения поливов.

Необходимая продолжительность стояния воды в борозде для внесения заданной нормы определяется продолжительностью впитывания эквивалентного этой норме объема воды в отрезке борозды при поддержании в нем постоянного уровня. Пробные поливы проводят также для установления рационального расхода поливной струи.

В таблицах 2.1 и 2.2 приведены рекомендуемые элементы техники полива по бороздам.

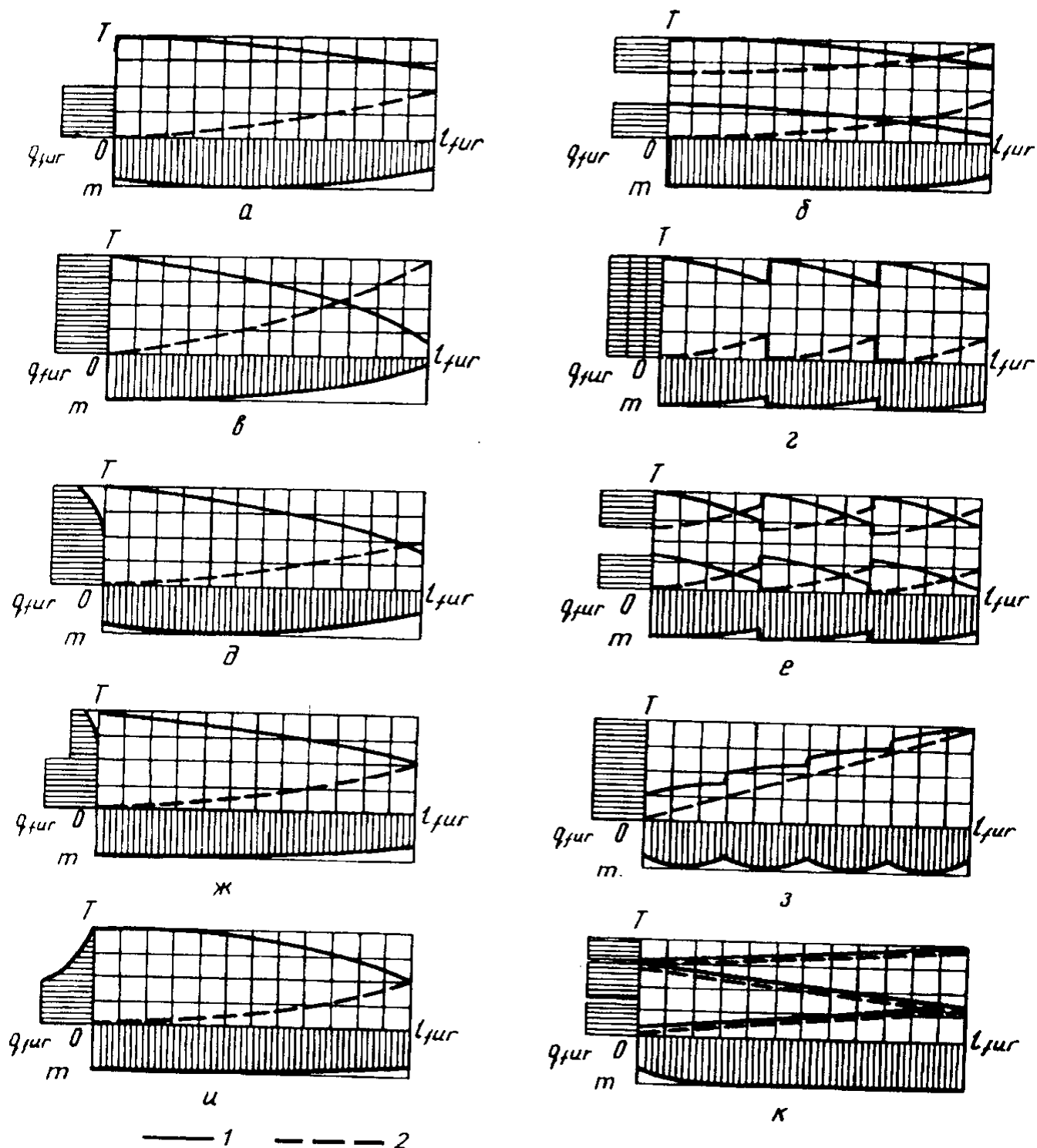


Рис. 2.1- Циклограммы технологий водораспределения по бороздам:
 а, в- нормой затопления; б —циклическими нормами добегаания; г — с доувлажнением постоянной струей из рассредоточенных по их длине водовыпускных устройств; д — с доувлажнением постоянной струей; е — циклическими нормами добегаания из рассредоточенных по их длине водовыпускных устройств; ж — с доувлажнением уменьшенной струей; з — в движении с однократным проходом поливного устройства; и — с доувлажнением переменной струей в соответствии с впитывающей способностью; к — в движении с многократными проходами поливных устройств; Т—продолжительность полива; $L_{пр}$ — длина борозды; q_{Lim} — расход поливной струи; m —поливная норма; t_1 — продолжительность увлажнения; t_2 — продолжительность добегаания.

Таблица 2.1- Рекомендуемые сочетания элементов техники полива по бороздам для типовых условий при постоянном расходе

Водопроницаемость почвы	Уклон вдоль поливных борозд, обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности	Элементы техники полива				
		L, м	q, л/с	t ₁ , ч	t ₂ , ч	T, ч
Сильная (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником с глубины примерно 1 м)	0,04	40	0,1	5,5	2,5	8
	0,01	105	0,5	1,3	1,9	3,2
	0,005	180	0,75	3	0,5	3,5
	0,00175	200	1,5	1,25	0,75	2
	0,0005	150	1	1,8	0,2	2
Повышенная (легкие мощные суглинки)	0,04	75	0,1	7,8	6,2	14
	0,01	130	0,25	4,6	4,8	9,4
	0,005	250	0,75	2,8	3,1	5,9
	0,00175	300	1	3,1	2,1	5,2
	0,0005	250	0,75	4,6	1,2	5,8
Средняя (средние суглинки)	0,04	100	0,1	6	17	23
	0,01	175	0,25	5	11	16
	0,005	300	0,5	5,2	7,8	13
	0,00175	300	0,5	6	6,5	12,5
	0,0005	350	0,5	10	4	14
Пониженная (тяжелые суглинки)	0,04	150	0,1	9	32,5	41,5
	0,01	200	0,1	18	29	47
	0,005	325	0,25	10	26	36
	0,00175	400	0,25	20	17	37
	0,0005	600	0,5	13	8	21
Слабая (глины, суглинки, подстилаемые непроницаемыми прослойками)	0,04	125	0,05	14	76	90
	0,01	150	0,05	20	67,5	87,5
	0,005	250	0,1	20	55	75
	0,00175	300	0,1	34	41	75
	0,0005	600	0,25	35	20	55

Примечание: L,— длина борозды, м; q_а- расход воды в борозду, л/с; t₁, t₂ — продолжительность добега струи воды до конца борозд и продолжительность дополнительной водоподачи после добега струи в конец борозды, ч; T— продолжительность полива, ч.

Таблица 2.2- Рекомендуемые сочетания элементов техники полива по бороздам для типовых условий при переменном расходе

Водопроницаемость почвы	Уклон вдоль поливных борозд, обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности	Элементы техники полива				
		L, м	q ₁ /q ₂ , л/с	t ₁ , ч	t ₂ , ч	T, ч
Сильная (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником с глубины примерно 1 м)	0,04	40	0,1/0,005	5,5	2,5	8
	0,01	105	0,5/0,25	1,3	1,9	3,2
	0,005	200	1/0,5	1,7	1,3	3
	0,00175	250	2/1	1,1	0,8	1,9
	0,0005	—	—	—	—	—
Повышенная (легкие и мощные суглинки)	0,04	75	0,1/0,05	7,8	6,2	14
	0,01	130	0,25/0,125	4,6	4,8	9,4
	0,005	300	1/0,5	2,4	3,1	5,5
	0,00175	350	1,5/0,75	1,8	5	5
	0,0005	-	—	—	—	—
Средняя (средние суглинки)	0,04	100	0,1/0,05	6	17	23
	0,01	175	0,25/0,125	5	11	16
	0,005	350	0,75/0,375	3,8	7,2	11
	0,00175	350	0,75/0,375	4,5	7	11,5
	0,0005	400	0,75/0,375	7,5	3,5	11
Слабая (глины, суглинки, подстилаемые непроницаемыми прослойками)	0,04	125	0,01/0,025	14	86	100
	0,01	250	0,1/0,05	18	67	85
	0,005	350	0,25/0,125	10	40	50
	0,00175	450	0,25/0,125	18	41	59
	0,0005	700	0,5/0,25	18	26	44

Примечание: q₁ и q₂, — переменные расходы воды в борозду.

2.5. ПОВЕРХНОСТНОЕ ОРОШЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ СКЛОНОВ

В этой зоне следует применять почвозащитные (противоэрозионные) способы орошения. Рекомендации по технике полива пропашных культур по бороздам приведены в таблице 2.5.1.

Для полива пропашных культур на полях с уклонами 0,1...0,2 борозды нарезают не по наибольшему уклону, а под углом к горизонталям или очень близко к ним (контурные борозды). В этих случаях длину борозд и расходы в них уменьшают на 25 % по сравнению с обычно принимаемыми размерами.

Таблица 2.5.1-Элементы техники полива пропашных культур по бороздам на поле с уклонами 0,05...0,1

L, м	q ₁ /q ₂ , л/с	Продолжительность полива, ч		m, м ³ /га	КПД
		нормой добегаания	общая		
60	0,075/0,035	8	19,4	1000	0,75
<i>Почвы повышенной водопроницаемости</i>					
100	0,075/0,035	8	38,5	1000	0,80
<i>Почвы средневодопроницаемые</i>					
125	0,05/0,025	20	70	1080	0,74
<i>Почвы пониженной водопроницаемости</i>					

Оптимальные значения элементов техники полива садов и виноградников по бороздам с применением закрытой сети трубопроводов приведены в таблице 2.5.1. Рекомендуют поливы при переменных расходах q₁ и q₂.

Таблица 2.5.2- Элементы техники полива садов и виноградников по бороздам (по данным В. А. Сурина)

Элементы техники полива	Уклоны по направлению рядов					
	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16
L, м	90	80	70	65	60	60
q ₁ ,л/с	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
q ₂ л/с	0,04	0,03	0,03	0,025	0,025	0,022

Для уменьшения эрозии в ряде хозяйств предгорной зоны предварительно увлажняют верхнюю часть 1/3... 1 /2 длины борозд при минимальном расходе q₁ , затем увеличивают расход до q₂, а после добегаания струи в конец борозды опять уменьшают до q₁.

2.6. ПОЛИВНАЯ АРМАТУРА

При поливе по бороздам без армирования оголовков воду подают через прокопы в бортах выводных борозд. Прокоп закрепляют одерновкой, которая требует значительных затрат ручного труда и средств.

Более приемлемо способы вододеления с помощью переносной арматуры — трубок, поливных щитков, оголовков, а также одиночных и групповых сифонов (рис. 2.2).

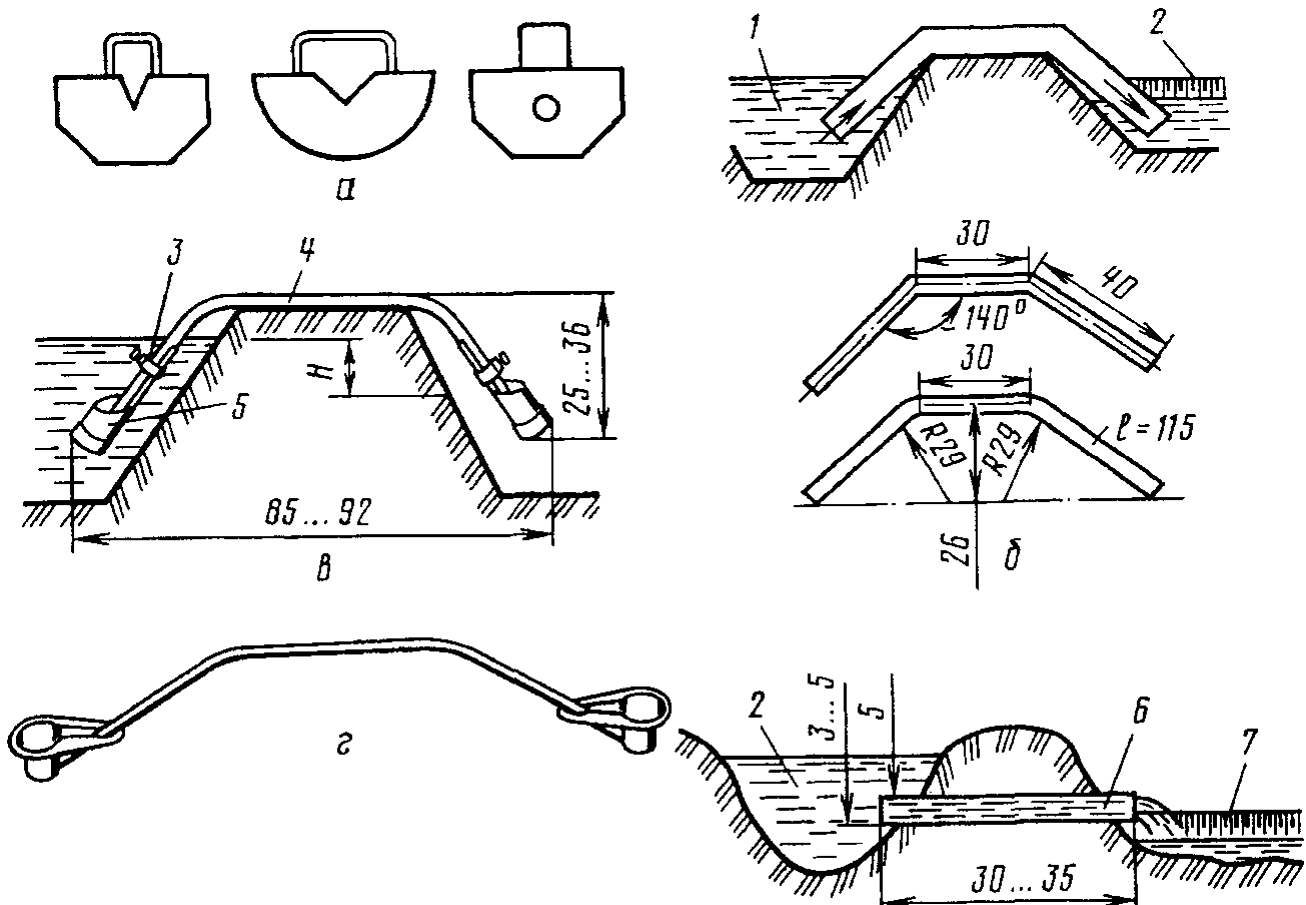


Рис. 2.2 - Поливная арматура : *а* —поливные щитки; *б* — сифоны; *в* — сифон неразряжающийся комбинированный; *г* — сифон неразряжающийся пластмассовый; *д* — поливная трубка для подачи воды в борозды; *1* — ороситель; *2* — выводная борозда; *3* — крепление водосборника; *4* — колено; *5* — водосборник; *6* — трубка; *7* — поливная борозда (размеры в см)

Неразряжающиеся сифоны предназначены для подачи воды из каналов, лотков и временных оросителей в поливные борозды.

Неразряжающийся комбинированный сифон из дюралюминиевой трубы имеет форму колена, на концах которого прикреплены водосборники из полиэтилена.

Неразряжающийся полиэтиленовый сифон также имеет два водосборника, которые начинают работать автоматически при подъеме уровня воды (рис. 2.3).

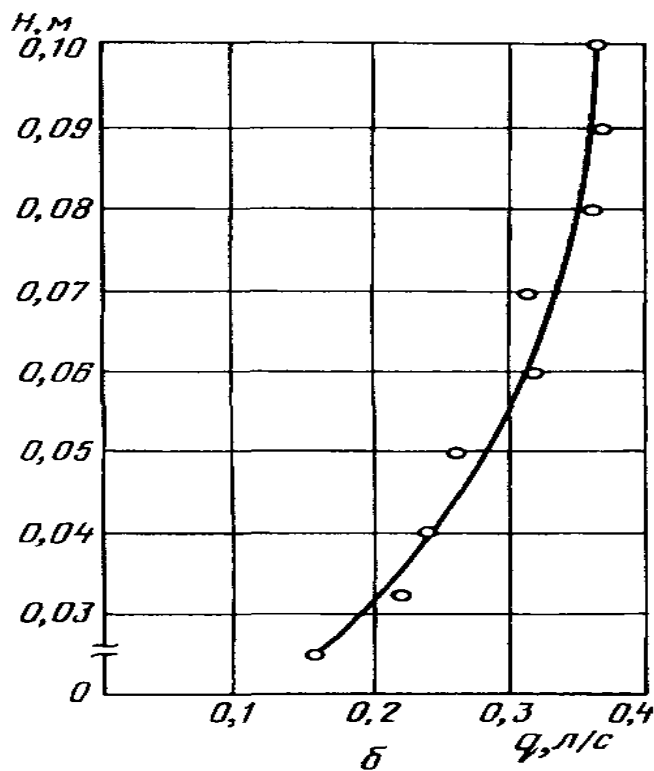
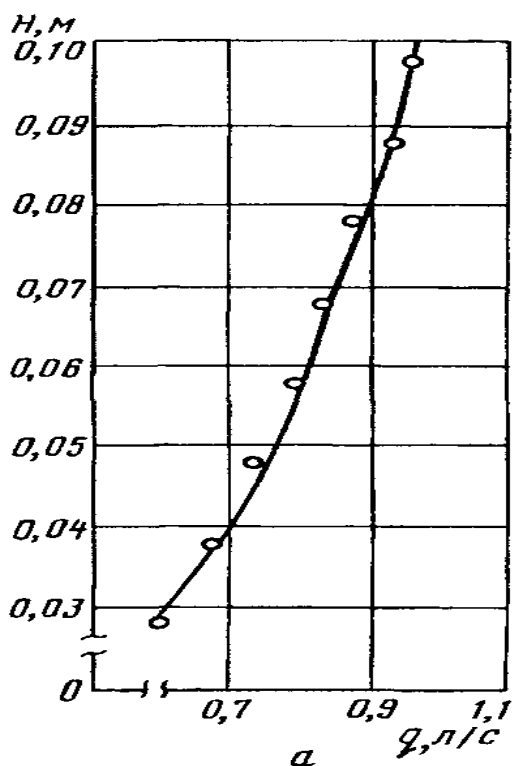


Рис. 2.3- Расходно-напорные характеристики трубки сифона:
 а — диаметром 35,4 мм; б — диаметром 25 мм

Техническая характеристика неразряжающихся сифонов

	СНК-00.000	СНП-00.000
Расход воды при напоре 0,1 м, л/с	0,4	0,96
Диаметр, мм		
внутренний	25	35,4
наружный	27	40,8...41,3
Толщина стенки, мм	1	2,75...3,4
Размеры, мм:		
высота	296	370
длина	950	1544
Общая масса, кг	0,438	1,295
Производительность, м ³ /ч	120...160	200...260
Продолжительность заправки одного сифона, с	23	54
Коэффициент технологического обслуживания	0,95...0,96	0,92...0,94
Коэффициент надежности технологического процесса	0,99	0,99
Коэффициент использования времени смены	0,94..0,95	0,92..0,94
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 90 сифонов	

2.7. Современное состояние техники полива на больших уклонах с учетом ирригационной эрозии почв

2.7.1. Изученность вопроса техники и технологии бороздного полива

При бороздном поливе почва увлажняется посредством отдельных струй воды, протекающих по бороздам, нарезанным в междурядьях сельскохозяйственных культур, путем впитывания воды в вертикальном и боковом направлении.

Направление борозд обычно совпадает с продольным уклоном поверхности участка, но на крутых склонах максимальные уклоны принимают из условия допустимого смыва почвы.

Разработкой техники бороздного полива и ирригационной эрозией почв занимались: А.Н.Костяков (1958), В.М.Буачидзе (1958), К.А. Жарова (1961), С.М.Кривовяз (1963), А.Н.Ляпин (1964), Е.С.Акопова (1961-1963), В.Ф.Носенко (1964), Н.Т.Лактаев (1965), М.М.Кабанов (1972), за рубежом О. Израэльсен (1946-1956), И.Цонев (1965) и др.

За последние годы по вопросу расчета бороздного полива были опубликованы труды ряда ученых [4,7,32,33,35,58,68], где приводятся эмпирические формулы определения гидравлических параметров для различных зон и регионов.

Анализ указанных рекомендаций по применению элементов техники бороздного полива показывает, что еще недостаточно изучен вопрос в предгорных зонах орошаемого земледелия, характерных большими уклонами и сложным рельефом местности.

В настоящее время в Дагестане наибольшее применение получило бороздной полив без какого-либо совершенствования поливной техники.

На этих участках, имеющих большие уклоны, происходят значительный смыв почвы, и возникает затруднения с применением сельскохозяйственных машин. Учитывая эти обстоятельства, ряд авторов рекомендуют участки с уклонами более 0,01 (ГрузНИИГиМ) осваивать под виноградники и сады с проведением террасного [10, 44,67] или контурного орошения [67,70,98,105]. Террасы рекомендуют делать шириной, равной ширине прохода трактора.

В отличие от обычных поливов по бороздам, при контурном орошении нарезка борозд, посев и полив сельскохозяйственных культур проводится в направлении горизонтали или под небольшим углом к ним ($i=0,002-0,003$). Такой полив практикуется в США и Австралии, в нашей стране пока ещё распространен недостаточно.

Для строительства участков под контурное орошение требуется тщательное изучение рельефа местности, нивелирование по квадратам со сторонами 20 на 50м, разбивкой линий сева с соблюдением параллельности их. При сложном рельефе возникают необходимость нарезки тупых, наливных и других борозд, осложняющих организацию и приведение полива. Обязательным условием применения этого способа является параллельность горизонталей, иначе на поле будет много клиньев. Пределом применимости контурного орошения считаются уклоны местности 0,08 для пропашных культур и 0,25 для многолетних насаждений (сады и виноградники).

Основными преимуществами этого способа орошения являются: уменьшение эрозии почвы; повышение урожаев сельскохозяйственных культур на 10-15% [67]; снижение расхода топлива сельскохозяйственных механизмов. Но применение этого способа на участках со сложным рельефом резко повышает дополнительные затраты на планировочные работы, снижает производительность поливальных машин, уменьшает коэффициент использования воды из-за чрезмерных сбросов воды в конце борозд.

Отдельными авторами [130,132,43,26] на недостаточно спланированных участках со слабопроницаемыми почвами с целью более глубокого их увлажнения рекомендуется полив по бороздам – щелям. Характерной особенностью конструкции борозд является то, что ниже дна его нарезается щель глубиной до 40см, которая обеспечивает увеличение смоченного периметра почти в два раза по сравнению с обычными бороздами, скорость движения потока воды уменьшается, и размыв почвы исключается. Длина поливных борозд при этом 300-500м, а поливная струя для уклонов 0,03 может быть увеличена до 2,0-3,0 л/с. При увеличении длины борозды происходит постепенный смыв головной части [57].

Подача воды в борозды-щели можно увеличить почти в два раза, не вызывая ирригационной эрозии почвы, при этом повышается производительность труда. К недостаткам этого способа можно отнести ограниченность его применения до уклонов 0,02...0,03 и недостаточное равномерное увлажнение почвы по длине борозды.

Равномерность увлажнения почвы с отклонением до 2-3% достигается поливом по прерывистым бороздам-ячейкам [56], разработанным УкрНИИГиМом. Основное назначение ячеек (размерами 5-30м и перемычек 20-30см)- задержание воды от образования стока и равномерное распределение влаги по длине борозд. Наибольший эффект от применения таких борозд будет иметь на почвах с высокой водопроницаемостью и больших уклонов, когда орошение осуществляется дождеванием. Производительность нарезки борозд-ячеек машиной составляет 3,7-7,6 га за смену [105]. Впервые этот способ

прошёл свои производственные испытания на Украине и в Средней Азии. Результаты исследований поливов по бороздам-ячейкам показали, что смывы почвы практически исключались. Осуществление поливов с помощью специальных машин или дождевальнoй техникой возможно для низко-стебельных культур, а для виноградников и садов неприемлемо.

Одним из эффективных способов, повышающих размер поливной струи и противоэрозийную устойчивость поверхности почвы, является закрепление поливных борозд искусственными структурообразователями. Впервые этот способ применялся в Средней Азии [117,94,67], а в последующем в Ростовской области [96,105]. В качестве структурообразователей рекомендуется полимер К-4, после обработки полимером почва приобретает большую сопротивляемость против размыва и повышает её водопроницаемость.

Структурообразователь в виде водного раствора наносится на поверхность почвы специальным агрегатом одновременно с нарезкой борозд. Оптимальная доза для уклонов 0,03 составляет 130-150кг/га при удельном расходе воды 0,2л/с; 200-225кг/га при поливной струе 0,3л/с и 300-350кг/га при 0,5 л/с. Наилучший эффект при этом может иметь при 7-процентной концентрации раствора. Расход раствора на 1га составляет 2-5т. Оструктурированием подвергается верхний разрыхлённый слой ложа борозды, который сохраняет в процессе полива повышенные фильтрационные свойства и обеспечивает выдачу расчётной поливной нормы, что при обычных бороздах выполнить невозможно в результате кальмотации и уменьшения скорости поглощения воды почвой. Основным достоинством этого способа является то, что его можно применять на участках со сложным рельефом местности, уклоны которых достигает до 0,09, а также постоянное применение способствует улучшению самой структуры почвы.

С целью равномерного увлажнения почвы по длине борозды и предотвращения ирригационной эрозии на участках с большими уклонами ряд авторов (Б.А.Шумаков, Д.А.Штоколов, Е.С.Акопов, Б.С.Маслов, Е.Г.Тананян, О.У.Израэльсен и др.) рекомендуют полив по бороздам переменной струёй.

В зависимости от уклона борозды и особенностей почвогрунтов в начале осуществляется выдача максимально допустимого расхода воды с тем, чтобы струя быстрее дошла в конец борозды, а затем её уменьшают примерно в два раза. Такая технология полива способствует относительно равномерному увлажнению по длине борозды. Поддерживая, выдача расхода воды, идущего на впитывание почвы после предварительного увлажнения поливной струёй, не опасной в эрозионном отношении, сброс воды при этом способе ликвидируется полностью. Переменная подача воды в борозду осуществляется с помощью малой механизации (сифоны, поливные трубки) с применением поливных

трубопроводов, имеющих регулируемые водовыпуски. Достоинством его считается недопущение увеличения подачи воды, вызывающей размыв борозды, а также обеспечивается экономия поливной воды.

Сравнивая рекомендации различных исследователей техники полива в условиях больших уклонов можно отметить, что авторы считают применимость полива по бороздам на уклонах до 0,01- 0,12 (см. таблица 2.3).

Таблица 2.3- Рекомендуемые предельные уклоны полива по бороздам

Автор	Страна исследования	Литературный источник	Предельные уклоны
Буачидзе Р.М.	Грузия	10	0,02
Гусейнов Г.М.	Азербайджан	25	0,02
Жарова К.А.	Киргизия	44	0,06
Израэльсен О.У.	США	54	0,12
Татарова-Кристева В.С.	Болгария	115	0,12
Носенко В.Ф.	Казахстан	89	0,04
Воробьёв А.М.	Сев. Кавказ	21	0,03

Как видим из таблицы что, предел допустимых уклонов колеблется в широком диапазоне и, в основном это зависит от применяемого способа защиты почв от эрозии, который отвечал бы требованиям повышения её плодородия. Важным фактором техники бороздного полива является допустимый поливной расход, связанный как с уклоном, так и защитными свойствами против размываемости почв. Рядом авторов, на основании производственных исследований, предлагается эмпирические формулы определения допустимых расходов в борозду следующего вида:

$$Q=V/i^x, \quad (2.7.1)$$

где величины параметров **V**, **X**, определяемые опытным путем, в зависимости от региона и характеристик грунтов, рекомендуются в широком диапазоне (см. таблицу 2.4).

Таблица 2.4 - Экспериментальные значения параметров В и Х
в формулах авторов

Автор и место исследований	Используемая литература	Значение параметров	
		В	Х
Кривовяз С.М. (Узбекистан)	58	0,00000175	2,5
Носенко В.Ф.(Казахстан)	89	0,0005	1,0
Ляпин А.Н.(Узбекистан)	76	0,00003	1,22
Жарова К.А.(Киргизия)	44	0,013-0,003	0,73...0,89
Израэльсен О.У.(США)	54	0,197	0,296
Ценев И.В.(Болгария)	116	0,0022	1,0

Расхождение параметров (табл.2.4) объясняется в основном разнообразием почвенно-климатических факторов регионов и недостаточной изученности данного вопроса.

При расчете техники поверхностного орошения одним из факторов, определяющих основные гидравлические параметры полива, является скорость впитывания воды почвой.

Для определенной скорости впитывания воды почвой имеется несколько формул (А.Н.Костякова, С.Ф.Аверьянова, А.В.Гольдмана и др.), предполагающих движение влаги в изотропной среде и требующих знания следующих физических почвенных констант: порозности, коэффициента фильтрации; наибольшей высоты капиллярного поднятия и др.

В связи с тем, что расчетные параметры мало изучены в зоне исследований и верхние слои почвогрунтов на участках орошения анизотропны, рекомендуемые теоретические формулы в практических расчетах использовать невозможно, а поэтому в исследованиях применена эмпирическая формула А.Н.Лактаева, уточняющую формулу акад. А.Н.Костякова:

$$V_t = B \cdot t^{-a} + V_{уст} , \quad (2.7.2)$$

в которой значения параметров **В**, и **V_{уст}** определяются опытным путём, и зависит от физических свойств и исходной влажности почвы. До 60-х годов скорость впитывания определялась преимущественно по формуле А.Н.Костякова:

$$V_t = K_1/t^2 \quad (2.7.3)$$

В связи с не одновременностью покрытия движущейся поливной струей расчетных створов по длине борозды, средняя скорость впитывания на элементарной площадке немного больше средней скорости впитывания по длине борозды. Уклон поверхности оказывает большое влияние на процесс впитывания, с увеличением уклона уменьшается интенсивность инфильтрации и возрастает поверхностный сток.

Из рекомендуемых методов расчета техники бороздного полива наиболее теоретически обоснованным является метод С.М.Кривовяза [58]. Он первый дал балансовое уравнение (1,3) и решил его при частном значении, $a = 5$.

Теория расчета техники бороздного полива, предложенная Н.Т.Лактаевым [75], заключается в определении следующих взаимосвязанных параметров: скорости впитывания (V_t); фактической поливной нормы впитывания (D_{ir}) за время t ; длины притока поливной струи (X_t); времени увлажнения в любом расчётном створе борозды ($t_{(x)}$); распределения увлажнения вдоль борозды $D_{ir(x)}$; сброса в конце борозды ($q_{c(t)}$) (разность между головным расходом (q) и расходом, идущим на впитывание в почву в пределах борозды).

Выше перечисленные параметры объединяются одним балансовым уравнением расхода

$$q = a \int_0^x v(t) \cdot dx_1 + S \cdot x(t) \quad (2.7.4)$$

Длину пути прохождения поливной струи по сухой борозде рекомендует определять из следующего уравнения:

$$x(t) = q \cdot t / S - a / S \int_0^t D_{ir}(t) \cdot x_1 \cdot dt_1 \quad (2.7.5)$$

При известных параметрах смоченного периметра борозды и уклона А.Н.Ляпин [76] рекомендует расход поливной струи определять по уточнённой эмпирической формуле С.М.Кривовяза:

$$q = \sqrt{i} (i/0,111)^{3,45} \quad (2.7.6)$$

Для участков с большими уклонами ($i = 0,02-0,1$) максимальный расход в борозду В.Ф.Носенко [89] рекомендует определять из аналитической зависимости:

$$q = q_{прив} / i \quad (2.7.7)$$

где $q_{прив}$ -приведённый расход, равный 0.004 л/с для почв слабой и средней сопротивляемости и 0.005 л/с для почв повышенной сопротивляемости к размыву.

Максимально допустимая поливная струя в борозду для условий Болгарии Д.Давыдов [38] рекомендует определить по формуле:

$$q = 0.05/i (v/6)^{3.4} , \quad (2.7.8)$$

где v -скорость воды, см/с; q - расход воды, л/с; i -уклон.

Большинство исследователей считают, что расход воды, подаваемый в борозду в пределах 0,2-0,6 л/с, в эрозионном отношении практически является безопасными, но для больших уклонов они в той или иной степени вызывают эрозию почвы.

Для условий Казахстана А.М.Воробьёв [21] рекомендует принять поливную струю в борозду в зависимости от уклонов. Например: при уклоне равный- 0,005, необходимый расход воды в борозду составляет 0,75л/с, при уклоне 0,003 – $q = 1,4$ л/с, при $i = 0,01$ - $q = 0,4$ л/с, при $i = 0,02$ - $q = 0,17$ л/с, при $i = 0,03$ - $q = 0,1$ л/с и при $i = 0,05$ - $q = 0,06$ л/с.

Кроме того, ими разработаны номограммы по определению оптимальных параметров техники бороздного полива.

Анализируя данные различных исследователей, приходят к выводу о том, что определение экологически допустимых расходов воды в борозду, исходя из условий эрозии, является окончательно не решённым. По нашему мнению, для установления оптимальных параметров техники полива в конкретных природно-климатических зонах, главным критерием при их определении должна быть допустимая величина смыва почвы в оросительный период или за один полив, при которой не превышало бы слоя почвообразования в естественных условиях.

В зависимости от типа почв допустимая величина эрозии М.Е.Бельгибаев, М.И.Долгилевич [14] считают в пределах от 0,27 мм/год – на сероземах, до 0,87 мм/год

на дерново-подзолистых почвах. По данным Н.К.Шикула, П.С.Трегубова [135] эта величина для различных почвенных разностей колеблется от 1т/га на дерново-подзолистых почвах до 6т/га на предкавказских чернозёмах.

По данным Дагестанского НИИСХ в горной и предгорной зоне республики процессам смыва подвержены обрабатываемые земли площадью более 1 млн.га. По подсчётам С.М. Керимханова [64], только в предгорной зоне республики ежегодно смывается около 5млн.т. плодородной почвы, с которой уносится в доступной для растений форме 11 тыс.т. азота и 580 т. фосфора. В результате многие хозяйства ежегодно не добивают 3-5ц. зерна с одного гектара.

По результатам наших исследований на участках орошения в предгорной зоне Дагестана с уклонами более 0,02 размер смываемой почвы за полив превышает 350т/га.

При этом следует отметить, что рекомендация по технике и технологии поливов для условий Северного Кавказа здесь не соблюдается. Кроме того, столь высокие показатели разрушения почвы на территории Дагестана связаны с большой изрезанностью рельефа, т.е. сложностью рельефа склоновых земель, составляющих около 60% всей площади.

Поэтому при разработке вопросов техники полива обязательным условием должно быть рассмотрение его в комплексе с задачами повышения плодородия земель. В этой связи решение данного вопроса без изучения ирригационной эрозии почвы также как и техники полива, требующих углублённых исследований для условий предгорья Дагестана, практически невозможны.

2.7.2. Теоретические основы процесса эрозии почвы при бороздном поливе

Практическое изучение процессов эрозии начались с 1950-го года, а после 1966 года - известного постановления Правительства о широком развитии мелиорации земель обратили серьёзное внимание и на качественную сторону проводимых мелиораций.

Районами распространения развитой эрозии почв считаются Средняя Азия, Казахстан, Закавказье, Северный Кавказ, где наиболее развито орошаемое земледелие, т.е. районы древнего орошения. По мере освоения новых площадей под сельскохозяйственные культуры, в начале на равнине, затем и на предгорье так называемых новоорошаемых земель, влияние водной эрозии на плодородие почвы распространяется более интенсивно.

Под водной эрозией понимают процесс отделения частиц почвы и грунтов от исходного массива и перемещение их под воздействием энергии воды.

В зависимости от гидролого-морфологических признаков выделяют следующие виды водной эрозии: поверхностно-склоновая, овражная, русловая, подземная, эрозия прибрежных зон водоёмов и ирригационная.

В данной работе рассматриваем ирригационную эрозию почвы, под которой понимается разрушение, перенос и отложение почвы и грунта оросительной водой в процессе поливов.

Изучение явления ирригационной эрозии почв на орошаемых площадях как равнинной, так и в предгорной зонах республики не занимались,

отсутствуют и рекомендации по борьбе с нею. Имеющиеся данные об эрозии в условиях Северного Кавказа и рекомендуемые меры борьбы с нею не приемлемы для больших уклонных участков, имеющих сложный рельеф местности. Поэтому, с развитием орошения и освоения новых площадей в предгорной зоне требуется обосновать принятую технику полива с учетом ирригационной эрозии почв.

Наиболее изученной в районе исследований являются поверхностная эрозия (богарная), вызываемая стоком атмосферных осадков. Этому виду эрозии почв в республике посвящены работы ряда ученых С.У.Керимханова (1971), Д.У.Джабраилова, И.Б.Магарамова, Б.А.Белолипского (1978), К.К.Гюль (1961), М.А.Баламирзоева (1975) и др.

К первым работам по изучению ирригационной эрозии почвы в нашей стране относятся работы В.М. Бучаидзе (1958), Н.К.Бабаева (1956), К.А.Жаровой (1961), А.С.Акопова (1961-1963гг.), Т.Х.Талибова (1965г) и др., а из зарубежных ученых О.Израэльсена (1946-1956) и Цонева (1961г.) и др. По данным Кондратьева Л. [62] влияние ирригационной эрозии на качественные показатели почв приведены в табл.2.5. Х.Хамдамов и Э.Бердикулов [177] установили, что на площадях, не подверженных эрозии, урожай хлопка – сырца составил 35,6ц/га, а на подверженных (эродированные) – 28,8ц/га, что на 6,8ц/га урожая недобрали.

Таблица 2.5- Качественные показатели почв в зависимости от степени их эрозии

Показатели	Неэродированные почвы	Почвы с развитой ирригационной эрозией
Гумус (%)	1,21	0,8
Азот (%)	1.0	0,7
Урожай хлопка-сырца, ц/га	29	19

Снижение урожая на эродированных почвах обусловлено ухудшением водно-физических свойств их, образованием корки и в целом, снижением плодородия верхнего слоя.

Х.М.Максудов (1963), изучая ирригационную эрозию почв для условий Средней Азии, установил, что ежедневный смыв почвы составляет 100т/га, в том числе вынос азота 100кг/га, фосфора 115кг/га.

Для условий Казахстана Н.Х.Бабаев (1962) в своих исследованиях горной и предгорной зонах определил величину смыва в пределах 30-40т/га за один

полив, что соответствует 500т почвы за сезон, а в течение 8-10лет вымыв всего пахотного горизонта глубиной 30-35см.

По данным американских ученых Г.Конке и А.Бертран [73] ежегодные потери почв с полей из-под пропавших культур в США составляют от 4,5 до 225 т/га, в то время как под другими культурами (зерновыми) всего от 2,25 до 36г/га.

Х.Х. Беннет [11] установил, что в Америке ежегодно смывается с полей и пастбищ более 3млрд. т твердых частиц, что составляет в стоимости ежегодных потерь от эрозии только для фермеров США 500 млн. долларов, для всего народного хозяйства 3млрд. долларов. Это отождествляет он с национальным бедствием США и полагает, что потери от эрозии – безвозвратными.

Конт И.А. (США,1951) в своих исследованиях установил, что в результате эрозии почв ежегодно смывается такое количество питательных веществ, которых хватило бы для выращивания всех культур штатов в течение 21 года. Он утверждает, что обратный процесс почвообразования протекает исключительно медленно и для образования слоя почвы в 1фут (30см) из горной породы природе понадобится 10000лет.

При установлении оптимальных размеров элементов техники полива многие исследователи связывают их с предельно-допустимой величиной смыва почвы и вида орошаемой культуры. По данным наших и зарубежных ученых эта величина колеблется в пределах от1 до 44т/га в год (табл.2.6).

Таблица 2.6 - Предельно-допустимые величины смыва

Автор	Район исследования	Литературный источник	Допустимый смыв почвы, т/га в год
Акопов Е.С.	Армения	3	13-23
Бучаидзе В.М.	Грузия	10	10-15
Бельгибаев М.Е.	Поволжье	14	7
Долгилевич М.	-"-	14	7
Гуссак В.Б	Узбекистан	28	10
Жарова К.А.	Киргизия	45	1,05
Мясников М.С.	Казахстан	86	0,6-30,5
Татарова-Крыстева В.С.	Болгария	114	1,0-1,2

Как видим табличные значения, допустимые размеры смыва почвы колеблются в широком диапазоне, что вряд ли зависит от какого-то одного фактора элементов техники полива: расхода, уклона, скорости. Здесь, конечно, необходимо учесть местные условия, характеристику почв, скорости восстановления плодородного слоя, вида культуры и способа полива.

Многие авторы [45,54,58,75,76] на основании своих исследований рекомендуют эмпирические формулы определения скоростей потока воды борозду, как основного фактора, влияющего на величину смыва почвы.

Впервые размеры допускаемых скоростей воды в борозду были установлены академиком А.Н. Костяковым [61] (0,1-0,2м/с). Хотя и наблюдается расхождение в размерах допускаемых скоростей, рекомендуемых в своих исследованиях техники полива по бороздам другими авторами, но чаще всего за расчетные допускаемые скорости принимаются скорости 0,1-0,2 м/с.

Так Кривовязом С.М. [58] рекомендуется эмпирическая формула, связывающая три главных факторов: расход, уклон, скорости

$$V=0,352 \cdot q^{0,234} / i^{0,117} \quad (2.7.9)$$

По Давыдову Д. [38] допустимые скорости определяются из зависимости

$$V=0,0178 \cdot q^{0,294} \cdot i^{0,354}, \quad (2.7.10)$$

а по В.Ф.Носенко [89]

$$V=0,68 \cdot \sqrt[3]{q \cdot i} \quad (2.7.11)$$

Знание неразмывающей скорости водного потока имеет большое значение для решения задачи, связанной с прогнозированием процессов эрозии почвы при проведении поливов сельхозкультур.

Впервые теоретические основы процесса эрозии при поливах (ирригационная эрозия) разработал академик Ц.Е. Мирцхулава [79].

При поливах по бороздам и по полосам автор в своих «следованиях» пронаблюдает явление размывов начальных участков, т.е. головные части, и отложение смывой почвы в виде конусов выноса, в конечных отрезках. При этом активной эрозии подвергались разрыхленные слои верхних пахотных горизонтов.

Принимая во внимание принятые допущения, акад. Ц.Р.Мирцхулава получено (q_x) количество эродированной почвы, в случае когда скорость поливной струи превышает допустимую для данных почвогрунтов, с площади длины склона "х" с единицы ширины в единицу времени:

$$q_x = 64,10^{-7} p \cdot w \cdot d \int_0^x (V^2_{\text{доп}} / V^2_{\text{дон}} - i) \cdot d_x. \quad (2.7.12)$$

где q_x - общее количество эродированного почвогрунта, т/га; p - плотность почвы, т/м³;

w - отношение числа циклов напряжений по времени отрыва отдельной частицы $1/c$; d - диаметр частицы, м; A - скорость почвообразования, t/m^2 ; t - время подачи воды в борозду, мин; p_n - активный смоченный периметр борозды, м; h - глубина в начале борозды, м; i - уклон борозды; x - расстояние активного участка эрозии, м. Допустимое условие ирригационной эрозии принимается $q_x=A$.

По наблюдениям Ю.П. Полякова [94] твердый сток с 1 га при поверхностном поливе в зависимости от вида культуры и при исходных известных параметрах техники полива, рекомендует определить по зависимости:

$$g_x = P_{\min} \cdot N(g_1 \cdot t_1 + g_2 \cdot t_2 + \dots + g_n \cdot t_n) \quad (2.7.13)$$

где P_{\min} - минимально-допустимая величина мутности за полив, t/m^3 ; N - количество борозд, приходящихся на 1 га; g_1, g_2 и g_n - расход воды в борозде за каждый полив, $m^3/\text{час}$; t_1, t_2, t_n - время подачи воды в каждый полив, час.

Предлагаемая формула (2.7.13) в практических условиях является наиболее удобной для прогнозирования величины твердого стока или для сверки принятых параметров в технике полива, относительно минимальной допустимой величины мутности потока в конце борозды, зная при этом скорость естественного почвообразования за один год, которая принимается согласно рекомендаций от типа почв.

Минимально - допустимая величина мутности потока в конце борозды можно определить по зависимости:

$$P_{\min} = A / (g_1 \cdot t_1 + g_2 \cdot t_2 + \dots + g_n \cdot t_n) \quad (2.7.14)$$

Большой практический интерес представляет установление участка борозды, где происходит активный процесс ирригационной эрозии, т.е. при известной длине борозды выделить участок проявления активной эрозии, что особенно характерно при орошении земель со сложным рельефом местности в предгорной зоне.

По исследованиям Ю.П.Полякова [93] незэродируемый участок борозды рекомендуется определить по зависимости:

$$X_1 = g \cdot t^2 / f \cdot n_p \cdot k_0 \{1 - (v_{\text{доп}} / 49,15^{7/3} \cdot n^{1/3} \cdot h^2 \cdot i^{7/6})\} \quad (2.7.15)$$

где X_1 - расстояние от начала борозды, откуда происходит активная эрозия почвы, м;

g - величина поливной струи в борозду, л/с; t - продолжительность подачи воды, час;

f - активный смоченный периметр борозды, м; n_p - поправочный коэффициент к скорости поглашения воды ($n_p > 1$); k_0 - скорость поглашения воды почвой за первую единицу времени.

Участок активной эрозии ($L_{\text{акт}}$) при известной длине борозды X определяется по зависимости:

$$L_{\text{акт}}=X_2-X_1 \text{ или } L_{\text{акт}}=100-(q \cdot t)/(f \cdot n_{\text{п}} \cdot k_0)[1-(v_{\text{доп}}^{7/3}/0,78 h^2 \cdot i^{7/6})] , \quad (2.7.16)$$

$$\text{а длина участка отложения наносов } L_{\text{аккумуля}}=X - X_2 , \quad (2.6.17)$$

где X_2 - длина борозды от головы до участка насыщения продуктов эрозии.

По нашим исследованиям в предгорьях Дагестана участок активной эрозии в борозде начинается с головы борозды, т.к. на это влияет сложность рельефа (переменный уклон по длине) и скорости, которые в начале всегда больше и чем дальше они меняются [95].

Д.Я.Михайлов [82] в своих исследованиях в различных почвенно-климатических зонах Киргизии установил, что ирригационный смыв почвы за год составляет от 1,31 до 438,7 т/га. Для прогнозирования величины слоя смыва он рекомендует формулу:

$$A=\{[(n_1 \cdot b_1 + n_2 \cdot b_2 + \dots) - (z - g \cdot 60^2 \cdot t)/10^6] / (10^4 \cdot d \cdot h / 100)\} , \quad (2.7.18)$$

где A - слой смыва почвы, см с 1 га; n_1, n_2 - очередные поливы; b_1, b_2 - смыв за очередной полив, т/га; h - слой почвы, соответственно в 1 см; z - количество воды, поступающей в делянку, м^3 ; $60^2 \cdot t$ - время, в течение которого вода с определенным содержанием взвесей поступает на поле; d - объемная масса почвы, $\text{т}/\text{м}^3$; 10^6 -показатель перевода в тонны; g – количество взвесей в 1 литре воды, поступающее на делянку.

Наиболее удобным и практичным из рассмотренных последних методов определения величины смыва почвы является методика, предлагаемая Ю.П. Поляковым [94], при которой не требуется множество измерений в полевых условиях, что очень важно в определении результатов эксперимента с высокой точностью.

Приведенные литературные источники свидетельствует о том, что все районы орошаемого земледелия нашей страны, а также и за рубежом подвержены в большей или меньшей степени водной эрозией.

Теоретические основы, описывавшие закономерности ирригационной эрозии говорят о том, что данный вопрос достаточно полно изучен в основных зонах орошаемого земледелия страны. Из литературных источников видно, что для условий предгорной зоны, а также и для равнинной зоны Дагестана, какие-нибудь сведения о распространении эрозии при поливах и ее последствиях вообще отсутствуют. Имеющиеся данные относятся к ветровой и водной эрозии на богарных землях [64, 66, 9,88].

Важной проблемой для республики является изучение явления ирригационной эрозии почв и разработка мер по ее предотвращению, установление

оптимальных элементов техники и способов орошения, особенно для участков с большими уклонами и сложным рельефом местности.

2.7.3. Существующие способы механизации полива по бороздам

Основные требования сельскохозяйственного производства к технике полива - это всесторонняя механизация и автоматизация, обеспечивающая высокую производительность и качество полива при рациональном использовании водных и земельных ресурсов.

Условием применения поливных сифонов является нарезка оросителей с уклоном не более 0,001, чтобы создать необходимый подпор для обеспечения работы одновременно 70-100 сифонов. В условиях орошения склоновых земель проведение аналогичных поливов практически невозможно.

Установка поливных трубок в борт оросителя целесообразно в случае, если ставят один раз на весь сезон, а также для полива сельскохозяйственных культур, требующих многократных поливов [112].

Для многолетних насаждений (виноградника), требующих послеполивной обработки междурядий и нарезки борозд для последующего полива, такая арматура не всегда является эффективной.

Вариантом совершенствования полива путем механизации является применение распределительных и поливных трубопроводов, заменяющих временные оросители и выводные борозды, что снижает трудоемкость полива, повышает производительность труда, КПД полива и КЗИ, исключает размывы мелкой оросительной сети [112, 126].

Поливные трубопроводы имеют водовыпуски с шагом, равным расстоянию между бороздами. Наилучший режим работы трубопровода устанавливается при напоре в начале его равным 3-6 м. Небольшие неровности поверхности участка и обратные уклоны вдоль трассы трубопровода и оказывают существенное влияние на равномерность распределения воды в борозды. При больших уклонах ($> 0,01$) такие трубопроводы работают как самонапорные.

Водовыпуски, устанавливаемые на трубопроводе, делают регулируемыми на величину поливной струи от 0,05 до 2 л/с.

Применяемые жесткие трубопроводы состоят из отдельных звеньев, оборудованными быстроразъемными соединениями и регулируемым клапаном для подачи воды в борозды. Регулирование поливной струей производят индивидуально каждого водовыпуска (клапана), что в производственных условиях приводит к дополнительным затратам времени и труда.

Для полуавтоматического распределения воды на участках с хорошей планировкой ВНИИГиМом предложено применять гибкие трубопроводы,

окантованными отверстиями постоянного диаметра, выбираемого в зависимости от расхода расчетной струи в борозду. При переменных уклонах требуется также индивидуальное регулирование каждой струи. Применение гибких и жестких поливных трубопроводов значительно облегчает труд поливальщика, что позволяет увеличить его производительность, сократить объемы ручного труда в 2-3 раза, обеспечить экономное расходование воды на поливе.

Под руководством И.Г. Алиева [4] в ВНИИМ и ТП разработан трубопровод поливной, универсальный ТПУ-300 позиционного действия для полива сельхозкультур по бороздам и полосам с расходом воды 100 л/с. Включение водовыпусков в работу и регулирование их расходов в процессе полива осуществляется дистанционно с помощью механизма группового регулирования.

Для полной механизации полива в последние годы широко применяется поливные шланговые машины конструкции ГСКБ по ирригации ППА-165У и ППА-300, которые обеспечивают одновременно забор воды, транспортировку ее и распределение между бороздами.

Нашло применение при возделывании хлопчатника и винограда в условиях предгорья Таджикистана - автоматизированная система полива по бороздам И.А.Шарова и Г.Ю. Шейкина [127]. Поливная вода подается и распределяется между бороздами из стационарной трубопроводной сети, оборудованной системой каскадного автоматизированного управления.

При сложном рельефе местности для полива пропашных культур ВНПО "Радуга" рекомендует разработанные НИИ оборудования к дождевальным машинам "Волжанка" и "Днепр". Вместо дождевальных аппаратов устанавливают муфты-вставки с поливными гибкими шлейфами, распределяющими воду в борозды.

Модернизация дождевальных машин для полива по бороздам позволит использовать их на участках орошения без сбросов воды при высоком качестве полива.

Анализ вышеперечисленных направлений механизации бороздного полива показывает, что применение их на больших уклонах предгорья Дагестана способствовали бы повышению качественных показателей техники полива, но имеющаяся по настоящее время примитивная поливная техника для условий нашей республики говорит о низких темпах внедрения прогрессивных способов и техники полива.

По наблюдениям специалистов распределение воды на оросительных системах в предгорной зоне Дагестана остается еще на самом низком уровне. Оросительная сеть расположена на отметках водораздела склоновых земель

орошаемого массива. Распределение поливной воды осуществляется по ярусной схеме, с передачей воды из верхних участков в нижние, без применения водораспределительной поливной арматуры. Направление полива на полях, как правило, совпадает с направлением максимального уклона. Борозды армируются в лучшем случае камнями, дерниной, а то и прокопом оголовки.

Поливы в таких случаях сопряжены с большими затратами времени и средств, при низком качестве технологии производства поливов, особенно в ночное время. Из-за сложности распределения воды по бороздам, рекомендуемый режим орошения сельхозкультур трудно осуществляется поливальщиками, зачастую его определяют визуально по добеганию струи в конец борозды.

При такой технологии поливов, с примитивной арматурой, маломощные плодородные горизонты из года в год снижаются, урожаи виноградников падают, после 5-6 летней эксплуатации, их раскорчевывают и осваивают под другие сельскохозяйственные угодья или эти земли исключают из сельскохозяйственного пользования.

Проведенные исследования [51] в хозяйствах предгорной зоны южного Дагестана показали, что бороздной полив виноградников на больших уклонах ($> 0,01$) проводится без каких-либо мер, снижающих или предотвращающих эрозию почвы.

Установлено, что основными причинами резкого снижения плодородия почвы является водная эрозия, которая возникает в результате применения способов полива, не соответствующих рельефу местности и проводимых без учета противоэрозионных мероприятий при наличии несовершенной техники и технологии полива.

При поливе участков со сложным рельефом местности, в местах перехода от максимальных к минимальным уклонам, часто происходит прорыв гребней борозд, в результате чего в средней части поливной борозды образовывались промоины различных размеров. Смытая почва транспортируется и отлагается вдоль нижней границы участка, обычно в концевых отрезках (10-20 м) поливных борозд. При больших расходах воды (1,0...3,0 л/с), на уклонах местности $> 0,01...0,02$, часть поливной воды, пришедшая в конец борозды идет на сброс, унося содержащиеся в ней взвешенные и донные наносы за пределы поливного участка.

В результате послеполивных обработок и водной эрозии почвы зоны смыва и намыва деформируются. Почвенный слой верхней зоны смыва, обычно это начало борозды, постепенно снижается, а нижней - намыва, повышается, т.е.

имеет местный размыв по длине борозды, обуславливающий пестроту почвенного покрова, что отражается и на урожайность сельхозкультур.

Ирригационная эрозия почв в долинах рек предгорной зоны Дагестана имеет широкое распространение. Часто полив по бороздам превращается в "дикий" напуск, последний еще в большей степени является опасным. Ежегодный смыв в среднем составляет более 1100 т/га, что соответствует толщине смытого слоя в 15 мм с каждого поливного гектара. В местах нарезки временной оросительной сети образовались микроложбины шириною более 2,0 м и глубиною 25...50 см и, особенно, это характерно на вновь осваиваемых участках склоновых земель, где вообще не применяется поливная арматура для распределения поливной воды между бороздами, а также из-за отсутствия навыков проведения поливов. По результатам обследования было установлено, что имеющее место явления ирригационной эрозии почвы носит здесь опасный характер и, несмотря на угрожающие размеры эрозии почвы, зона исследований до настоящего времени не изучена. Нет научно-обоснованных рекомендаций по режиму и технике полива виноградников для условий предгорий Дагестана, которые с учетом почвенно-климатических особенностей позволили бы хозяйствам получить гарантированные и устойчивые урожаи.

Изучив закономерности развития процесса эрозии почв, непосредственно в полевых условиях предгорья, можно разработать более эффективные меры, предотвращающие смыв почвы на участках со сложным рельефом местности. Применение правильной техники и технологии полива виноградников с учетом ирригационной эрозии почвы, позволит более рационально использовать оросительную воду, повысить коэффициенты земельного использования (КЗИ) и полезного действия (КПД), а также производительность труда поливальщика при минимальных эксплуатационных затратах.

2.7.4. Современное состояние внутрипочвенного орошения и его теоретические основы

Внутрипочвенное орошение - управляемая подача оросительной воды непосредственно в корнеобитаемую толщу почвы [134].

При внутрипочвенном орошении создается: оптимальный воздушный, тепловой и питательный режимы почвы, обеспечивающие получение высоких и устойчивых урожаев сельхозкультур. Основными преимуществами этого способа орошения являются: полная механизация распределения воды и ее автоматизация; минимальные затраты труда на полив; экономия поливной воды по сравнению с поверхностными поливами; высокий КПД системы; отсутствие водной эрозии почв на больших уклонах; исключение образования

поверхностной корки; возможность поддержания оптимального режима орошения при сокращенном периоде вегетации сельхозкультур; исключение потери воды на испарение, сохранение структуры почвы и получение высоких урожаев [31]. Исследованиями внутрипочвенного орошения занимались В.Р.Родигер [102], С.В.Астапов [6], В.И.Бобченко [15], В.Н.Кичигин [63], М.С.Григоров [30], Б.А.Щумаков [132], Г.И.Фищенко [120], Г.Ю.Шейнкин [127], В.В.Изюмов [56], В.П.Остапчик, В.Г.Лабода [55], Б.А.Шумаков и Д.П. Гостищев [133] и мн.др.

Основоположником теории внутрипочвенного орошения является В.Г.Корнев, который предложил и теоретически обосновал абсорбционный метод внутрипочвенного орошения. Впервые на опорных пунктах ВНИИГиМа (в Крыму, Заволжье, Средней Азии, Азербайджане, Украине) проводились поисковые исследования этого способа орошения, используя, в том числе кротовые увлажнители, являющимся основным элементом системы. Более основательно в производственных условиях, на землях совхозов "Рогачевский" и "Советская Россия" Ростовской области, под руководством акад. Б.А.Шумакова изучали внутрипочвенно-кротовое орошение Б.Б.Шумаков [133] и Д.А.Штокалов [126].

В институте ЮжНИИГиМ под руководством Д.А.Штокалова [126] изучали вопросы крепления кротовин растворами полимеров и разработали конструкцию виброкротователя.

В опытно-производственном хозяйстве Новочеркасского инженерно-мелиоративного института и ОПХ ВИИВиВ (1962 г.) под руководством Б.А.Щумакова велись исследования внутрипочвенного орошения с изучением II конструкций увлажнителей. Опытные исследования системы внутрипочвенного орошения с различными конструкциями увлажнителей проводились также в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской и Волгоградской областях.

В последние годы системы внутрипочвенного орошения получили применения для полива технических, эфиромасличных и других сельхозкультур сточными водами животноводческих комплексов.

Конструкция оросительной системы внутрипочвенного орошения может быть полужакрытой или закрытой. При полужакрытой системе каналы устраивают открытые, а трубы-увлажнители - закрытые. При закрытой системе всю проводящую и регулирующую сеть устраивают из закрытых трубопроводов. Вторая система является наиболее совершенной, при которой можно автоматизировать поливы.

К качественным показателям внутрипочвенного орошения относятся: равномерность увлажнения активного объема корнеобитаемого слоя, высокий

КПД полива, снижение затрат ручного труда, возможность автоматизации и механизации поливов. К недостаткам внутрипочвенного орошения относят: слабое увлажнение самого верхнего слоя почвы и возможное засоление почвы, трудность регулирования микроклимата надземной части растений.

В деле совершенствования систем внутрипочвенного орошения важнейшей проблемой является разработка конструкции увлажнителя, как основного элемента полива, отличающегося дешевизной и простотой конструкции, обеспечивающего оптимальное увлажнение почвы, позволяющего применить механизмы при его устройстве и быть долговечным. Большое внимание в этом направлении уделяется разработке самой простой конструкции увлажнителя - кротовине.

Техника орошения по кротовинам является одной из дешевых, т.к. для ее устройства не требуется никаких строительных материалов. Недостатком кротовых увлажнителей является то, что при эксплуатации в течении одного сезона или после одного-двух поливов они обрушиваются и поэтому их рекомендуют укреплять полимерами, цементом или другими материалами.

Допускается устройство кротовин на средних и тяжелых грунтах с уклоном поверхности не более 0,005. Поверхность участка внутрипочвенно-кротового орошения должна быть тщательно спланирована до строительства оросительной сети.

Глубина заложения увлажнителей рекомендуется 45.. .60 см с расстоянием друг от друга в 1,0...4,0 м. Диаметр увлажнителей составляет 20...50 мм, с длиной 50...200 м [134] .

Основной задачей техники полива является осуществление принятого режима орошения сельхозкультур.

Динамика поступления воды из увлажнителей в почву аналогична впитыванию с поверхности почвы: в начале полива расходы максимальные, затем они уменьшаются и достигают наименьшего значения [30].

Характер продвижения влаги в почве в основном зависит от водно-физических свойств почв, конструкций принятых увлажнителей и гидравлическим режимом их.

В этой связи характер движения струи в почве будет меняться по длине с изменением подаваемого расхода воды от головной части к концу увлажнителя.

Наибольшей подвижностью обладает влага, способная передать статическое давление и, передвигающаяся капиллярным путем в пределах от полной до наименьшей влагоемкости [103, 30]. Система внутрипочвенного орошения будет работать нормально в случае равенства объема воды, поглощаемого почвой, к объему воды, подаваемого поливом, т.е. при соблюдении баланса.

Это условие должно приниматься за основу расчета водорегулирующей сети. Скорость воды почвой устанавливается по зависимости акад. А.Н.Костякова [60] :

$$V = K \cdot I^a, \quad (2.7.19)$$

где K - коэффициент фильтрации; a - эмпирический показатель, изменяющийся от 1 (мелкозернистые грунты) до 0,5 (крупнозернистые грунты); I - градиент напора.

Количество воды, поглощаемой почвой из полости безнапорного увлажнителя на единицу его длины, определяется по формуле:

$$q_p = V_x = K \cdot I \cdot X \quad (2.7.20)$$

где K и I - коэффициент и градиент водопоглощения (при $a = 1$);
 X - смоченный периметр.

В зависимости от поливной нормы и характеристик грунтов расстояние между увлажнителями принимается равным ширине контура увлажнения с незначительным перекрытием (5 см). По проведенным исследованиям на многолетних насаждениях (виноградники, сады) урожай не снижается при 20...30 см пространстве между контурами увлажнения, т.е. перекрытие считается здесь необязательным. Это требуется при поливе сельхозкультур сплошного сева для получения дружного всхода семян [30].

Основными элементами системы внутripочвенного орошения является увлажнители, транспортирующие и распределительные трубопроводы. Гидравлический расчет увлажнителей и трубчатых оросителей проводят при установившемся движении воды.

Поливные режимы разрабатывают из условия поддержания непрерывной влажности в корнеобитаемом слое почвы в пределах допустимых, т.е. не ниже критической, 60-80% от полевой (наименьшей) влагоемкости.

2.7.5. Особенности применения внутripочвенного орошения на больших уклонах

По данным литературных источников внутripочвенное орошение обладает рядом преимуществ, которые наиболее приемлемы для полива виноградников, расположенных на склоновых землях, где другие способы орошения не приемлемы или затруднены по ряду известных причин. Из систем внутripочвенного орошения простым в конструктивном и удобном для проектирования на больших уклонах представляет интерес кротово-

увлажнительная система, прошедшая производственные исследования на равнинных участках различных природно-климатических зонах страны.

Согласно действующему СНиП 2.06.03-85 [109] внутрипочвенное орошение рекомендуют для участков с рельефом местности не более 0,01, т.е. по длине увлажнителя не допускаются уклоны больше этого. В литературных источниках известны системы внутрипочвенного орошения с трубчатыми увлажнителями, с целью равномерного увлажнения они оборудованы дополнительными устройствами, регулирующими действующий пьезометрический напор в сети. К таким конструкциям относятся системы внутрипочвенного орошения, разработанные М.С.Григоровым [30], которые могли бы применяться на больших уклонах со сложным рельефом местности.

Для выравнивания напора по длине увлажнителя М.С.Григоровым разработано устройство (а.с. №904803) (рис.2.5.1), снабженное клапаном эллиптической формы с шаровым противовесом в нижней части, выполняющим функцию регулятора напора.

Необходимый напор устанавливается подбором соответствующей массы шарового противовеса. Принцип работы устройства заключается в том, что равновесное положение клапана нарушается под действием воды поступающей в увлажнитель. Под давлением воды отодвигается клапан на угол 90° , обеспечивая полное открытие его, затем заполняется следующий по ходу участок. В случае падения напора на отдельных участках клапаны, установленные ниже этих участков, закрываются, и напор увеличивается.

1

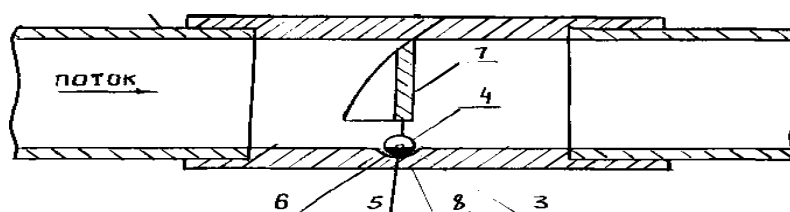


Рисунок 2.7.1- Схема устройства для выравнивания напора по длине внутрипочвенного увлажнителя: 1 - трубчатый увлажнитель; 2- корпус; 3 - углубление; 4- шаровой противовес; 5 - свинец; 6 - отверстие; 7 - клапан; 8-ось противовеса.

Равномерность увлажнения по длине борозды достигается с помощью запорно-регулирующих трубчатых элементов W - образной формы, с воздуховыпусками в верхнем и нижнем изгибах, в новой системе внутрипочвенного орошения (а.с. 738556), рекомендуемого М.С.Григоровым [30]. Запорно-регулирующие элементы, устанавливаемые на распределительно – увлажнительной сети, работают последовательно, задерживая струю воды до насыщения почвы влагой из увлажнителя и водовыпуск за счет увеличения напора, который

продавливает воздушную пробку в воздуховыпуск, после чего вода поступает на следующий участок увлажнителя и т.д.

Применение запорно-регулирующих элементов на системах внутрипочвенного орошения позволяет упростить конструкцию с распределительными колодцами и другой арматуры, мешающие обработке почвы, а также появляется возможность их использования на больших уклонах склоновых земель.

Но вместе с тем описанные системы в конструктивном отношении сложны и требуют тщательной очистки воды с целью защиты трубопроводов и устройств от заиливания.

В качестве противоэрозионного способа разработана конструкция кротового увлажнителя, способствующая равномерному увлажнению по длине и, исключая вышеуказанные недостатки (а.с. №895297) (рис .2.5.2). Способ прошел производственные испытания на склоновых участках со сложным рельефом местности в предгорьях Дагестана, и имеют отличительные особенности, дающих преимущества перед другими способами в отношении равномерности распределения влаги и защиты от водной эрозии почвы. В конструктивном исполнении они просты, не требуются специальных запорно регулирующих элементов, защищены от заиливания.

Рабочим органом нарезают щель (1) глубиной 40-70 см, шириной 0-3,5 см с выступами на дне (2) высотой 20-35 см и длиной 30...60 см на расстоянии 5...20 м друг от друга и одновременно создают кротовину (3) диаметром 6...8 см на 6... 10 см выше дна щели.

Применение таких увлажнителей при внутрипочвенном орошении позволяет их использовать эффективно на уклонах более 0,01 и при сложном рельефе местности. Другие системы внутрипочвенного орошения, которые применяют на больших уклонах, в конструктивном отношении сложны и имеют большие капитальные затраты на их строительство. Кроме того, внедрение внутрипочвенного орошения виноградников в описанных условиях сдерживается отсутствием налаженного промышленного производства пористых керамических труб, высокой стоимости транспортировки, а также отсутствием средств механизации и керамических и других увлажнителей.

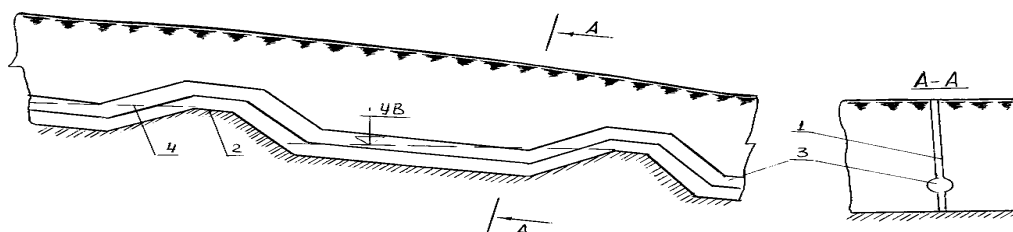


Рисунок 2.6.2- Схема конструкции кротового увлажнителя: 1 - щель; 2 - выступы дна щели; 3 - кротовина; 4 - линия поверхности воды

3. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕХНИКЕ ПОЛИВА

3.1. Почвенно-климатические условия

Дагестан, занимающий площадь 5,33 млн.га, расположен в зоне достаточного увлажнения на северо-восточных склонах Большого Кавказа и в юго-западной части Прикаспийской низменности. Значительная часть территории отличается сложным рельефом, сформированным отрогами главного Кавказского хребта.

В связи с вертикальной зональностью, по характеру рельефа и условиям, Дагестан делится на три природно-экономические зоны (рис.3.1) [66] .

1.Равнинная зона, расположенная на высоте до 200 м над уровнем моря, площадью 2492,1 тыс.га, представляет собой почти плоскую равнину с аллювиально-аккумулятивным рельефом. Здесь в основном, развито зерновое хозяйство, возделывают также многолетние сельскохозяйственные культуры

2.Предгорная зона с высотными отметками от 200 до 1000 м, площадью 840 тыс.га, занимает 15,8% территории республики, представлена дугообразной полосой между реками Самур и Сулак. Здесь находится более 26% многолетних насаждений (сады и виноградники), 22% пашни и 15% сельхозугодий республики. В ее пределах расположены районы юга республики: Дербентский, Табасаранский, Хивский, Магарамкентский и С.Стальский.

3. Горная зона расположена на высоте более 1000 м над уровнем моря. Главные сельскохозяйственные отрасли в этой зоне - животноводство, горно-долинное садоводство и виноградарство. Территория сельскохозяйственных предприятий "Герейханова" С.Стальского и "Муктадирского" Магарамкентских районов по материалам В.Д.Голубятникова[34], Керимханова С.У. и М.А.Баламирзоева [9], в основном, сложена породы третичного периода и частично отложениями средней, верхней эры и мелового периода.

В долине реки Гюльгеричая, на которой расположены виноградники и сады хозяйств, развиты аллювиально-луговые и лугово-лесные почвы.

Горно-долинные, лугово-лесные почвы подробно описаны в работах М.А.Баламирзоева [9], Д.У. Джабраилова, М.Б.Магарамова, Б.А.Белолипского [41].

На основании литературных данных и по нашим наблюдениям почвы представлены следующими физико-химическими показателями: количество гумуса в верхнем слое 3,80-6,14%, азота 6,72-6,9, подвижного фосфора 2,84-3,04 мг и обменного калия 24,42-28,25 мг на 100 г почвы (прил.2).

Описываемые почвы характеризуются низкой степенью карбонатности, количество карбонатов на глубине 70-80 см не превышает 0,65%, а в почвообразующей породе 0,63-2,17%. Среди поглощенных оснований долю кальция приходится 27,0-28,40 мг экв., магния 8,14- 10,11 мг экв. на 100 г почвы, РН - почвенного раствора нейтральной (прил.2).

Механический состав почв исследуемого района, по классификации Н.А.Качинского, относится к средним и тяжелым суглинкам с содержанием физической глины от 31,4-57,0% (прил.3).

Плотность лугово-лесных почв, в слое 0-60 см, колеблется в пределах 2,58-2,68 г/см³. Наибольшая плотность (2,70-2,73) отмечается с глубиной 70 см и ниже. Объемная масса в слое 0-30 см не превышает 1,40 г/см³, а глубже доходит до 1,44 г/см³.

Порозность, имеющая большое значение для роста и развития виноградников и др. культур, в верхних разрыхленных слоях и чуть ниже достигает до 64,0%, а в нижних горизонтах до 47,2%. Такое состояние с агрономической точки зрения считается удовлетворительным.

Пахотный горизонт этих почв выражен хорошей структурностью, где на фракции крупнее 10 мм приходится 15,7%, в подпахотном 36,1%, а на фракции мельче 0,25 мм - 2,7%.

По мере использования земель структурность почв приобрела характер убывания верхних к нижним горизонтам по сравнению с первоначальным их освоением.

Максимальная гигроскопическая влага в верхнем слое (0-40 см) равна 9,36-10,50% от массы сухой почвы, а в нижних горизонтах по мере уменьшения гумуса, доходит до 8,4%.

Для категорий почв, исследованных участков, запасы влаги (МГВ) следующие: горно-долинные и лугово-лесные - 1038,3-1138,0 м³/га; бурые лесные - 1051,0 - 1448,2 м³/га; аллювиально-луговые 643,3-1099,0 м³/га, в светло-каштановые - 1355,0 м³/га.

Влажность устойчивого завядания для тяжелых светло - каштановых почв составляет 14,64 до 15,75%. Величина наименьшей влагоемкости (НВ) в метровой толще для светло-каштановых почв составляет 18,20-25,51% от массы сухой почвы, коричневые почвы имеют - 24,5-31,1%, а бурые лесные имеют самый высокий показатель НВ- от 17,5 до 38,42 %. Для горно-долинных, лугово-лесных почв, в слое 0...50 см НВ составляет 1622-1800 м³/га, в слое 0-100 см - 3350,0-3540,0 м³/га. Все остальные водные свойства для почв района исследований приведены в таблице 2 приложения 4.

Важной характеристикой почв, представляющей мелиоративный интерес для наших исследований, является водопроницаемость. Величина

водопроницаемости колеблется с изменением в меньшую сторону, по мере увеличения уклона поверхности участков и зависит, в основном, от структурности, механического состава и плотности почв (таблица 2, прилож.4).

С поверхности светло-каштановых почв наблюдается низкая впитываемость, равной 2,20 мм/мин, для этих почв характерно быстрое образование поверхностного стока. Кроме того, недостаточная промачиваемость нижних слоев почвы объясняется высокой их плотностью и слабой структурностью.

Скорость впитывания коричневых и бурых лесных почв колеблется в пределах от 0,39 до 8,42 мм/мин, а для аллювиально-луговых она выше (8,17...10,2 мм/мин). Хорошей водопроницаемостью отличается лугово-лесные почвы (12-13,85 мм/мин), а к нижним слоям она уменьшается и составляет - 1,04..1,17 мм/мин. Верхние горизонты этих почв обладает хорошей структурностью, а нижние слои высокой плотностью.

В региональном отношении, рельеф районов идентичен сложно расчлененной, холмисто-долинной поверхности к пойме и вниз по долине. В общих чертах рельеф предгорья слабо дислоцирован и отличается от рельефа горной зоны преобладанием сравнительно мягких и пологих склонов, наличием широких речных долин. По химическому составу вода р.Гюльгеричай относится к гидрокарбонатному классу с общей минерализацией от 0,432 г/л до 0,500 г/л. Вода без вкуса и запаха, представлена главным образом ионами HCO_3 , SO_4 , Se , Ca , Mg , $\text{Na} + \text{K}$ и относится к категориям "хорошим", где сухой остаток не превышает 500-628 мг/л.

Сложность орфографии, близость высоких гор и Каспийского моря оказывают огромное влияние на формирование климата в предгорной зоне.

В общих чертах климат предгорий умеренно-теплый, с заметным проявлением вертикальной зональности в распределении его элементов. Зима теплая и мягкая с неустойчивым снежным покровом. Лето жаркое и засушливое. Годовая сумма осадков составляет 350-450 мм в низовьях и до 500...650 мм в верхних предгорьях [66, 9].

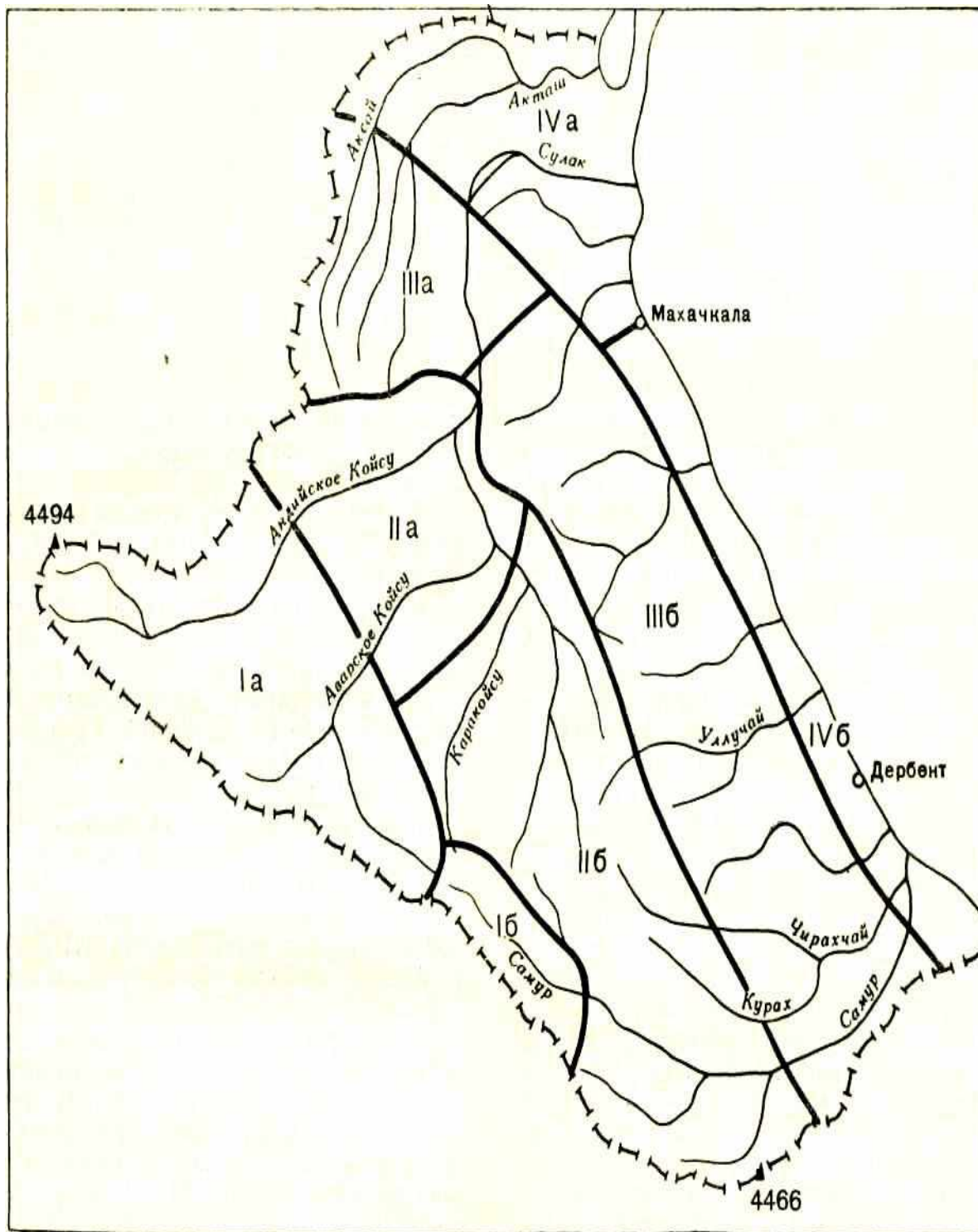


Рис.3.1- Природно-экономические зоны Р Д

I - равнинная; II - предгорная; III - горная

В среднем количество осадков, выпадающих за вегетационный период, составляет 275...450 мм (приложение 1).

Среднегодовая температура воздуха равна 10,6-10,3°C. На каждый 100 м высоты среднегодовая температура воздуха убывает на 0,3 ...0,43°, в теплый период года на 0,44...0,45. Наиболее теплыми месяцами являются июль-август, где среднемесячная температура воздуха составляет 22,6...22,9°, а холодными - январь и февраль - 2..1° [9].

По данным Дербентского и Касумкентского метеопунктов, абсолютный максимум температуры воздуха в районах предгорий составляет + 37°, а абсолютный минимум - 24°. Сумма активных температур выше +10° колеблется от 3000 до 3800°. На каждые 100 м высоты сумма активных температур уменьшается на 100...125° [9]. Вегетационный период для сельскохозяйственных культур в предгорьях наступает 25-26 марта и продолжается до 17-10 ноября, т.е. продолжительность этого периода в среднем равно 235...237 дней.

Относительная влажность воздуха здесь колеблется в пределах 50-73%, убывает в летнее время, а в весенне-осеннее время возрастает. Увлажненность территории умеренная в верхнем предгорном поясе (гидротермический коэффициент 1,1) и недостаточная в нижнем предгорном поясе (ГТК-0,8). Преобладающие ветры в районе исследований носят горно-долинный характер [9], который имеет суточную периодичность.

Немаловажную роль в сохранении и повышении плодородия почв играет производственная деятельность человека. Неправильное осуществление мелиоративных мероприятий может привести к развитию эрозии почвы, ухудшению агрофизических и химических свойств почв. Поэтому производственная деятельность должна быть направлена на преобразование и восстановление маломощных плодородных земель; на соблюдение рекомендаций по применению поливной техники и технологии поливов, которые способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

3.2. Методика проведения исследований

3.2.1. Обоснование и задачи исследований

Полив по бороздам виноградников и других пропашных культур требует больших затрат труда на подготовку временной оросительной сети к поливу и распределения воды по бороздам. При этом желаемых качественных показателей поливов не достигают, особенно на тех поливных участках, где имеется сложный рельеф местности. Кроме этого производительность полива на таких участках низкая (на полив I гектара затрачивается 1,5-2,5 человеко-

дня) равномерность увлажнения по длине борозд далеко не обеспечивает нормативной величины. Длина борозды на таких участках принимается в зависимости от характера микрорельефа в пределах 50.. 150 м, обычно 100 м.

На староорошаемых участках при существующей механизации водораспределения ведется «дедовскими», примитивными способами, соблюдение элементов техники полива, рекомендованных для Северного Кавказа ЮжНИИГиМом, практически невозможно.

В этой связи, о применении водосберегающей технологии поливов виноградников в условиях предгорья Дагестана при отсутствии конкретных разработок с учетом особенностей региона, говорить не приходится. Применяемая техника полива в этой зоне определяется ориентировочно, на глаз поливальщика, без учета крутизны уклона и размеров подаваемой воды. В таких условиях резко меняется мощность плодородного слоя почвы, смытая поливной водой почва на больших уклонах оседает в низинах, соответственно, и урожайность в пределах одного поливного участка резко отличается.

Проекты орошения земель ПИ «Даггипроводхоз», по применению механизированных поливов с помощью гибких и жестких трубопроводов систем Г.Ю.Шейнкина и И.А.Шарова, только получило одобрение на внедрение их в хозяйствах. В отдельных хозяйствах республики, где уже построены системы поверхностного орошения, из-за отсутствия региональных рекомендаций по технике полива сельхозкультур, расположенных на участках с большими уклонами, желаемых результатов на гарантированные урожаи не получают.

В этой связи представляет большой интерес разработка техники и технологии поливов многолетних насаждений по бороздам на больших уклонах, с изучением процессов ирригационной эрозии и мер, направленных на ее предотвращение в условиях предгорья Дагестана. Как уже ранее было отмечено, что для условий предгорья Дагестана ирригационная эрозия при бороздном поливе не изучалась и, соответственно, специалисты по проектированию и эксплуатации оросительных систем не располагают какими-либо характеристиками по борьбе с ней. Рекомендуемые элементы техники полива и приемы защиты почв от водной эрозии, разработанные для малоуклонных участков со спокойным рельефом местности, не приемлимы для условий предгорья.

Для предгорья Дагестана со сложным рельефом местности практический интерес представляет исследования техники и технологии поливов по бороздам в комплексе с учетом явления эрозии почв и способов борьбы с ней.

В этой связи большой интерес имеет следующие вопросы:

-анализ ирригационного фонда республики по материалам ФГУ «Минводхоза» РД, установление характера распространения эрозии почв в зависимости от уклонов;

-исследование элементов техники полива по бороздам и их влияние на величину ирригационной эрозии;

-изучение технологии полива с помощью поливного трубопровода для распределения воды по бороздам на больших уклонах местности;

-разработка конструкции внутрипочвенного увлажнителя для равномерного распределения воды по длине и как способа борьбы с водной эрозией почв.

Основной целью наших исследований является изучение техники бороздного полива на больших уклонах, ее влияние на эрозию почвы и разработка способа ее предотвращения путем применения новой конструкции внутрипочвенного увлажнителя.

Путем изучения фондовых материалов Минсельхоза РД установлено наличие ирригационного фонда земель, их подверженность к водной эрозии по природно-климатическим зонам, а также перспективы развития сельскохозяйственного производства до 2020года. В результате анализа имеющихся материалов установлены наиболее перспективные сельскохозяйственные культуры, возделываемые в предгорной зоне РД.

Основное место отводится многолетним насаждениям - садам и виноградникам.

Поэтому, опытные участки земель, занятые под виноградники были выбраны для исследований техники и технологии поливов типичными для районов предгорья юга Дагестана.

Изучение элементов техники полива и процесса ирригационной эрозии проводились в полевых условиях, используя методики А.Н.Ляпина, Н.Т.Лактаева, Б.А.Шумакова, Ц.Е.Мирцхулавы с некоторыми нашими уточнениями при разработке способа предотвращения эрозии [75, 76, 80].

Одновременно в лабораторных и полевых условиях исследовался поливной трубопровод распределения поливной воды между бороздами. Опыты проводились в лаборатории кафедры Мелиорации земель ДГТУ и на опытных участках хозяйств в Магарамкентском и С. Стальском районах при уклонах 0,01...0,10.

Конструкция поливного трубопровода разрабатывалась нами в лаборатории кафедры. Лабораторными опытами определялось диапазон регулирования величины подаваемой поливной струи в борозды группой водовыпусков, которых были вмонтированы в поливном трубопроводе для одновременного полива нескольких борозд. Тарировка и групповое регулирование водовыпусков на различные расходы воды в борозды проводились на опытном образце с последующей проверкой их в полевых экспериментах.

Разработкой конструкции увлажнителя, как способа борьбы с водной эрозией почв и ее исследованиями занимались в полевых условиях на опытном участке.

3.2.2. Методика и средства проведения исследований техники бороздного полива

На опытных участках были определены водно-физические свойства почв: наименьшая влагоемкость; механический и агрегатный составы; объемная масса и плотность; порозность; водопроницаемость; наличие гумуса и других питательных веществ.

Для исследования техники и технологии полива виноградников на опытном участке, расположенном рядом с участковым каналом, нарезали поливные борозды с характерными уклонами местности в предгорья по намеченной схеме проведения опытов.

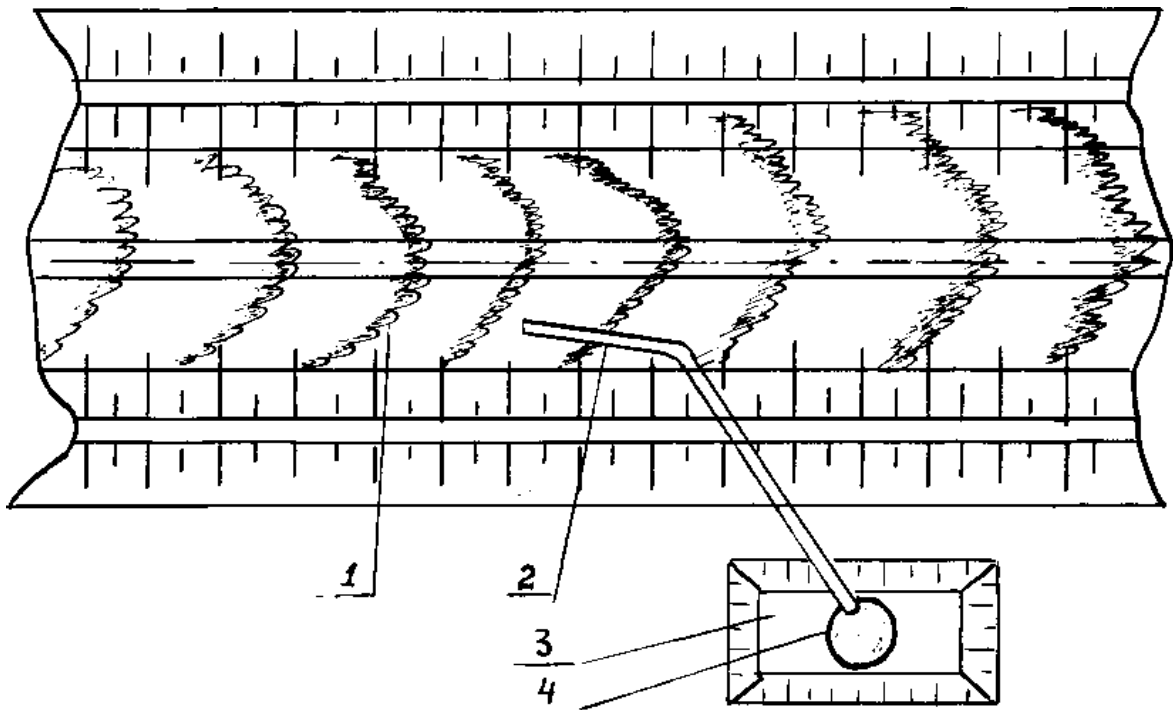
В каждом опыте было 6 борозд, четыре из них для исследований и две по краям - защитные. Борозды по длине разбивались на три участка с расчетными створами. Первый створ намечался в 10 м от начала борозды, второй - в середине, третий - в конце борозды. В указанных створах производились замеры сечений борозд до и после полива и отбирались пробы воды на мутность с интервалом времени 10, 20, 30, 40 минут и через час. Длины борозд принимались, равными ширине виноградных клеток, в основном, 100, 75, 50 м.

Элементы техники полива (расход воды в борозду - q , уклон - i , длина - L , глубина - h и равномерность увлажнения - K_p) в каждом варианте определялись в трехкратной повторности. С учетом применяемых в производственных условиях предгорья элементов техники полива назначались минимальные и максимальные размеры поливных струй 0,05...2,0 л/с,

В расчетных створах борозд определялись их размеры до и после поливов и гидравлические параметры: живое сечение - S ; смоченный периметр - f ; гидравлический радиус - R ; скорость течения воды - V ; глубина воды в борозде - h и глубина борозды H ; ширина зеркала воды - B .

Изменение поперечных сечений в расчетных створах борозды до и после полива дает представление о деформации борозды, а произведение средней деформации сечения на длину борозды показывает общий смыв почвы. Разность мутностей в начальном и конечном отрезке, с вычетом исходной мутности поливной воды получаем интенсивность смыва почвы в расчетном отрезке. Деформацию сечения борозды определили путем микронивелирования до и после поливов. По результатам измерений строят поперечники створов, показывающих картину размыва или намыва борозды.

Для отбора проб на мутность применяли полиэтиленовые трубки длиной 2,0-3,0 м, диаметром 14 мм. Начало трубки устанавливали в расчетном створе на откосе борозды, выше уровня воды в ней. Выходной конец трубки выводили в приямок, где был размещен мерный сосуд. При отборе проб воды на мутность начало трубки погружали в поток поливной борозды, вода поступала в мерный сосуд самотеком в результате превышения начала трубки над сосудом (рис.3.2).



A-A

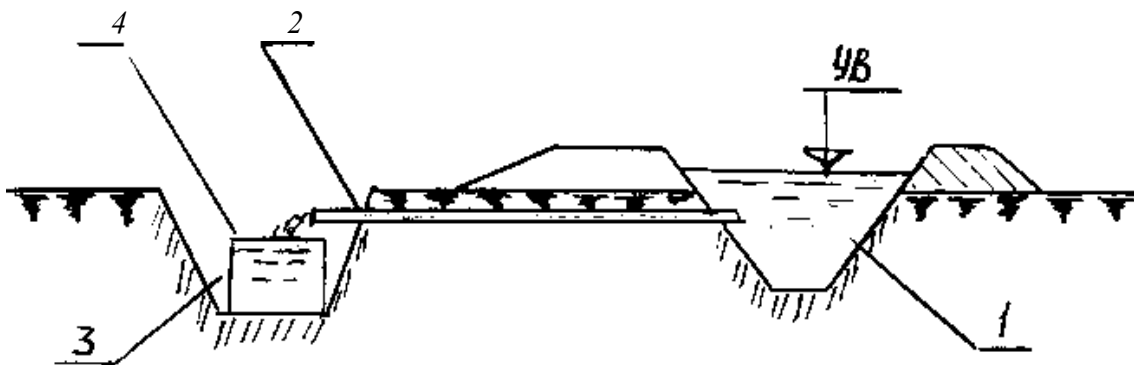


Рисунок 3.2- Схема отбора проб воды на мутность: 1-поливная борозда; 2-полиэтиленовая трубка; 3 - приямок для емкости; 4 - посуда для отбора пробы воды.

При этом нет необходимости в армировании борозды метровыми лотками в местах отбора проб воды или в устройстве приямков в борозде, что конечно, приводит к нарушению сечения борозды и затрудняет отбор проб. Любые препятствия водному потоку изменяет структуру самого потока и нарушает процесс ирригационной эрозии почвы.

Полиэтиленовые трубки просты в устройстве, надежны и обеспечивают необходимую точность при отборе проб.

Профильровав через лакмусовую бумагу содержимое сосуда, остаток высушивает в сушильном шкафу, и определяет мутность воды после

взвешивания. При этом исходную мутность вычитывают. Зная среднюю мутность и объем воды, идущий на сброс, можно установить объем почвогрунта смытого при поливе путем их перемножения.

Равномерность увлажнения по длине борозд устанавливали путем взятия почвенных образцов до и после полива в расчетных створах по вариантам расходов и уклонов. Образцы брались через 20 см до 1,0 м. Контуры увлажнения определяли в тех же створах поперек борозды с интервалами от оси её на 15, 35, 75 см. При этом влажность определялась методом термостатной сушки образцов почвы. Процесс ирригационной эрозии почв изучалось при больших уклонах (0,02; 0,025; 0,03; 0,05) и поливных струй в борозду (0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 0,8; 1,2; 1,5 и 2,0 л/с). Оптимальная величина расхода воды, при которой исключается размыв ложа борозды и обеспечивается выдача заданной поливной нормы без сброса воды, определялась по результатам опытных замеров. Измерение расхода воды осуществлялось водосливом Томсона, который устанавливался в голове поливной борозды. Имея исходные данные, определялась поливная норма по формуле акад. А.Н.Костякова:

$$D_{\text{ir}} = a \cdot h \cdot (b_{\text{н.в}} - b_{\text{min}}) \cdot 100 \quad (3.1)$$

где D_{ir} - политая норма, м³/га; $b_{\text{н.в}}$ - наименьшая влажность, в % от массы почвы; b_{min} - минимальная влажность, в % от массы почвы.

Продолжительность полива определялась по зависимости А.Н. Костяков:

$$t_n = (D_{\text{ir}} \cdot a \cdot L) / (10^4 \cdot q) = (f \cdot L \cdot k_0 / q)^{1/a} \quad (3.2)$$

где t_n - продолжительность полива, час; D_{ir} - поливная норма, м³/га; a - межбороздное расстояние, м; L - длина опытной борозды, м; q - расход в борозду, м³/с; a - показатель степени (0,3- 0,8); K_0 - скорость просачивания воды, м/час; f - смоченный периметр борозды, м.

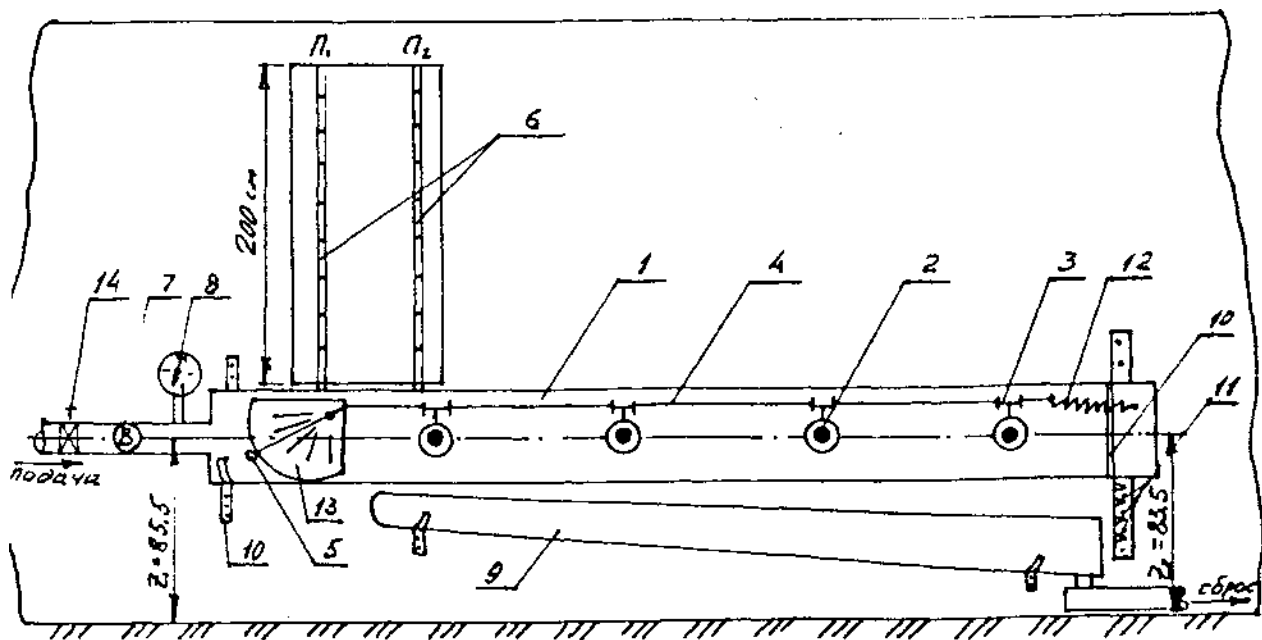
Среднюю скорость впитывания воды почвой определяли по формуле

$$V = W / L \cdot f \cdot t, \text{ л/с} \quad (3.3)$$

где V - средняя скорость впитывания, м/час; W - объем впитавшейся воды за время t (м³).

Скорость течения воды в борозде определялась с помощью поплавков, пользуясь секундомером.

Схема лабораторной установки поливного трубопровода с дистанционным управлением



1- поливной трубопровод; 2 - регулируемые водовыпуски с микрозатворами; 3 - микрозатворы на водовыпусках; 4 - металлическая планка соединения микрозатворов; 5 - механический рычаг дистанционного управления микрозатворами; 6 - пьезометры; 7 - водомер; 8-манометр; 9 - сливной лоток; 10 - кронштейны крепления трубопровода; П - металлическая планка с зацепами; 12 - пружина возврата; 13 - щит с градуированной шкалой ручного-управления; 14 - вентиль регулирования подачи воды.

Рис.3.3

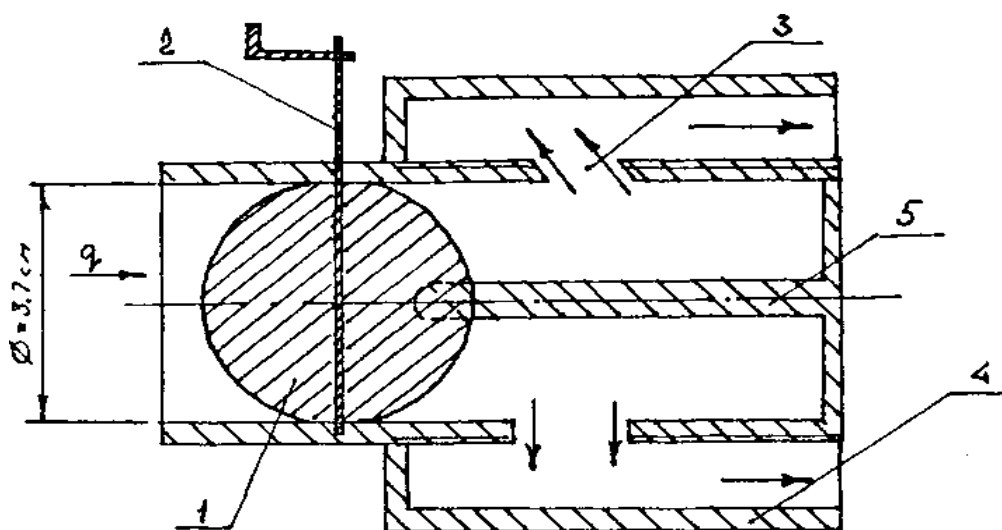


Рис.3.4- Конструкция водовыпуска поливного трубопровода: 1- поворотный клапан микрозатвора; 2 - ось вращения микрозатвора; 3-выходные отверстия водовыпуска; 4 - корпус гашения напора; 5-ограничитель поворота клапана.

Одним из основных элементов техники полива является величина подаваемой поливной струи, от которой зависит производительность полива.

Поэтому при установлении максимального расхода воды в борозду исходили из условия недопущения размыва почвогрунта, т.е. ирригационной эрозии почвы. В наших исследованиях для определения требуемого расхода воды проводили серию опытов, которые позволили получить кривые связи $H=f(q;i)$, т.е. зависимости слоя размыва почвогрунта от расхода воды и уклонов борозд при разных их сочетаниях. Зная допустимую величину слоя смыва из полученных кривых связей можно определить предельно-допустимый расход воды в борозду при различных уклонах. На местности с уклонами более 0,01 требуется подача малых расходов в борозды, а для осуществления прерывистого полива, без сброса воды, необходимо регулирование во времени поливной струей, что при существующей технике распределения и измерения воды невозможно. Нами предлагается поливной трубопровод, оборудованный водовыпусками дистанционного управления расходами воды в борозды, водомером для учета поданной воды и манометром, определяющим действующий напор.

Лабораторная установка (рис.2.3) состоит из поливного трубопровода $D=180$ мм, длиной 2,5 м (1), оборудованного четырьмя водовыпусками (2) через 0,5 м каждый, которые имеют микрозатворы регулирования величиной поливной струи (3), соединенные между собой металлической планкой, позволяющей дистанционно управлять водовыпусками с помощью механического рычага (5).

По оси, напротив водовыпусков, подсоединены с помощью штуцеров пьезометры (6), на входе трубопровод снабжен водомером (7) и манометром давления (8). Слив воды осуществляется в лоток (9), установленный с уклоном 0,15. Установка смонтирована на кронштейнах (10). Конец поливного трубопровода имеет возможность вертикального смещения для создания различных уклонов, а начало его подсоединено шарнирно, что позволяет исследовать поливной трубопровод с уклонами (0,01...0,15).

Подача воды осуществляется с помощью шланга от водопроводного трубопровода, а сброс - в канализацию.

Цель лабораторных исследований поливного трубопровода:

- установить расход воды водовыпуска в зависимости от напора и угла поворота микрозатвора;
- построить тарированную кривую связи напоров $H_{\text{ман}}=f(H_{\text{п}})$;
- определить выходные скорости потока воды;
- определить коэффициент расхода водовыпуска.

Величина напора регулировалась вентилем (14) при различных углах поворота (открытия) микрозатвора. Исследования проводились при четырех напорах: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м, которые измерялись по пьезометрам и показанию манометра. Расходы измерялись объемным способом при углах поворота микрозатвора 5° , 10° , 15° , а при углах 30° , 60° и 90° - по водомеру. При каждом угле поворота (степень открытия) микрозатвора и напора брали измерения расходов воды в трехкратной повторности. Зная площадь сечения отверстия водовыпуска, определяли выходные скорости потока и в конце, по опытным

значениям расхода воды, определялся коэффициент расхода водовыпуска из формулы:

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2qH} \quad (3.4)$$

Показания приборов снимались после установления постоянного уровня в пьезометрах при определенной степени открытия отверстия микрозатвора.

По опытным данным строились кривые связи $q=f(\varphi^0; H)$; $\mu=f(\varphi_i^0; q_i)$; $V=f(\varphi_i^0; H_i)$.

Имея зависимость $q=f(\varphi_i^0; H_M)$ в полевых условиях можно установить расчетный размер поливной струи, подаваемой в борозду.

При исследовании параметров одного водовыпуска (последнего) на поливном трубопроводе три остальные были закрыты, а при парном исследовании водовыпусков средние два были закрыты, т.е. расстояние между водовыпусками соответствует межбороздному расстоянию на виноградниках, равным 1,5 м. Последовательность измерений при этом такая же, как при работе одного водовыпуска. Степень открытия микрозатворов устанавливалась по градуированной шкале щитка рычага управления. Для учета влияния уклона местности на режим работы поливного трубопровода проведены исследования его в лаборатории при уклонах 0,01 к 0,096. В полевых условиях для точного определения размера поливной струи, при одинаковой степени открытия водовыпусков, требуется определить действующие напоры на водовыпусках в отдельности, которые влияют на расход воды, подаваемые через них. Зная превышение первого водовыпуска над концевым, добавив его к напору, показываемый по манометру, по кривой связи определяют величину расхода воды последнего, а для первого принимается показание прибора (манометра), по которой также определяют расход воды. При работе нескольких водовыпусков можно построить пьезометрическую линию, определяющую напоры над каждым, а по кривым $q=f(\varphi_i^0; H_M)$ определяют расходы каждого или наоборот, при известных уклонах местности можно индивидуально установить степень открытия отверстия, в этом случае расходы всех водовыпусков будут одинаковыми. По этой методике можно определить расходы водовыпусков поливного трубопровода с рабочей длиной в 20 раз длиннее, чем наш опытный.

В полевых условиях к поливному устройству присоединялся шланг длиной 50 м, позволяющий транспортировать воду от участкового канала к опытной деланке, кроме того он дает возможность маневрировать поливным устройством в пределах опытных борозд с перемещением от одних к другим поливным бороздам.

При поливах проводили замеры по определению расхода воды в борозду и, зная уклон местности, устанавливали пьезометрический напор по линии распределения поливных струй воды, а также количество воды (объем) поданную в борозду через водомер. Сопоставив фактически поданную

поливную норму с расчетной, можно устанавливать коэффициенты использования воды (КИВ) и полезного действия (КПД) техники полива.

Взамен водомерной арматуры водослива Томсона, был использован поливной трубопровод дистанционного регулирования с подачей постоянной поливной струи и переменной - без сбросов. Выданную фактическую поливную норму определяется при двух принятых технологиях поливов. Объем поданной воды измерялись с помощью имеющихся на поливном трубопроводе приборов – водомером и манометром. При прерывистой подаче воды в начале рекомендуется максимально-допустимая поливная струя, в зависимости от уклона, с достижением фронта движения потока на 0,8 длины борозды размер струи уменьшается на 60%, засекая при этом продолжительность добега струи, при этом учитывалась выдачу расчетной поливной нормы (t_1 и t_2).

В связи с тем, что ирригационная эрозия почвы происходит на больших уклонах и при оптимальных элементах техники полива, не говоря о качестве поливе, т.е. с низким коэффициентом равномерности увлажнения по длине борозды. При исследованиях техники полива виноградников рассматривались орошение по кротовым увлажнителям, как способа борьбы с водной эрозией на больших уклонах.

3.2.3. Методика и средства проведения исследований техники полива по кротовым увлажнителям

В исследованиях использована разработанная нами конструкция кротового увлажнителя, описанная в главе I.

На больших уклонах при бороздном поливе размер поливной струи доходит до минимальных величин, который резко сокращает производительность полива, а иногда практически невозможно осуществить его на легких по механическому составу почвах, вышеописанных в главе I методом. Кротовые увлажнители предложенной конструкции, нарезаются на всю длину - по одной в междурядьях виноградников. Высота выступов и расстояние между ними регулируется в зависимости от уклона таким образом, чтобы кривая свободной поверхности последующего выступа доходила до предыдущего (см.рис .1.2)

В конструктивном отношении щель нарезают на глубину 40-70 см, в ширину 2,0-3,5 см. Высота выступов по дну щели оставляет 20-35 см, длиной 30-60 см и расстоянием 5...50 м друг от друга. Кротовина, диаметром 6...8 см, отстает от дна щели на 10 см.

Описанная конструкция увлажнителя обеспечит равномерное распределение влаги по длине увлажнителя без проявления водной эрозии почвы, позволит увеличить расходы воды в 2,5...3 раза и, соответственно, производительность полива.

Схема опытного участка



а)

1-й участок $A_1 = 3\text{га}$ Полив по бороздам переменной струей при уклонах $i=0,02\dots0,05$
3-й участок $A_3 = 5\text{га}$ Контроль: бороздной полив постоянной струей при уклонах $i=0,02\dots0,05$
2-й участок $A_2 = 3\text{га}$ Полив по кротовинам при уклонах $i=0,02\dots0,05$

б)

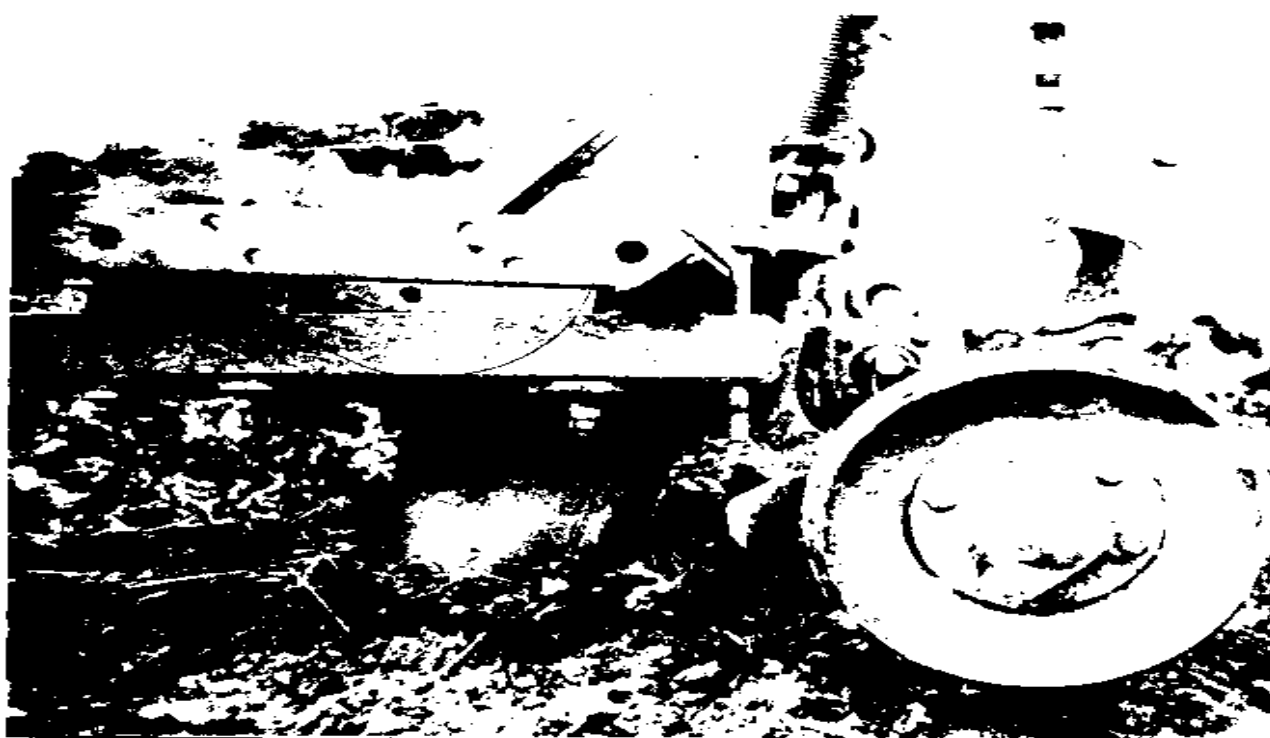
а - общий вид опытного участка; б - схема проведения опытов 1-й полив по бороздам; 2-й, полив по кротовинам; 3- контроль

Рис.3.5

Рабочий орган кротования



а



б

а и б - транспортное и рабочее положение рабочего органа

Рис. 3.6

Равномерность распределения влаги определяется отбором проб почвы на влажность до глубины 100 см, а также визуальными поперечными разрезами по длине щели в характерных участках: на выступе, середине и в конце у выступа. По результатам наблюдений определялись фактические поливные и оросительные нормы при 2-х поливах, из условия поддержания влажности не ниже 70-80% от Н.В.

Длина увлажнителя принята, равной длине виноградного ряда. Используя формулу акад. А.К.Костикова [61] длину увлажнителя можно определить по зависимости:

$$L=Q/q \quad (3.5)$$

где L - длина увлажнителя, м; Q - общий расход воды в голове увлажнителя, л/с; q - удельный расход воды на длине одного метра увлажнителя, л/с I м.

При известном значении q , установленный опытным путем ($q= 0,012...0,016$ л/с I м) и расходе воды в голове 1,5 л/с, длина кротовины будет 93...125 м.

Зная необходимую поливную норму можно установить время полива

$$t = D_{ip} \cdot A / 3600 \cdot n \cdot Q \quad (3.6)$$

где D_{ip} - поливная норма, м³/га; A - площадь секции (поля), га;

Q - расход воды в увлажнителе, м³/с; n - количество увлажнителей в поле.

Подачу воды в головную часть увлажнителя осуществляют с помощью поливного трубопровода через регулируемые водовыпуски, оборудованные метровыми полиэтиленовыми трубками, диаметром 50 мм, в которые вставлены воронки приема воды (рис.3.7).

Расход воды через водовыпуски измеряют прибором-водомером на поливном трубопроводе, а продолжительность полива - секундомером.

Нарезка увлажнителей осуществлялась специально подготовленным рабочим органом, в который входят нож-щелерез и дреноер, установленный на высоте 8см от нижнего конца ножа с возможным углом поворота в вертикальной плоскости (рис.3.8).

Рабочий орган кротователя устанавливают на трактор ДТ-75, а управление осуществляет механизатор с помощью гидравлических рычагов. Увлажнители нарезают при движении трактора. Рабочий орган опускает за 1,5 м от начала ряда и погружает на глубину 40-70 см. Выступы создают на дне щели выдвиганием ножа через каждые 5...50 м, в зависимости от уклона местности, предварительно наметив эти участки по длине междурядья.

Исследования по изучению техники полива с учетом ирригационной эрозии почв сопровождались наблюдением за ростом и развитием виноградников в зависимости от способа полива. В конце сезона на опытных участках собрали

урожай и сравнивали с контрольным участком, тем самым оценивали противоэрозионный эффект рекомендуемых способов полива и их качество.

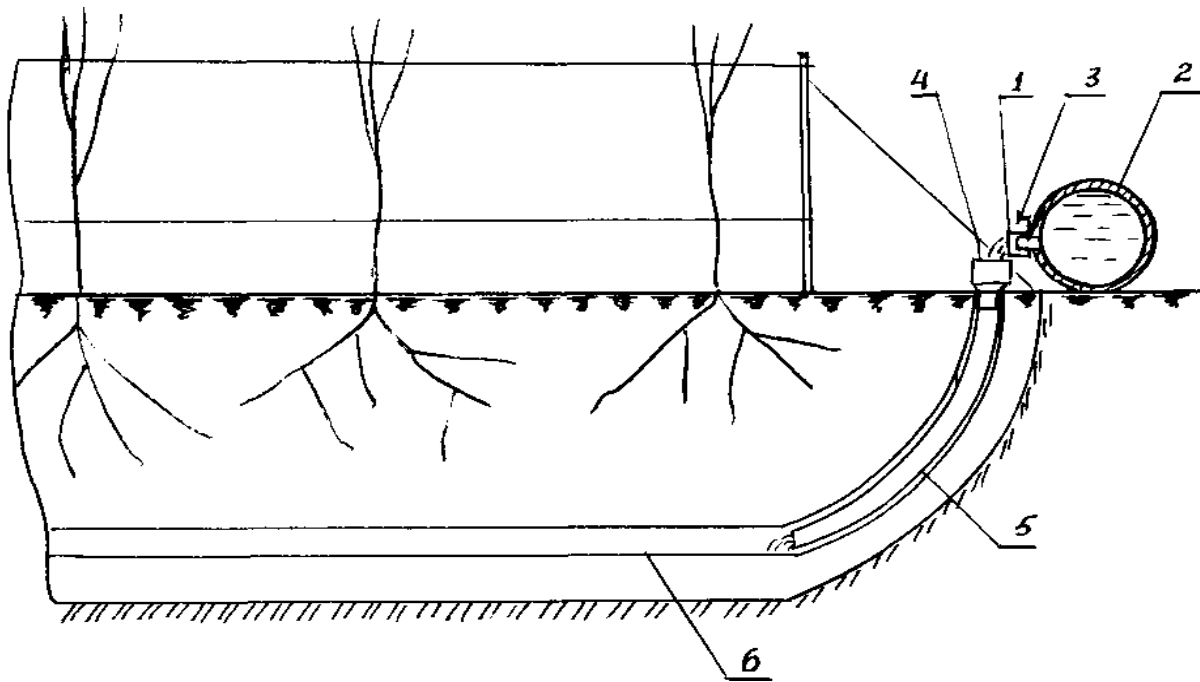


Рис.3.7- Способ подачи воды в увлажнители: 1 - регулируемый водовыпуск; 2 - поливной трубопровод; 3 - рычаг микрозатвора; 4 - воронка приема воды; 5 - полиэтиленовая метровая трубка; 6 – кротовина.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА

4.1. Анализ ирригационного фонда республики

Дагестан - крупнейший район орошаемого земледелия в РФ.

Благоприятные природные условия, обилие солнечного тепла и орошение способствуют широкому развитию виноградарства в предгорной зоне республики, как наиболее перспективной по высотному размещению и рациональному использованию земель под сельхозкультуры.

В республике в сельскохозяйственном использовании находится 4346,3 тыс. га земель, из них около 384,6 тыс. га орошаемые. На орошаемых землях выращивают рис, 61% всего производимого зерна в Дагестане, 85% овощей, 82% плодов и 65% винограда [138]. В республике основное место на перспективу отводят развитию виноградарства. За последние годы посажено около 7,22 тыс. га новых виноградников, среднегодовое производство винограда составило около 120 тыс. тонн (табл. 4.1 и 4.2).

Таблица 4.1- Основные параметры развития виноградарства в республике

Показатели	В среднем за год (тыс.га)					
	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Виноградники (тыс.га)	68,4	69,4	39,5	22,0	30,0	40,0
Из них плодоносящие	47,8	48,2	36,0	20,9	25,0	35,0
Валовой сбор тыс.тонн	302,1	262,2	127,0	64,3	150	220
Урожайность, ц/га	62,2	53,3	34,5	29,2	60,0	65,0

Таблица 4.2- Показатели по закладке виноградников в республике, га.

Показатель	Всего за блет	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Площадь, га	7220	340	680	1100	1400	1750	1950

В среднем с каждого плодоносящего гектара виноградников хозяйства республики получает 7500-8000 рублей чистого дохода [51]. Резервом развития виноградарства являются склоновые земли, можно разместить около 28 тыс.га виноградников и получить высококачественные ягоды с содержанием сахара на 8-10% больше, чем у винограда, культивируемого на плоскостной части.

Однако развитие этой отрасли в республике значительно отстает имеющихся возможностей. Отдельные хозяйства получают низкие урожаи винограда, систематически не выполняют установленные планы продажи его государству, слабо используют достижения науки, техники и передовой опыт практики по увеличению производства этой продукции. Высокой остается изреженность виноградников, допускается их гибель на больших площадях. Объясняется это, прежде всего низкой культурой ведения сельскохозяйственного производства на орошаемых землях, а также уровнем оснащенности поливной сети регулирующей арматурой и неудовлетворительным мелиоративным состоянием староорошаемых земель.

Более 70% орошаемых земель поливаются поверхностными способами: по бороздам и полосам, а дождевание составляет около 2% (табл.4.3).

Таблица 4.3 - Распределение орошаемых земель по способам полива, %

Способы полива	1992	1995	2000	2005	2010
по бороздам	36,1	33,24	32,6	32,01	30,7
по полосам	33,9	35,8	32,56	32,67	32,2
дождеванием	2,23	2,3	2,9	3,1	1,6
диким напуском	12,5	13,9	12,8	11,5	18,3
другими поверхностными способами	15,3	14,8	19,14	18,8	17,2

Из данных таблицы 4.3 видно, что в Дагестане широко развито поверхностное орошение, в то время как по природно-хозяйственным и рельефным условиям здесь могли бы найти применение более эффективные способы полива такие, как внутрпочвенное орошение.

В ближайшей перспективе в республике планирует освоение новых земель с поверхностным поливом - 17,2 тыс.га дождеванием 6,8 тыс.га при КПД полива 0,85. При существующей технологии и технике полива получить планируемое значение КПД невозможно, для чего обязательным условием является механизация и автоматизация поливов, а также реконструкция

(модернизация) старых оросительных систем, отвечающая современному техническому уровню. Эффективного использования поливных земель, высокой культуры земледелия можно достичь при правильном применении рациональных способов и техники полива, обеспечивающих равномерное увлажнение почвы [138].

Таблица 4.4 - Перспектива развития механизации полива в отдельных природно- хозяйственных зонах Дагестана (по данным И.А.Якубова)

№ п/п	Способы и техника полива	Площадь тыс.га	В том числе		
			горное	предгорное	равнинное
1.	Поверхностный полив:				
1.1	лотки и каналы с автоматическим распределением воды;	89	9	10	70
1.1	подземные трубопроводы системы МГМИ;	184	4	30	150
1.3	комбинированная оросительная сеть с гибкими шлангами;	62	2	10	50
1.4	гибкие трубопроводы с механической подкачкой (ПШН-165, ППА-300 и т.д.);	23	1	2	20
1.5					
1.6					
1.7					
1.8	передвижные трубопроводы;	9		4	5
	поливные машины;	38	-	8	30
	сифоны, трубки и др.;	83	2	16	65
	по чекам	180	-	-	180
2	Дождевание				
2.1	широкозахватные машины;	70	-	—	70
2.2	дальнеструйные;	8,3	-	3,3	5
2.3	среднеструйные установки;	7	-	2	5
2.4	самонапорные стационарные установки	37	1	15	20
3	Подпочвенное и капельное	51,9	—	-	61,1
	ИТОГО:	142,2	19	100,3	721,9

В перспективе намечается механизировать и автоматизировать поверхностное орошение на площади до 40%.

На начало 2020г. орошаемая площадь в РД достигнет около 390,0 тыс.га, что составляет около половины пахотных земель. Такое соотношение богарных и орошаемых земель свидетельствует о широком развитии орошаемого земледелия в республике. Размещение орошаемых земель по природно-экономическим зонам приведено в табл.4.5.

Таблица 4.5- Площадь орошаемых земель по зонам республики (на 01.01.12г.)

Система	Площадь по зонам тыс.га		
	Равнинная	Предгорная и горная	Всего
Государственная	320,84	35,1	355,94
Хозяйственные участки	8,66	6,2	14,86
ИТОГО:	329,5	41,3	370,8

Все орошаемые земли предгорной зоны республики сосредоточены четырех оросительных системах:

1. Самур-Гюргечайская с площадью 10512 тыс.га
2. Магарамкентская 15096 тыс.га
3. Ахтынская 4927 тыс.га
4. Самур-Дербентская 28154 тыс.га

Группировка оросительных систем по размерам площадей орошения «той водной эрозии и сложности рельефа характеризуются следующими данными: орошаемые участки до 50 га с общей площадью 0,24 тыс.га – 7шт;

50-100 га с площадью 1,5 тыс.га - 16 шт.

100-150 га с площадью 2,7 тыс.га - II шт.

150-200 га с площадью 4,4 тыс.га - 4 шт.

200-500 га с площадью 6,7 тыс.га - 14 шт.

500-1000 га с площадью 9,2 тыс.га - 8 шт.

1000-5000 га с площадью 52,7 тыс.га - 16 шт.

5000-10000 га с площадью 39,1 тыс.га - 9 шт.

Свыше10000 га- 258,8тыс.га-8шт.

Всего:370,8тыс.га - 92шт.

Ежегодно около 5,6 тыс.га орошаемых земель, занятых сельхозкультурами не поливаются, в том числе по следующим причинам: из-за недостатка воды в источниках орошения -2,7 тыс.га, неисправности внутривладельческой сети - 0,3 тыс.га, отсутствием планировки - 0,1 тыс.га, стихийных бедствий - 2,5 тыс.га. Несмотря на то, что передовые хозяйства (СХП им.Алиева, Геджух,

"Рассвет", Ильича) получают высокие урожаи винограда (> 120 ц/га) на поливных землях, однако в целом по республике они все еще остаются низкими 50...80 ц/га). Объясняется это, прежде всего низкой культурой ведения сельскохозяйственного производства на орошаемых землях, а также неудовлетворительным мелиоративным состоянием орошаемых земель, обусловленным ежегодным снижением плодородного горизонта почвы из-за недопустимых размеров смываемого слоя.

При проектировании орошаемых участков важно учесть характер рельефа и размеры занимаемых площадей. В предгорной и горной зоне орошаемого земледелия республики около 70% орошаемых земель (табл.4.6) имеют крутизну более 2° , а в отдельных случаях и более 10° . Здесь очень широко распространена ирригационная эрозия и происходит она, в основном, из-за несоблюдения техники и технологии полива, а также нарушением правил водопользования.

Главной причиной возникновения ирригационной эрозии является проведение поливов с завышенными элементами техники полива, несоответствующих рельефу местности и устаревшая (древняя) поливная техника (средства полива). Так, в СХП «Муктадирский» Магарамкентского района, где сильно развито явление водной эрозии, на орошаемых полях возникли глубокие промоины (глубиной более 0,5 м) вместо поливной борозды (рис.4.1).

На этих участках уклоны поверхности больше "критических", при завышении поливной струи сверх рекомендованных значений, очень быстро размывает верхний слой почвы.

В результате после поливных обработок и эрозии почвы, которая проявляется в виде зон размыва и намыва по длине склона или борозд наблюдается постепенное понижение верхней головной части, и повышение нижней-намывной части склона, изменяя уклон поверхности по длине борозды, ухудшающая равномерность увлажнения и качество полива, образует новый продольный профиль (рис. 4.2).

Смыв почвы при поливах по бороздам наблюдается, прежде всего, в тех местах, где поливные борозды имеют большие уклоны, а при малых происходит заиливание.

Характерный продольный профиль борозды, сформировавшийся после поливов ($i=0,04$)

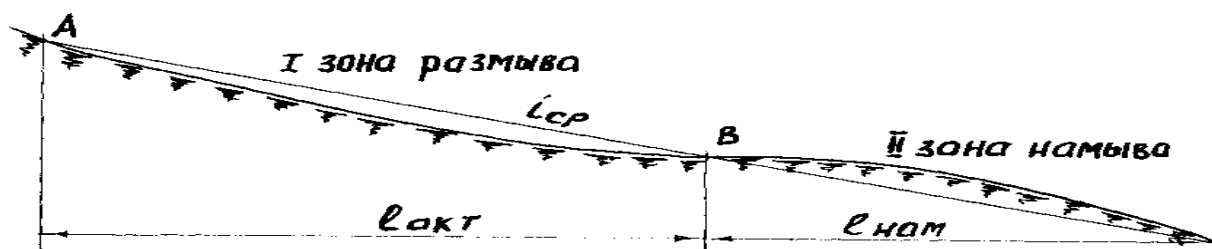


Рис.4.2

Практически оптимальный продольный профиль борозды

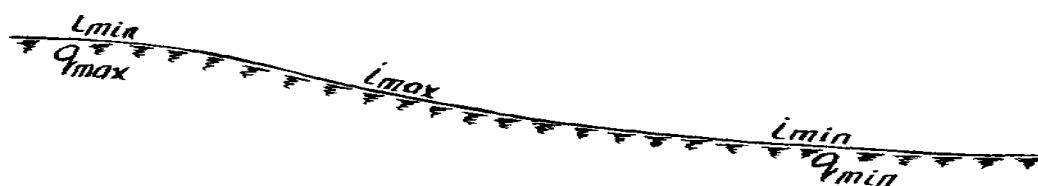


Рис.4.3

Оптимальные расходы в борозду необходимо назначать с учетом водно-физических свойств почвы и уклона местности (и только после поперечных поливов). С целью максимальной защиты почв от ирригационной эрозии и равномерности увлажнения при поливах целесообразно уменьшение продольных уклонов зоны намыва для задержания смываемых наносов.

Теоретические предпосылки о возможности такого профиля с применением максимальных расходов (до 2,0 л/с) в начале борозды, максимальных (до 0,4 л/с) в конце при соотношении уклонов $i_{max}/i_{min} \leq 7...9$ были проанализированы И.А.Дзяевичем [40] при проектировании орошаемых земель (рис.4.3)

Характерные продольные профили поливных участков с недопустимыми уклонами встречаются в предгорных районах республики.

При поливах борозд с продольными уклонами более 0,03 и расходах, равных $q=0,35-2,0$ л/с, заметно увеличивается смываемый слой почвы. В верхних участках борозд размывается дно на глубину 5...8 см, а откосы до 2...6 см. В конце борозды наблюдается отложение наносов до 10 см (Рис.4.1). При этом время добегания поливной струи на длине 35м составляет 12,5 минут, что явно недостаточно для впитывания проектной нормы полива.

А-начальный отрезок борозды



Б - конечный отрезок борозды



Рис.4.4 - Размыв русло борозды при поливе ($i=0,04$)

Таблица 4.7- Опытные данные к исследованиям техники бороздного полива

№№ п/п	Экспериментальные данные	Единица измерения	Опытные хозяйства(СХП)	
			«Герейханова»	«Гапцахский»
1	Водопроницаемость почв	мм/мин	12,80	9,65
2	Коэффициент затухания скорости впитывания (к)		0,42	0,46
3	Объемный вес грунта	т/м ³	1,40	1,32
4	Полевая влагоемкость	%	25,5	24,8
5	Расчетная толщина активного слоя почвы	м	1,0	1,0
6	Исходная мутность воды (р)	г/л	4,8	11,5
7	Коэффициент впитывания за 1 час(K_{cp})	см/мин	0,095	0,085
8	Температура воды	С ⁰	18	21
9	Глубина воды в борозде	см	4-6	3-5
10	Расстояние между бороздами	м	1,5	1,5
11	Расстояние между рядами	м	2,5	2,5

Территории обследованных хозяйств расположены в С.Стальском районе - СХП «Герейханова» на расстоянии 8 км от райцентра с.Касумкент и в Магарамкентском районе СХП "Муктадирский" на расстоянии 10 км от райцентра с.Магарамкент.

В региональном отношении рельеф участков сложно-расчлененный, горный, холмисто-долинный с уклоном поверхности к пойме и вниз по долине.

При проведении производственных поливах виноградников происходило интенсивный процесс эрозии почвы и при этом наблюдается влияние убывающего плодородия почвы на урожайность винограда. На участках с уклоном более 0,03⁰ эродированность почвы можно определить визуально. Она возрастает от малых уклонов на границах поливных участков (виноградных клеток), к большим - в головной части борозд. Влажность почвы в начале борозды колеблется в метровом слое 13.. .20% от массы сухой почвы, а в конце – 20...26% (прил. 7). Урожайность в верхней части участка составляет 35 ц/га, а в нижней - 50-70 ц/га. При подаче расходов воды в борозды более 0,5 л/с контур увлажнения почвы имеет возрастающий характер промачивания к концевому отрезку борозд, соответственно и мощность гумусового слоя в конце их в 2-3 раза больше, чем в начале.

Таким образом, при существующей технике полива по бороздам происходит перемещение плодородного слоя почвы в виде наносов вместе с поливной водой от верхних участков, имеющих уклоны более 0,02, к нижним с уклонами до 0,005.

Анализируя ирригационный фонд республики с учетом распространения эрозии почвы на больших уклонах, приходим к следующим выводам:

1. Традиционно-распространенным способом полива в республике особенно в предгорной зоне, является поверхностный и, в основном, бороздной (для многолетних насаждений), который проводится без техники и технологии поливов, а также приемов предотвращения ирригационной эрозии, представляет для этой зоны орошаемого земледелия опасным. Поэтому главной задачей здесь должна быть разработка рекомендаций по технике и технологии бороздного полива с учетом ирригационной эрозии почвы и мер её предотвращения.

2. Существующая поливная техника в зоне исследований является примитивной, не отвечающей современным условиям механизации и автоматизации поливов. В этой связи наиболее приемлемой для данной зоны, имеющей сложный рельеф и большие уклоны, считаем поливные трубопроводы и другие устройства рационального распределения оросительной воды и использования земельных ресурсов, являющихся актуальной проблемой охраны природы.

3. Темпы внедрения прогрессивных способов орошения в республике недостаточные. Внедрение новых способов полива будет способствовать повышению эффективности использования материальных, энергетических, технических, трудовых и финансовых ресурсов, что обеспечит дальнейший подъем сельскохозяйственного производства, повысит плодородие почвы и позволит получать устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур.

4.2. Исследование элементов техники бороздного полива и их влияние на величину ирригационной эрозии почвы

При изучении данного вопроса целью ставилась установление оптимальных величин элементов техники бороздного полива виноградников, при которых бы смыв почвогрунта не превышал допустимых размеров, это является основным условием, определяющим правильность определения рациональной техники полива для предгорной зоны.

К основным элементам техники полива сельхозкультур относятся расход воды в борозду (q), уклон (i), длина (L), и противоэрозионная устойчивость грунта (n). Как показывают наши исследования, интенсивность смыва почвы

зависит от величины расхода воды и уклона борозды (рис.4.4). Производной от этих факторов является скорость течения воды в поливной борозде, которая способствует разрушению почвенных частиц, переносу их вместе с водой и тем самым вызывает размыв верхнего плодородного слоя почвы. По мере увеличения размеров первых двух факторов, возрастает скорость течения воды и интенсивность смыва (рис.4.5). Особенно это проявляется на участке длины борозды в начальный период времени после пуска воды в борозду.

Скорость течения может возрасти и с увеличением одного из факторов, например, с увеличением расхода возрастает скорость течения воды при постоянном уклоне дна борозды, что одновременно приводит к возрастанию слоя смыва верхнего разрыхленного почвогрунта, слагающего ложа борозды. Заметно и обратная связь, т.е. с увеличением уклона борозды при постоянном расходе воды в борозде также возрастает скорость течения воды. Исходя из вышеизложенного, а также анализа о допустимых скоростях приведенного в первой главе, при выборе оптимальных параметров поливной струи и уклона борозды необходимо, чтобы скорости соответствовали неразмывающим. Теоретически вычисленные значения скоростей по формулам А.Ляпина [76] и Шеши [71], с незначительным расхождением на сотые доли они сходятся, а опытные значения, установленные методом поплавков, отличаются от теоретических, особенно при больших уклонах и расходах поливной струи ($q > 0,8$ л/с и $i > 0,02$).

Из графика (рис.3.5) видно, что допускаемым скоростям, рекомендуемым академиком А.Н.Костяковым (0,1...0,2 м/с) соответствуют расходы до 0,2 л/с, при уклонах борозды не более 0,02 и до 0,1 - при уклонах 0,05. Соответственно, слой смыва почвы при этих расходах составит 0,56 мм при уклоне $i = 0,03$ и 0,6 мм при $i = 0,05$, что для горно-долинных, лугово-лесных почв предгорной зоны можно считать допустимыми, т.е. эти величины примерно равны слою почвообразования в естественных природных условиях. По мере увеличения расхода в борозду до 2л/с, увеличивается сила потока на разрушение агрегатного состава почв и слой смыва достигается до 12мм при уклоне 0,05.

На величину смыва почвы, кроме этих главных факторов, оказывает значительное влияние состояние поверхности ложа борозды, т.е. плотность почвы, которая после смачивания происходит перенос мелких частиц с диаметром 0,3 мм в конец борозды или сбрасываются вместе с водой за пределы участка, как это происходит при существующей технологии бороздного полива.

Насыщение водой разрыхленной части пахатного горизонта происходит в начальный период подачи воды в борозду с продолжительностью 10-25 мин., после чего процесс эрозии усиливается в начале первого часа, но затем

постепенно уменьшается (рис.4.6). Для стабилизации процесса эрозии необходимо уменьшать подачу поливной струи на 50-60% первоначального значения. Это обеспечит равномерное впитывание поданной воды по длине борозды и снижает величину смываемого слоя почвы в 1,5-2,5 раза (рис.4.5 и 4.6).

Приведенные экспериментальные данные о размерах слоя смытой почвы в зависимости от элементов техники полива являются средними для исследуемых борозд, фактические значения смыва почвы при существующей технике полива виноградников в предгорной зоне на отдельных участках (сложном рельефе), с уклонами от 0,008 до 0,05 превышают опытные данные в 3,0-3,5 раза.

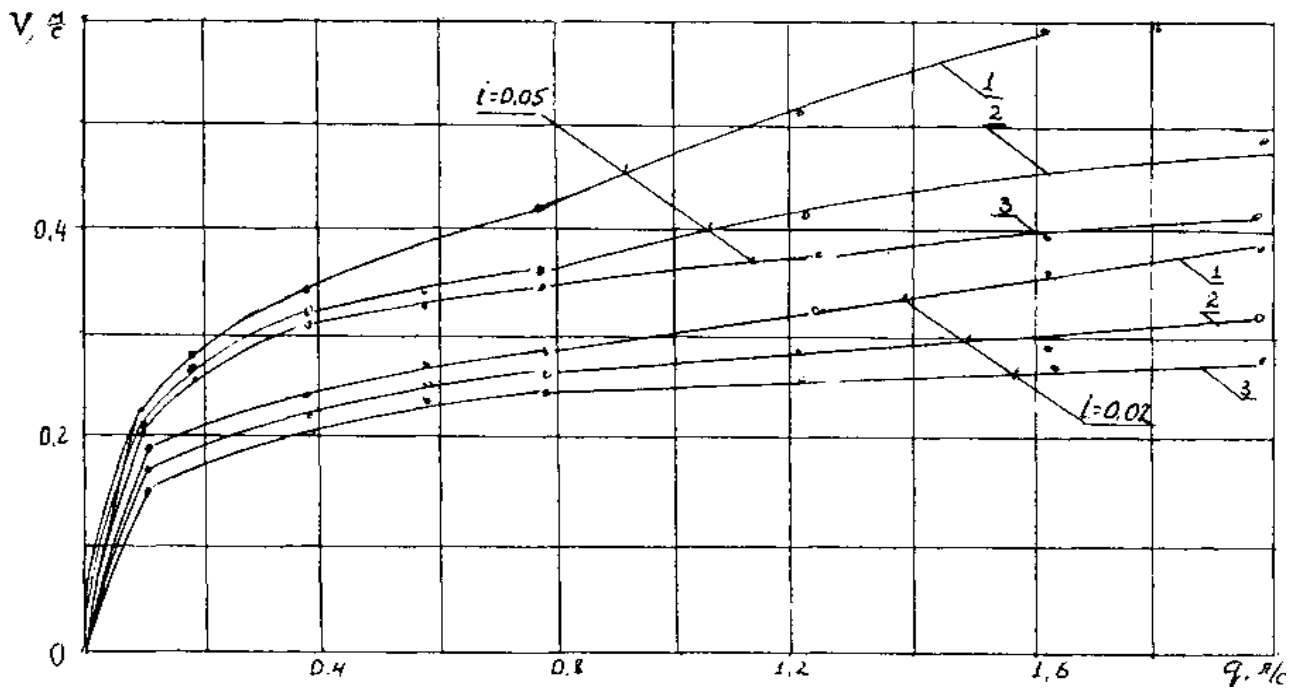
Проведенные полевые исследования в хозяйствах осуществляли добеганием поливной струи в конец борозды без сброса. Поэтому деформационные сечения створов борозд отражают характер размыва в начале борозды, а в конце отложения наносов (рис.4.7). При существующей технологии полива такое не наблюдается, наносы намывной зоны идут на сброс за пределы поливного участка. В этой связи для уменьшения процесса ирригационной эрозии этот факт имеет большое значение в разработке технологии поливов без сбросов. Это было учтено нами в процессе своих исследований и разработке рекомендаций по технике и технологии полива виноградников на больших уклонах в предгорной зоне.

При существующей технике полива на больших уклонах мало обращают внимание на размер поливной струи, не фиксируют ее величину, что оказывает значительное влияние на интенсивность ирригационной эрозии. Для малых расходов до 0,3 л/с слой смыва почвы для исследуемых уклонов остается в допустимых пределах (0,4...1,0 мм) (рис. 4.8), с увеличением подачи воды в 3 раза слой смыва резко возрастает и достигает от 3 до 7 мм (табл. 4.8).

Таблица 4.8 - Влияние поливной струи на размыв поперечного сечения борозды (см^2) и на слой смыва (мм) при $i = 0,03$; $L=100$ м

Створ борозды	Поливная струя, л/с							
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	1,5	2,0
Начало $L=10$ м	12,12	26,08	29,12	53,4	60,02	67,0	88,92	106,85
Середина $L=50$ м	8,61	5,95	10,52	20,8	12,48	36,06	49,2	126,46
Конец $L= 75$ м	-1,74	-3,02	-2,15	8,7	26,32	31,22	38,43	116,48
Смыв (мм)	0,3	0,48	0,61	1,08	1,65	2,15	3,81	7,12

Сравнительные кривые связи теоретических и опытных скоростей воды в борозду



1.2.3 - кривые скоростей - опытных, по Шези, по Ляпину

Рис. 4.5.

Слой смыва почвы (мм) при поливе

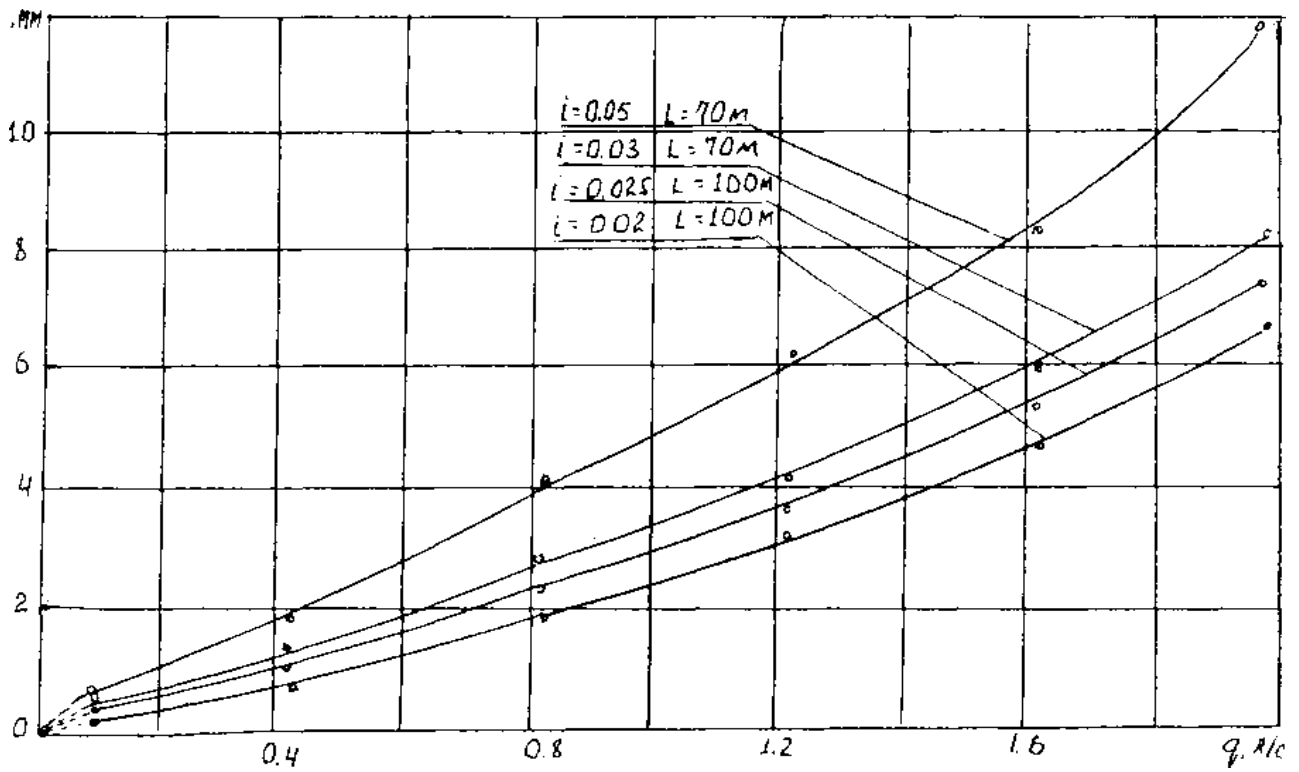


Рис. 4.6.

Поэтому очень важно при проведении поливов на склоновых землях строгое соблюдение размеров подаваемой струи, при этом необходимо применять более эффективную поливную технику для распределения и измерения расходов воды, позволяющую непосредственно в полевых условиях определять расходы и объемы воды, поданной для полива.

Изменение поперечных сечений борозд, представленных на рис.3.7 для различных уклонов и расходов, свидетельствуют, что во всех случаях первый расчетный створ, в отличие от других, деформирован больше. Средний слой смыва в первом створе борозды колеблется от 1 мм до 10 мм. Ко второму створу, расположенному на расстоянии 50-60м от первого, эрозия почвы стабилизируется и почти отсутствует, а в ряде случаев наблюдается намыв наносов. И к последнему створу, расположенному на расстоянии 75...85 м, как правило, наблюдается отложение наносов.

Такой характер развития ирригационной эрозии почвы на больших уклонах обусловлен тем, что к концевому участку борозды с расстоянием 10м от конца ее, уменьшается уклон и скорость течения вода, что способствует задержанию наносов на последнем отрезке борозды. Характерные профили по длине борозд представлены в начале этой главы (см.рис.3.2).

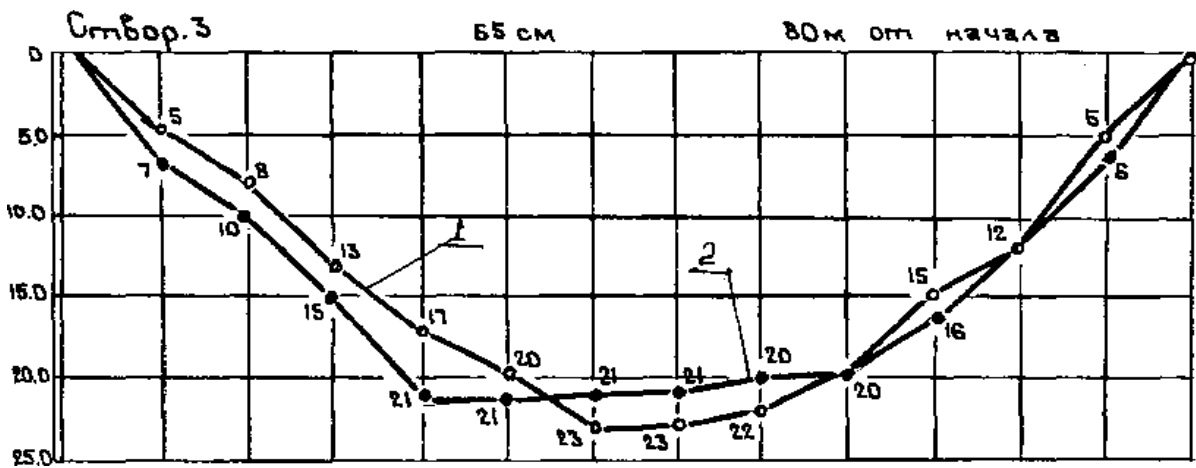
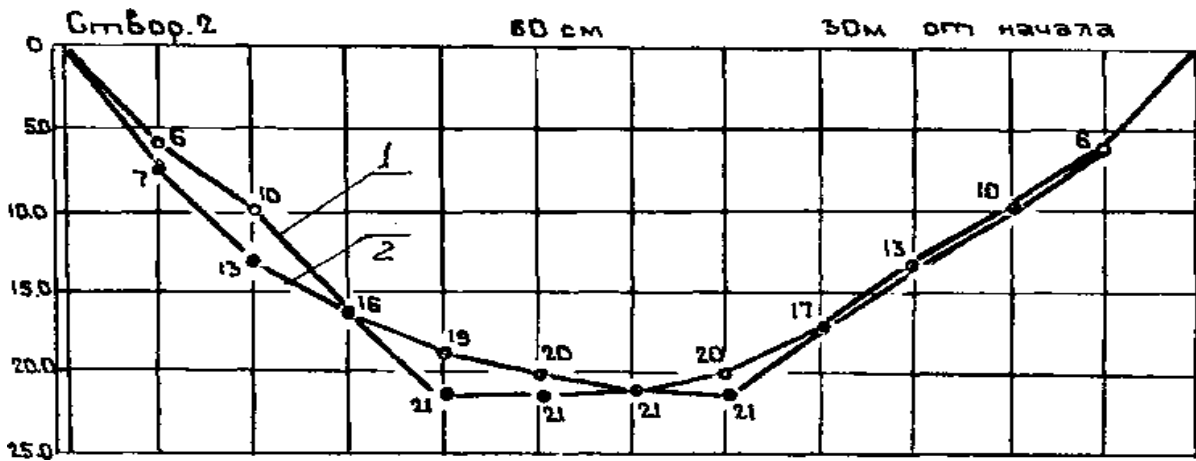
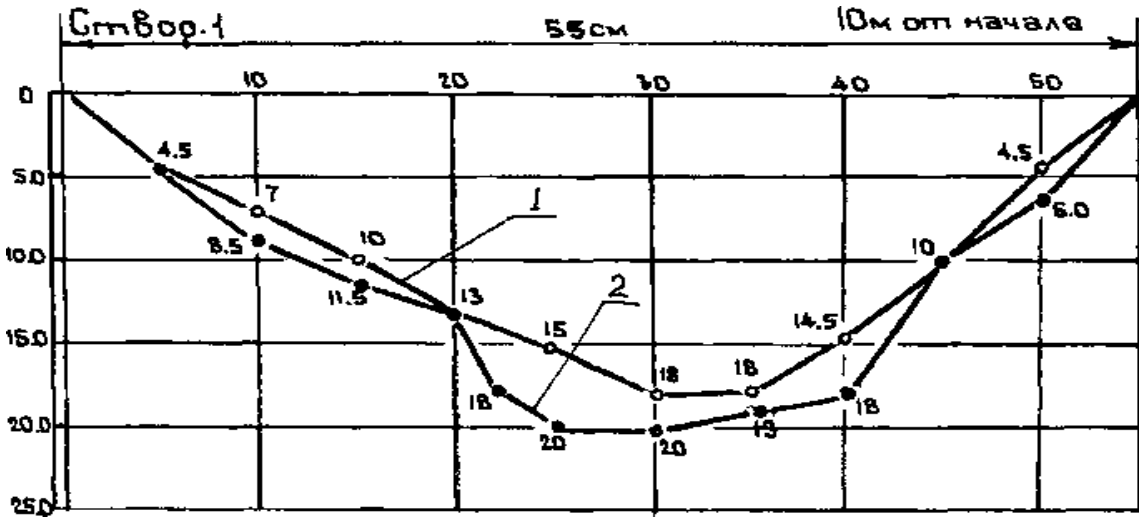
По представленным рисункам изменения поперечных сечений борозд можно определить наиболее (опасную) активную длину, подверженную ирригационной эрозией. В наших исследованиях она составляла в пределах 30-50 м от начала борозды.

Данные по мутности были получены путем замеров в начале и в конце борозды с вычетом мутности, поступавшей с поливной водой. Характер изменения мутности в зависимости от расхода воды показан на графике (рис.4.9). При одной и той же величине расхода с увеличением уклона наблюдается наиболее интенсивный смыв почвы, с уменьшением уклона он возрастает по мере увеличения поливной струи в борозду.

На тяжелых почвах с низкой водопроницаемостью и с большими уклонами поливная струя (0,8-1,5л/с) добегают в конец борозды, длиной 100 метров за 15-40 минут, а затем идет сброс стока вместе с наносами. С продолжительностью обеспечения величины поливной нормы возрастает размеры смыва почвы (ирригационная эрозия).

На графиках (рис.4.10 и 4.11) мутность оросительной воды имеет максимальное значение в начальном отрезке времени, а по мере увеличения продолжительности подачи воды она уменьшается и приближается к нулю. В начальном отрезке времени подается максимальный расход воды в борозду, соответственно, смоченный периметр борозды также наибольший.

Деформация сечения борозды после полива



1 и 2 – сечение борозды до и после полива

Рис. 4.8.

Влияние расхода воды и уклона на слой смыва почвы

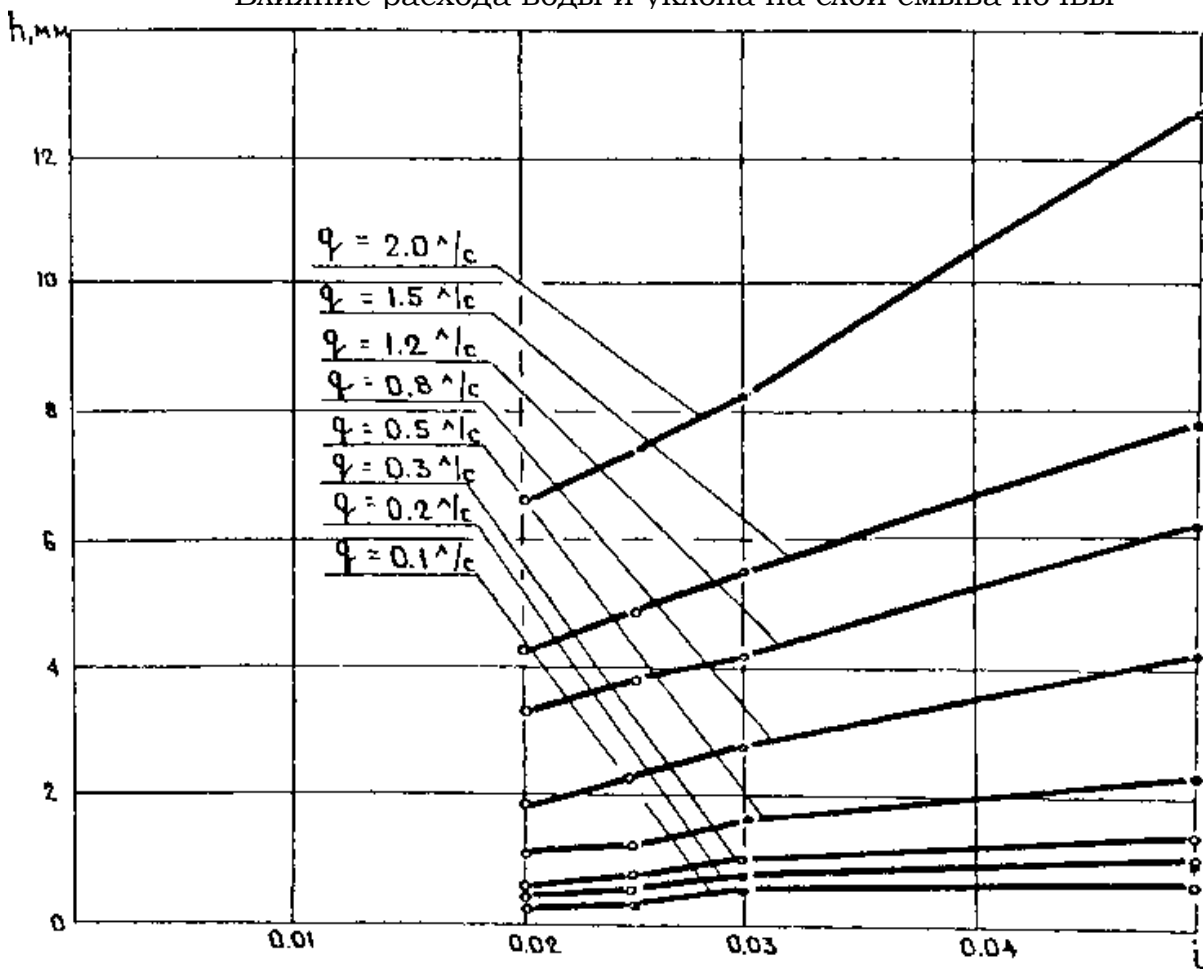


Рисунок 4.9.

Влияние величины расхода воды на мутность

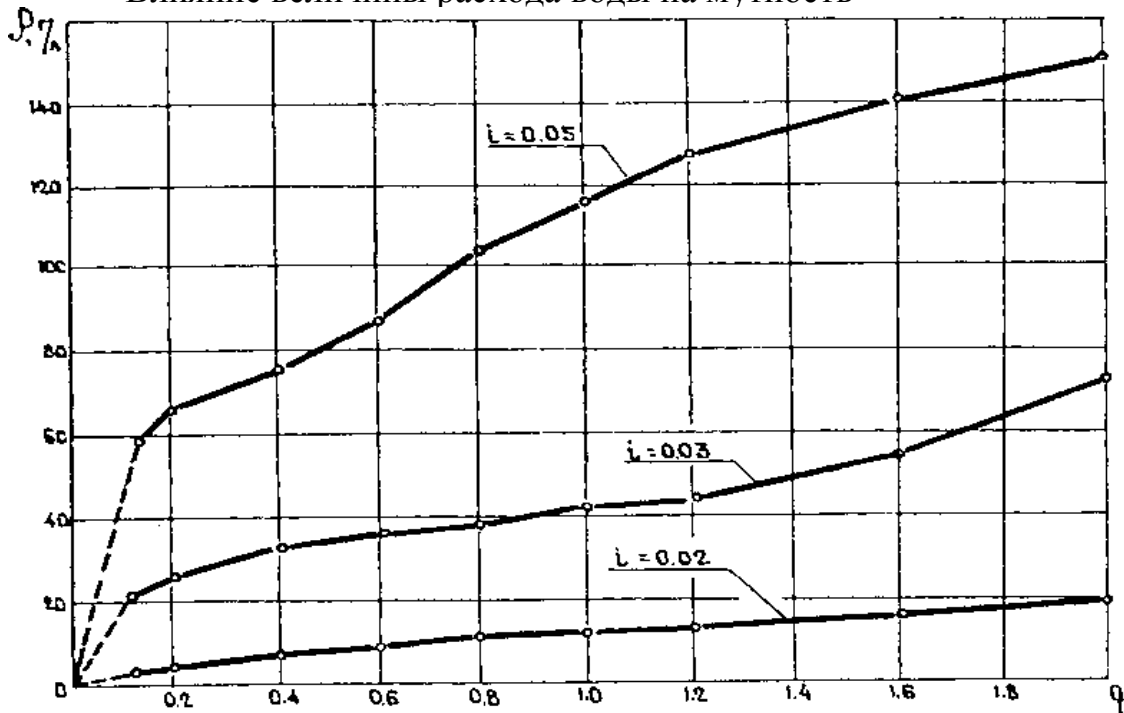


Рис.4.10.

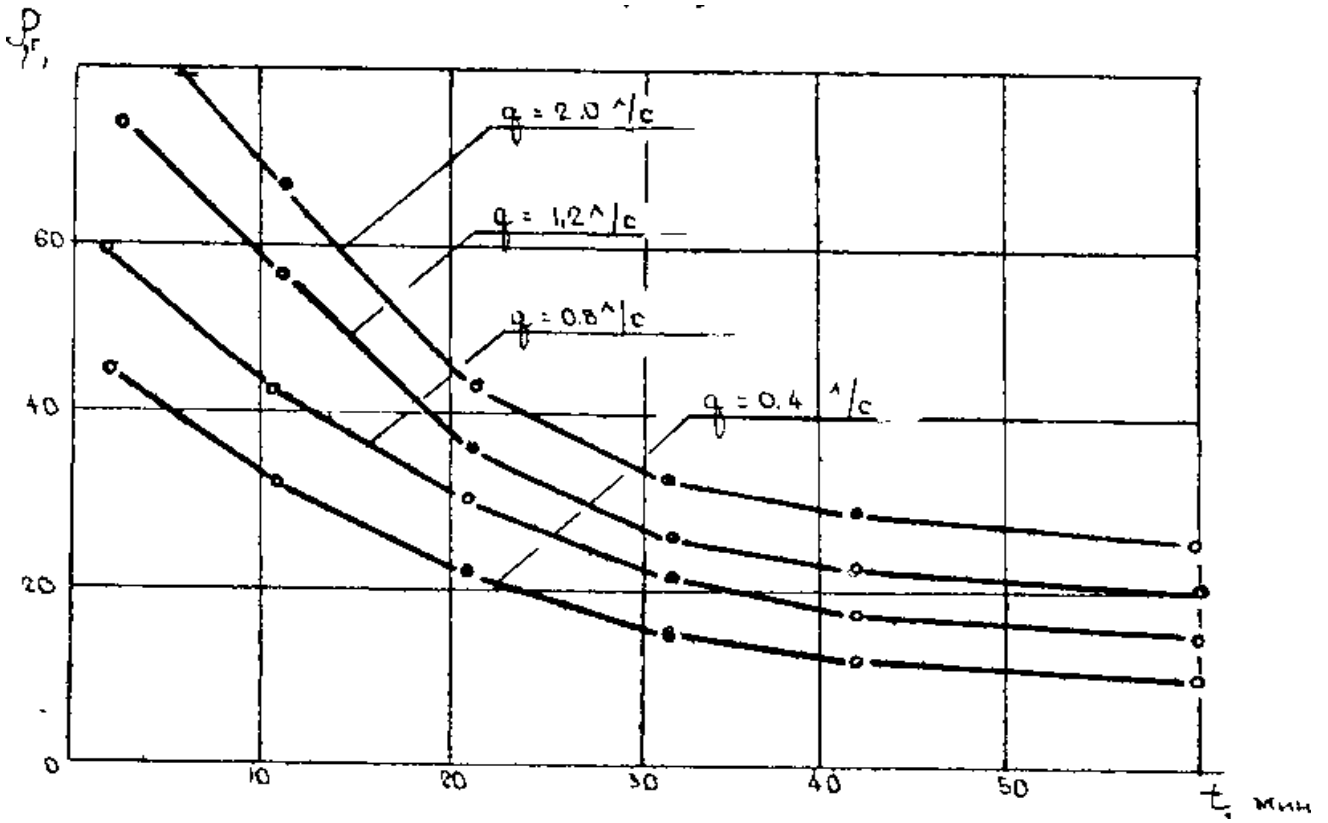


Рис. 4.11- Влияние продолжительности полива на мутность воды в борозде ($i=0,03$; $l=100$ м)

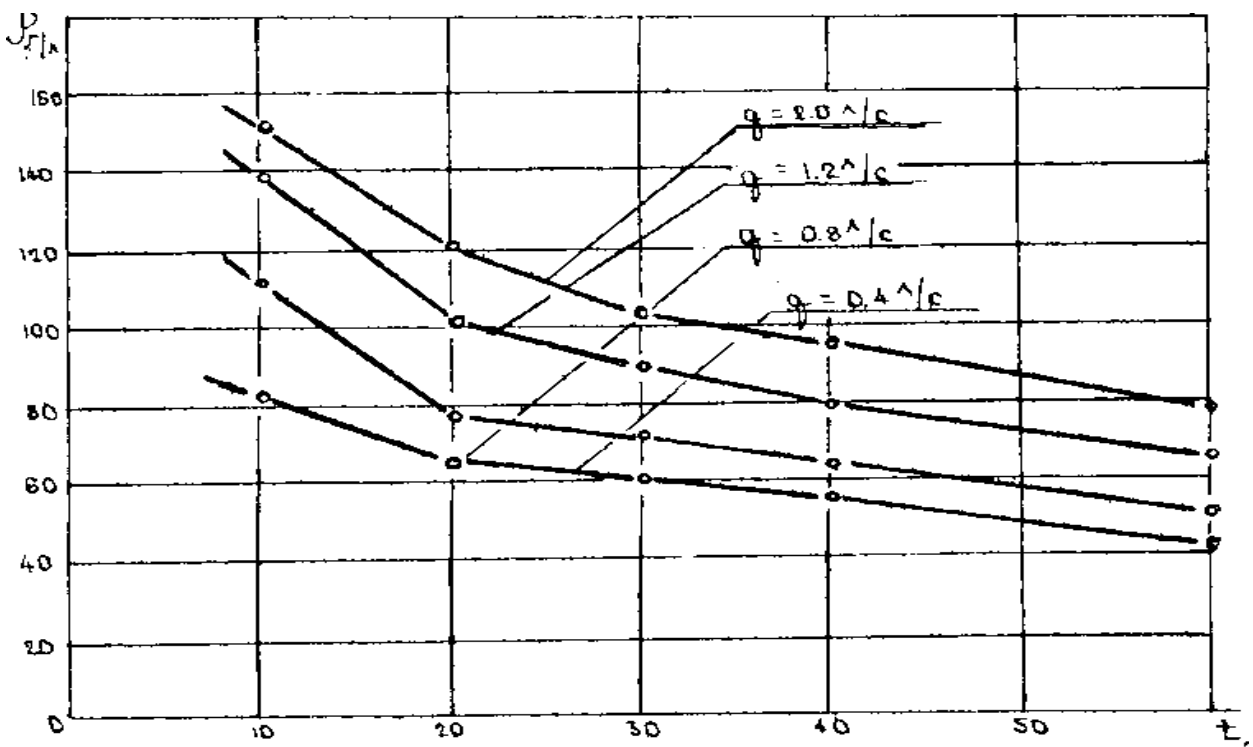


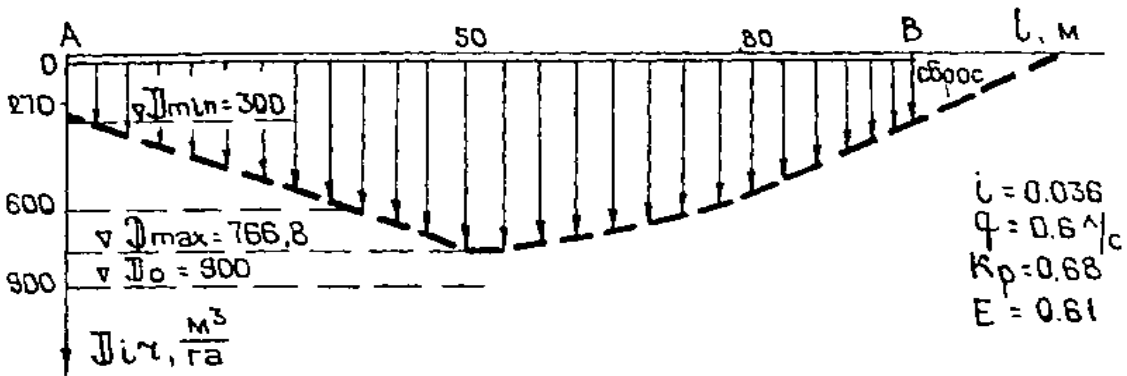
Рис. 4.12- Влияние продолжительности полива на мутность воды в борозде при $i=0,05$; $l=100$

По мере продвижения поливной струи по борозде, часть воды впитывается, уменьшением путевого расхода. Поэтому, с уменьшением кинетической энергии потока, интенсивность ирригационной эрозии, способствующая разрушению и транспортировке частиц почвы затухает, а величина эрозии почвы сокращается с увеличением продолжительности полива (рис.4.10, 4.11). Это наблюдается и по характеру размыва борозды (рис.4.7) на начальном отрезке (5...10м), где гидравлическая структура потока воды имеет турбулентный режим движения, т.е. скорости обладают пульсационными свойствами, связанными с шероховатостью поверхности и впитывающими свойствами почвы. Влага, насыщая почву, постепенно разрушает мелкие комки в борозде, затем поддаваясь воздействию скоростей смываются и транспортируются потоком воды. Поэтому, почти во всех случаях бороздного полива, в начальном отрезке длиной 10...40 м, наблюдается глубинная эрозия почвы, размывая только дно борозды. По мере удаления от головной части на отрезке 30...70м, развивается боковая эрозия ложа борозды, размывая только откосы и, к концу на расстоянии 10...30м, отлагаются наносы, размываемые с верхнего участка борозды. Такая картина наблюдается при организации поливов баз сбросов воды, характерная при поливе на больших уклонах со сложным рельефом местности. При организации поливов со сбросом большая часть воды, вместе с полезными для растения питательными элементами сбрасывается. Так, за один полив по существующей технологии поливов объем сброса с твердыми частицами составляет от 0,23 до 25,3 м³/с одной борозды, а за сезон (при 3-х поливах) от 55,2 до 600 м³ с 1 га (в зависимости от величины поливной струи, подаваемой в борозду) (табл.4.9). При оросительной норме виноградников 3800 м³/га, почти 160% забираемой воды идет на безвозвратные затраты, т.е. сброс с полезными твердыми частицами наносов. Если средняя мутность сбрасываемой воды принимать 40...140 г/л (рис.4.9), то твердый сток от этого составляет от 22,0 до 590 т, что более 50 раз превышает допустимую величину смыва почвы.

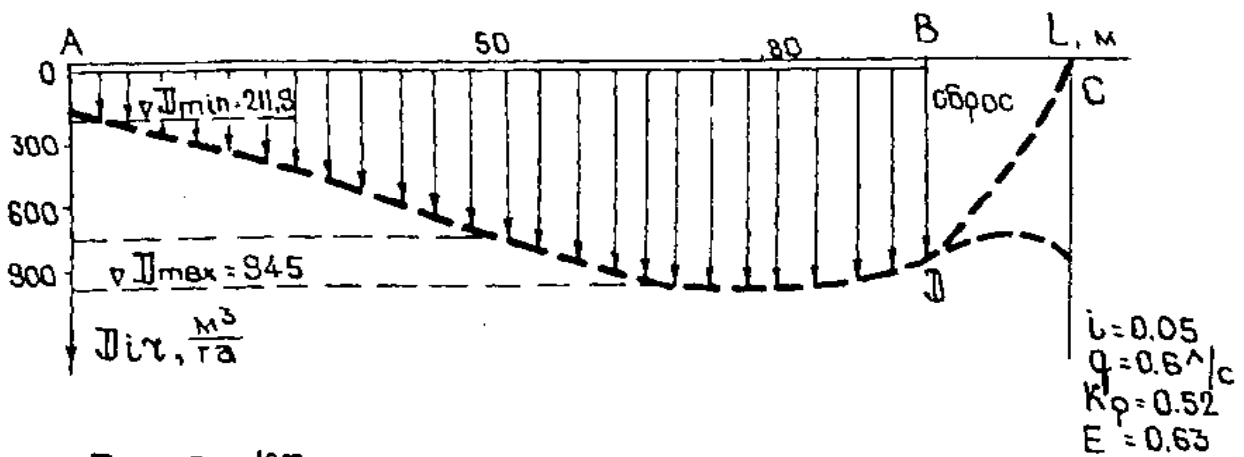
Аналогично схеме развития ирригационной эрозии по длине борозды распространяется и увлажнение почвы, но с обратным эффектом, т.е. на участке с максимальной эрозией почв глубина увлажнения минимальная и, наоборот, на участке с максимальным увлажнением эрозия отсутствует (рис.4.7, 4.13 и 4.14). По эпюграмм увлажнение почвы видно, что по длине борозды коэффициент равномерности колеблется от 0,3 до 0,87. Большое расхождение ее между началом и концом борозд можно объяснить тем, что техника и технология поливов для предгорья не соответствует нормативным, и требует уточнения элементов техники полива, т.е. их необходимо принимать в оптимальных пределах с учетом ирригационной эрозии почвы. Поэтому, существующая

Эпюры увлажнения борозд по длине

Борозда №5



Борозда №2



Борозда №7

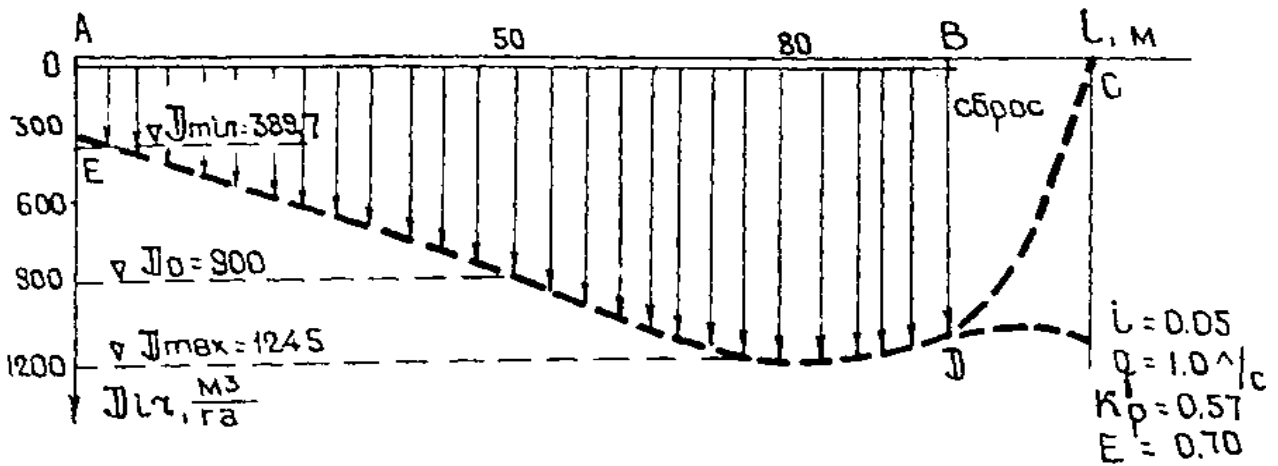


Рис. 4.13.

Контуры увлажнения после бороздного полива ($i=0,05$; $L=70\text{м}$, $B=150\text{см}$)

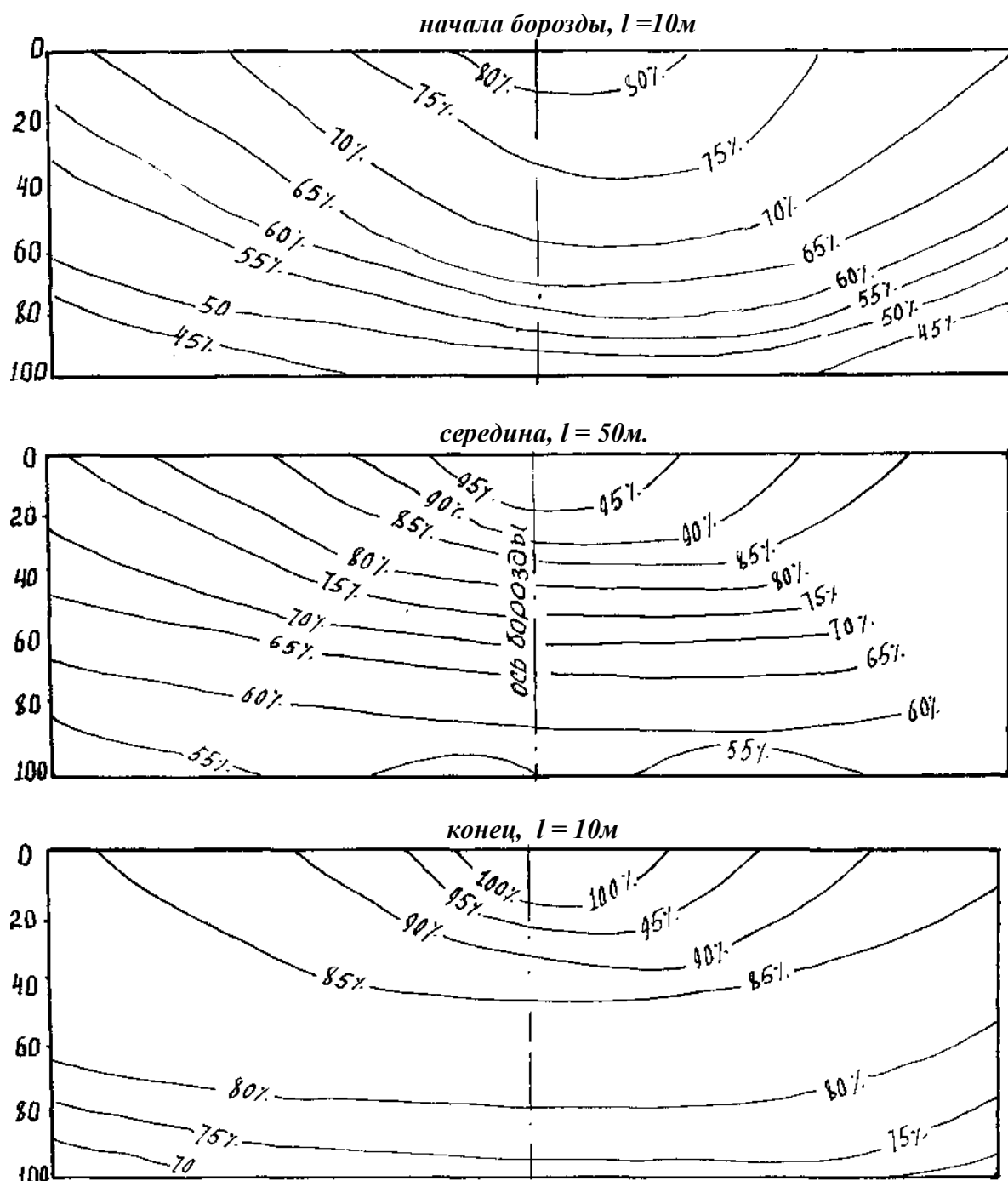


Рис. 3.14.

технология полива по бороздам со сбросом воды, в свете современных требований к гидромелиорации, вообще неприемлема, а по сему рекомендуется механизированный бороздный полив с помощью поливных трубопроводов, оборудованных, регулирующими водовыпусками дистанционного управления поливной струей.

Таблица 4.9 - Потребление оросительной воды во времени при бороздном поливе в СПК им.Герейханова
(поливная норма 900 м³/га)

Расход в борозду, л/с	Расчетная продолжительность полива по А.Н.Костякову, час	Время добега струи, час	Расчетный объем воды в борозду, м ³	Фактич. продолж. полива, час	Продолж. сброса, час	Объем впитавшейся воды за время добега, м ³	Остаточный объем на впитавш., м ³	Объем впитавшейся воды за время сброса, м ³	Объем воды, идущий на сброс, м ³	Объем сброса, за 1 полив, м ³	Вынос почвы, т/га
<i>i</i> =0.02; L= 100 м											
0,1	31,86	15,03	11,25	34,85	19,82	5,41	5,84	0,59	0,23	4,5	0,96
0,4	7,81	1,20	11,25	10,98	9,78	1,73	9,52	0,97	0,47	4,59	1,44
0,8	3,90	0,58	11,25	6,94	6,36	1,67	9,58	1,79	1,09	6,94	7,92
1,2	2,60	0,39	11,25	5,82	5,43	1,68	9,57	2,16	2,16	11,73	16,8
1,6	1,95	0,30	11,25	4,51	4,21	1,73	9,52	2,26	3,5	14,74	32,8
2,0	1,56	0,26	11,25	4,04	3,78	1,87	9,38	2,36	4,84	18,26	60,12
<i>i</i> =0.03; L= 100 м											
0,1	31,26	12,04	11,25	33,15	21,11	4,33	7,82	0,49	0,13	2,14	2,88
0,4	7,81	0,90	11,25	14,10	13,20	1,30	9,95	0,75	0,69	9,11	22,4
0,8	3,90	0,43	11,25	7,04	6,61	1,24	10,01	1,51	1,37	9,06	22,52
1,2	2,60	0,32	11,25	6,40	6,08	1,38	9,87	1,62	2,70	16,42	55,2
1,6	1,95	0,19	11,25	5,02	4,83	1,1	10,15	2,10	3,66	17,67	75,2
2,0	1,56	0,13	11,25	4,84	4,71	0,94	10,31	2,19	5,01	23,59	132,0
<i>i</i> =0.05; L= 75 м											
0,1	23,44	8,5	11,25	32,05	23,45	3,06	8,19	0,35	0,01	0,23	0,8
0,4	5,86	0,79	11,25	19,26	18,44	1,13	10,12	0,55	0,89	16,41	96
0,8	2,93	0,34	11,25	9,52	9,18	0,98	10,27	1,12	1,76	16,16	131,84
1,2	1,95	0,21	11,25	7,88	7,67	0,90	10,30	1,34	2,98	22,76	225,6
1,6	1,43	0,103	11,25	6,35	6,25	0,59	10,66	1,71	4,05	25,31	280,0
2,0	1,17	0,06	11,25	4,78	4,72	0,43	10,82	2,21	4,91	23,17	274,4

Примечания: 1. Приведенный расчет потребления оросительной воды при бороздном поливе виноградников характерен почти для всех хозяйств предгорной зоны Дагестана.

2. Падение урожайности винограда (до 30...50 ц/га) на большеуклонных участках является следствием ежегодного снижения мощности гумусового слоя почвы из-за выноса почвы (эрозии) в больших размерах.

Подведя итог анализу наших исследований по данному вопросу можно сделать следующие основные выводы:

1. Исходя из допустимой величины эрозии почв для предгорной зоны ($h=0,5..1,0$ мм) оптимальный размер поливной струи должен быть 0,30...0,5 л/с для $I=0,02$ и $I=100$ м; 0,25...0,4 л/с для $i=0,025$ и $I=100$ м; 0,15...0,30 л/с для $I=0,03$ и $I=70$ м и 0,05... 0,10 л/с для $i=0,05$ и $I=70$ м (рис. 4.4 и 4.8), а соответствующие скорости течения воды колеблется в пределах 0,1...0,3 м/с (рис. 4.5).

2. Средняя мутность воды в борозде при поливах для соответствующих размеров поливной струи будет 10-14 г/л для $i=0,02-0,025$; 20-25 г/л для $i=0,03$ и 20-60 г/л для $i=0,05$. Как видим, размеры смыва превышают допустимую величину мутности в воде, учитывая даже повышенную исходную мутность оросительной воды из р. Самур и Гюльгеричай 10...20 г/л (рис. 4.9).

3. Учитывая сказанное в п. 2 обязательная рекомендуемая технология бороздного полива должна быть без сбросов оросительной воды. Для этого необходимо применять полив с переменной струей или с прерывистой подачей расходов воды в борозды, путем использования поливных трубопроводов с регулируемыми водовыпусками.

4. Являясь важнейшим показателем бороздного полива равномерное увлажнение почвы, влияющее на урожайность винограда, необходимо организовать поливы с подачей ограниченного размера максимально допустимого расхода воды в борозду в начальный период, а с достижением 0,8 длины борозды уменьшения её величины на 50-60 % и продолжение полива до достижения расчетной поливной нормы.

5. С целью повышения производительности труда на поливе и равномерного увлажнения почвы по длине наиболее приемлемым поливом считаем внутрпочвенное орошение по кротовинам, исключаяющее поверхностный сток, т.е. ирригационную эрозию.

На основе анализа экспериментальных данных разработаны нормативы основных элементов техники бороздного полива, при учете недопущения ирригационной эрозии почвы, которые включают следующие параметры: водопроницаемость почв предгорья, в основном, среднесуглинистые почвы; допустимые расходы воды в поливную борозду; характерные уклоны; длина борозд (в поперечном направлении склона до тальвега); время добегания струи и продолжительность полива (табл.4.10).

По нормативным данным заметно, что чем больше уклон, размер поливной струи снижается, продолжительность полива возрастает и резко

снижается производительность труда на поливе. Это говорит о том, что в предгорной зоне необходимым условием предотвращения эрозии почвы применением малых размеров поливной струи, будет механизация поверхностного полива, которая способствует повышению производительности поливов.

Таблица 4.10 - Рекомендуемые элементы техники полива по бороздам для условий предгорья при поливе переменной струей

Водопроницаемость, дм/мин	Уклоны, i	Расходы, л/с q ₁ /q ₂	Продолжительность, час		Длина борозды, м l
			на добегаания (t ₁)	на дополив (t ₂)	
0,175	0,02	0,7 /0,5	0,6	10	110.. 140
	0,03	0,5/0,30	3	6	
	0,05	0,2/0,08	8	30	50...80
0,0965	0,02	0,5/0,35	0,8	6,5	120.. 150
	0,03	0,4/0,20	4	7	90...120
	0,05	0,15/0,06	9	36	60...90
0,0555	0,02	0,45/0,3	1,0	8,5	150... 180
	0,03	0,3/0,15	7	14	110.. 140
	0,05	0,1/0,06	11	42	80.. 110

4.3. Результаты исследований поливного трубопровода для распределения воды по бороздам на большеуклонных участках

При существующей технологии полива виноградников и других культур в условиях предгорья республики соблюдение нормативов техники полива практически невозможно, даже применение водосливов требует больших затрат времени и труда на создание и поддержание уровней на них, т.к. уклоны вдоль оросителей колеблется от 0,02.. 0,12. Поэтому в проводимых исследованиях ставилась задача применения поливного трубопровода, имеющего регулируемые водовыпуски. Особенностью конструкции водовыпуска является то, что он имеет микрозатвор с углом поворота от 0 до 90°, являющимся регулятором подачи поливной струи в борозду. Микрозатвор состоит из капронового клапана D= 37 мм, закрепленного на оси вращения (см.рис.24) с помощью шурупа в его центре и поворотного кронштейна (5), посаженного сверху на ось, вращение которого осуществляется с помощью механического рычага дистанционного управления группами водовыпусков. За клапаном имеются отверстия (3) в стенках водовыпуска размерами 15x10 мм. Они выполнены в обратном

направлении выхода струи для гашения энергии потока при ударе его в корпус (4), а одно отверстие (нижнее) размером 20x15 мм, направлено перпендикулярно корпусу, с целью быстрого выхода струи за клапаном при малых расходах воды (для уменьшения сопротивления при выходе струи). Гашение скорости потока, выходящего из водовыпуска, является важнейшим фактором, исключающим размывы головной части борозды. При больших расходах, как показали исследования, это условие не соблюдается, т.е. выходные скорости превышают неразмывающих (см.рис.4.17).

Данная конструкция подвергалась лабораторным исследованиям, основной целью которого ставилось установление расходов воды в зависимости от напоров и угла поворота клапана (рис.4.15). В полевых условиях определены размеры поливных струй при действующем напоре водовыпуска, определяемые манометром, установленном на поливном трубопроводе за водомером (см.рис.4.3). Точность определения расхода воды в полевых условиях зависит от точности показания манометра. В исследованиях применялся образцовый манометр с классом точности 2,5 кг/см² (цена деления 12,5 см).

Для контроля точности измерений действующего напора на водовыпусках к лабораторной установке подключены пьезометры с целью сравнения их показаний с манометрическими, а также для тарирования их в полевых условиях.

Для полива виноградников, расположенных на больших уклонах предгорья, требуется подача поливной струи в борозду малых размеров, в противном случае эрозия превышает допустимые величины и почва увлажняется неравномерно, что снижает урожайность винограда. Это подтверждается проведенными исследованиями, результаты которых приведены в разделе 3.2.

Применение регулируемых водовыпусков на поливном трубопроводе обеспечивает подачу поливной струи размерами от 0,05 до 1,7 л/с при различных углах поворота клапана микрозатвора и напоров.

Согласно нашим исследованиям оптимальные размеры поливной струи для больших уклонов (0,02...0,05) должны быть в пределах 0,5...0,05 л/с, что и обеспечивает рекомендуемой конструкцией водовыпуска при незначительных для этого напорах (до 0,6м) (см.рис.4.15). Практически малые размеры поливной струи можно обесточить при любом угле поворота клапана (от 5° до 90°), но при этом напор на водовыпуске должен регулироваться вентилем, установленным в начале трубопровода. Так, для установления расхода воды 0,5 л/с, необходимо установить на манометре от 0,15 до 0,6 м при углах поворота 90°...30°, а для установления 0,05 л/с поливной струи необходимый напор должен быть 0,08...0,15м при углах поворота микрозатвора 5...15°.

Опытные значения расходов водовыпуска от напоров и угла открытия микрозатвора представлены ниже в таблице 4.11.

Таблица 4.11- Опытные характеристики водовыпусков

Напор, м	Расход воды (q, л/с) в зависимости от угла открытия отверстия						
	5°	10°	15°	30°	45°	60°	90°
0,5	0,07	0,117	0,186	0,535	0,659	0,815	0,83
1,0	0,091	0,156	0,256	0,782	0,965	1,16	1,26
1,5	0,102	0,180	0,305	0,805	1,10	1,42	1,54
2,0	0,124	0,203	0,350	0,895	1,34	1,66	1,72

Кривые связи расходов (рис.4.15), построенные при различных углах поворота с интервалом в 15° и напорах, показывает, что напор при повороте микрозатвора до 15° оказывает незначительное влияние на величину подаваемого расхода воды, такое же явление наблюдается и при повороте затвора на 60° и 90°. Расхождения незначительны при напорах до 0,6 м. Большое влияние на величину расхода воды отмечается в интервале открытия микрозатвора от 15° до 60° при напорах свыше 0,6 м. Чем меньше открытие отверстия микрозатвора, тем величина возникающих сопротивлений возрастает и влияет на значение коэффициента расхода воды ($\mu = \varphi \cdot \epsilon$), который зависит от коэффициента скорости подхода потока и бокового сжатия струи. При малых углах поворота (открытия) микрозатвора до 30°, характер изменения кривых связей $\mu = f(\varphi \text{ и } h)$ имеет постепенное снижение величины коэффициента расхода с увеличением напора ($\mu = 0,015 \dots 0,15$), и наоборот, при углах открытия более 30° кривые характеризуются возрастанием от меньших к большим ($\mu = 0,16 \dots 0,26$) значениям с увеличением напора (рис.4.16). На величину коэффициента расхода воды существенное влияние оказывает положение клапана в отверстии водовыпуска, который гасит энергию потока и уменьшает скорость движения воды. Величина выходных скоростей водовыпуска, при разных углах открытия отверстия, находится в прямой зависимости от расхода воды, выдаваемого в борозду (рис.4.17)

При малых углах открытия отверстия затвора (5...15°) скорости находятся в пределах допустимых величин (0,067...0,30 м/с), а с увеличением угла открытия, скорости превышают допустимые величины (0,1...0,2 м/с) и достигают до 1,5 м/с.

Поэтому данную конструкцию водовыпуска рекомендуется использовать на поливных трубопроводах для выдачи малых расходов воды, соответствующих расчетным элементам техники полива, полученным в результате наших исследований с учетом недопущения ирригационной эрозии. В случае необходимости его использования для больших расходов

более 0,8 л/с и, с целью защиты почвы от размыва головной части борозды, водовыпуски можно снабжать полиэтиленовым рукавом.

Опытные значения расходов воды водовыпуска в зависимости от угла открытия затвора и действующего напора

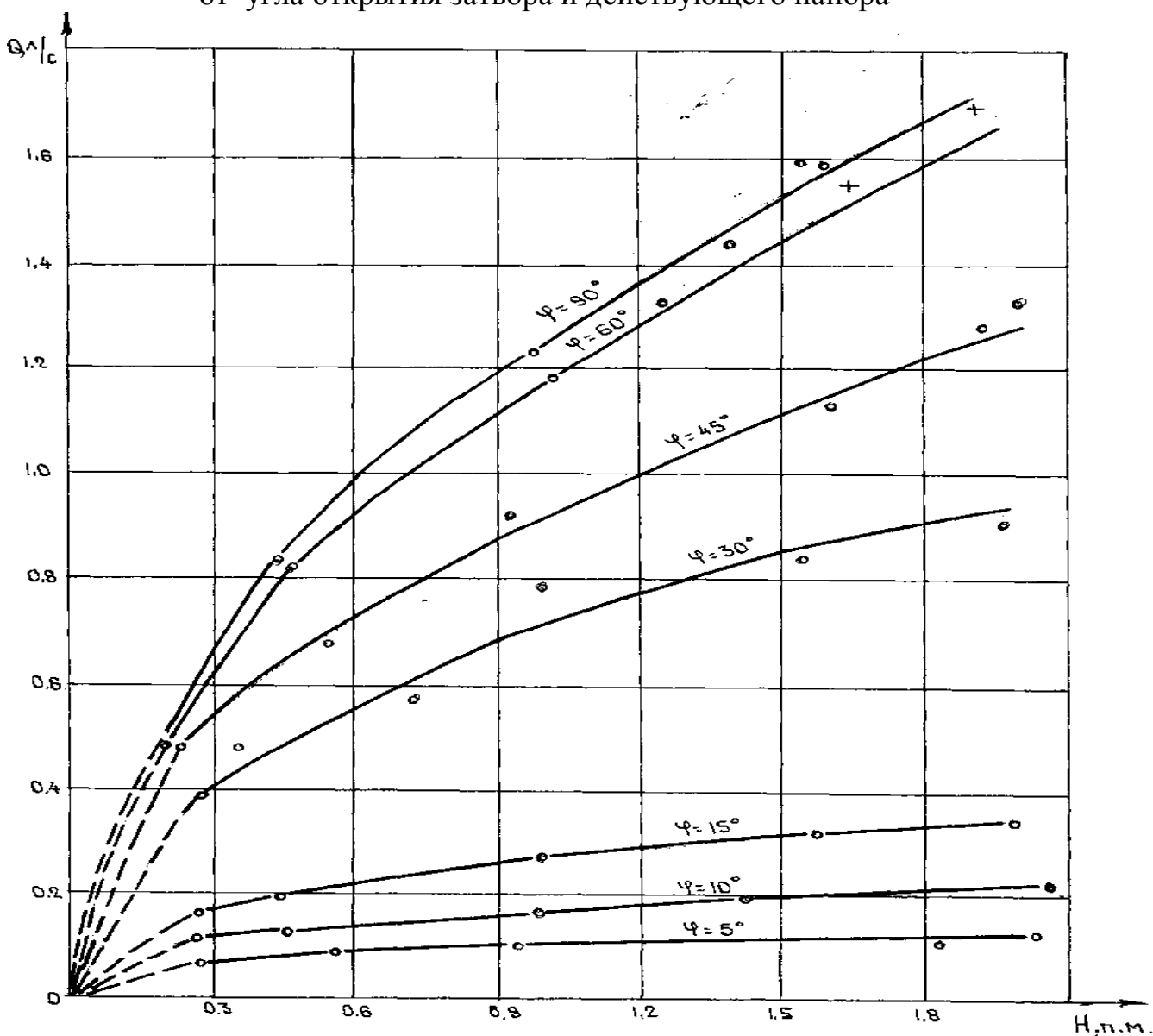


Рис. 4.15.

Для определения величины поливной струи по манометру в полевых условиях нами были использованы показания пьезометров, на основании которых была построена тарифовочная кривая связи $H_{\text{п}} = f(H_{\text{м}})$ (рис.4.18). При малых напорах и расходах показания пьезометров и манометра почти совпадали, с незначительными отклонениями, а с увеличением расхода воды показания расходились на 0,1...0,15 м (см. прил.22). Показания пьезометров почти во всех опытах превышали манометрические. Такое расхождение, наблюдается при больших расходах и напорах, объяснимо тем, что за счет пульсации скоростей в подходе к водовыпуску положение уровня в

пьезометрах не спокойное и завышенное, причиной этого является подача воды под напором. В полевых условиях имеет место более спокойный подход потока (самонапорный режим).

Уровни воды в пьезометрах очень чувствительны даже к незначительным изменениям скоростей, что на нанометре мм не замечали. Из этого следует, что показания манометра вполне достоверны для полевых измерений, что подтверждает и построенная тарифовочная линия связи $H_{п} = f(H_{м})$, где совпадают средние их показания.

При групповой работе водовыпусков (в нашем опыте два водовыпуска) к показанию манометра, соответствующему напору первого водовыпуска, требуется приплюсовать превышение h (рис.3.18), которое учитывает уклон местности. Это будет соответствовать действующему напору на втором водовыпуске, по которому устанавливается расход воды, подаваемый во вторую борозду. Величиной потерь напора на длине 1,5 м можно пренебречь, т.к. скорости подхода воды к водовыпуску незначительные (0,0034...0,015м/с) (см.прил. 20). Зная напоры на водовыпусках из кривых связей $Q=f(H)$ можно заранее отрегулировать микрозатворы на требуемую величину расхода воды в борозду.

Таблица 4.12 - Распределение расчетных значений расходов по водовыпускам

Уклон вдоль трубопровода, i	Угол открытия микро затвора, φ°	Напор, м		Подача, л/с Q	Расходы, л/с	
		1-й водо выпуск, H_1	11-й водо выпуск, H_2		1-й водо выпуск, q_1	11-й водо выпуск, q_2
0,1	10°	0,533	0,518	0,241	0,120	0,121
	15°	0,528	0,513	0,385	0,192	0,193
	15°	1,08	1,06	0,526	0,262	0,264

Из таблицы 4.12 видим, что расхождение между величинами расходов первого и второго водовыпуска составляет тысячные доли. При большом количестве водовыпусков и большой длине поливного трубопровода потери напора по длине увеличатся и расходы будут отличаться с большой разницей, для чего требуется построение аналогичной схемы (рис.4.19) определения напора в любой точке длины трубопровода или водовыпуска.

Имея превышение по различным уклонам местности можно прогнозировать для каждого водовыпуска соответствующий напор и расход воды. Или, наоборот, отрегулировав положение микрозатворов на водовыпусках, можно достичь одинаковых размеров поливной струи в каждую борозду, но этот процесс требует повторения при изменении уклона поверхности и, поэтому, наиболее удобный вариант с наименьшими затратами является первый, который и рекомендуется при поливе виноградников на больших уклонах.

Влияние напора и угла открытия отверстия водовыпуска
на коэффициент расхода воды

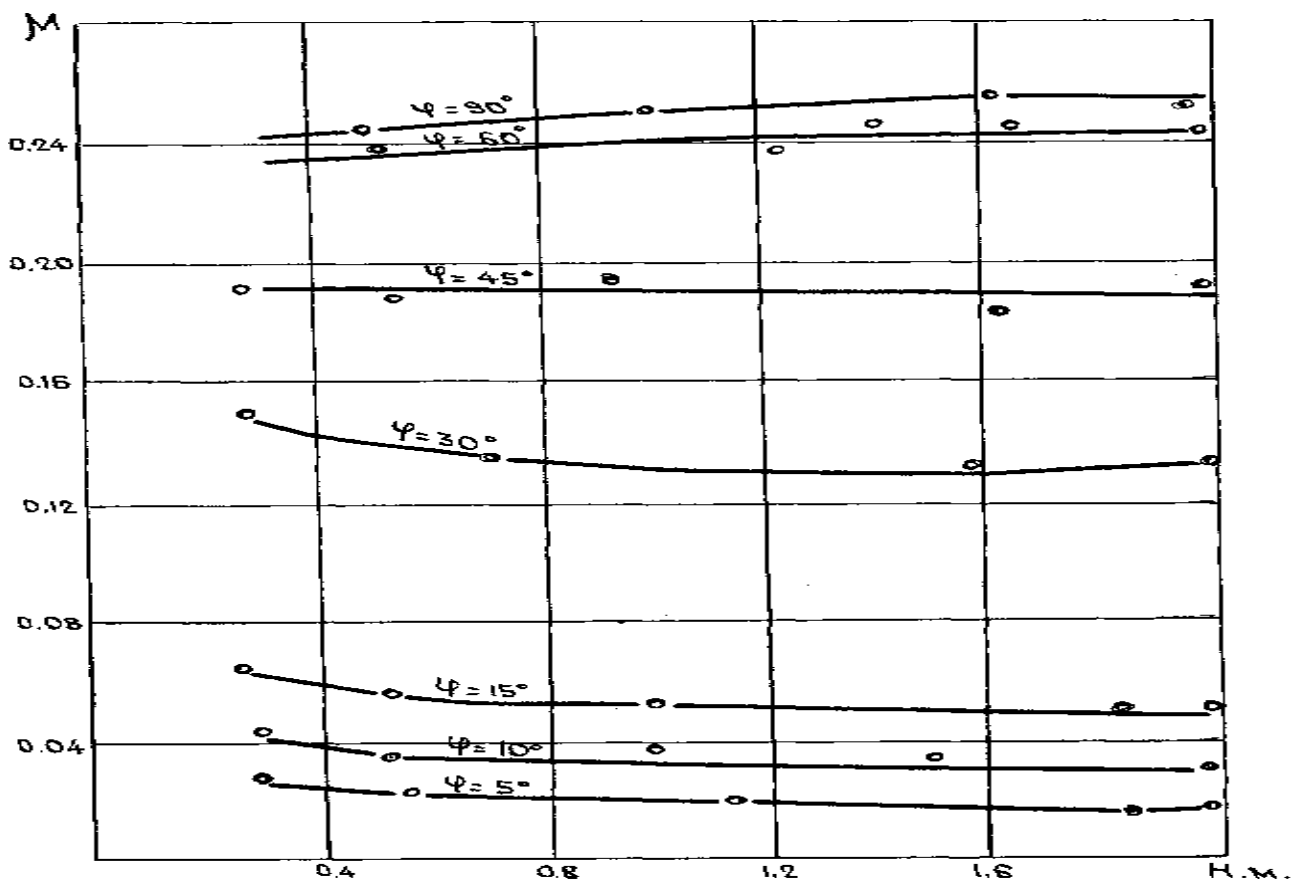


Рис.4.16

Зависимость выходных скоростей водовыпуска от расхода воды

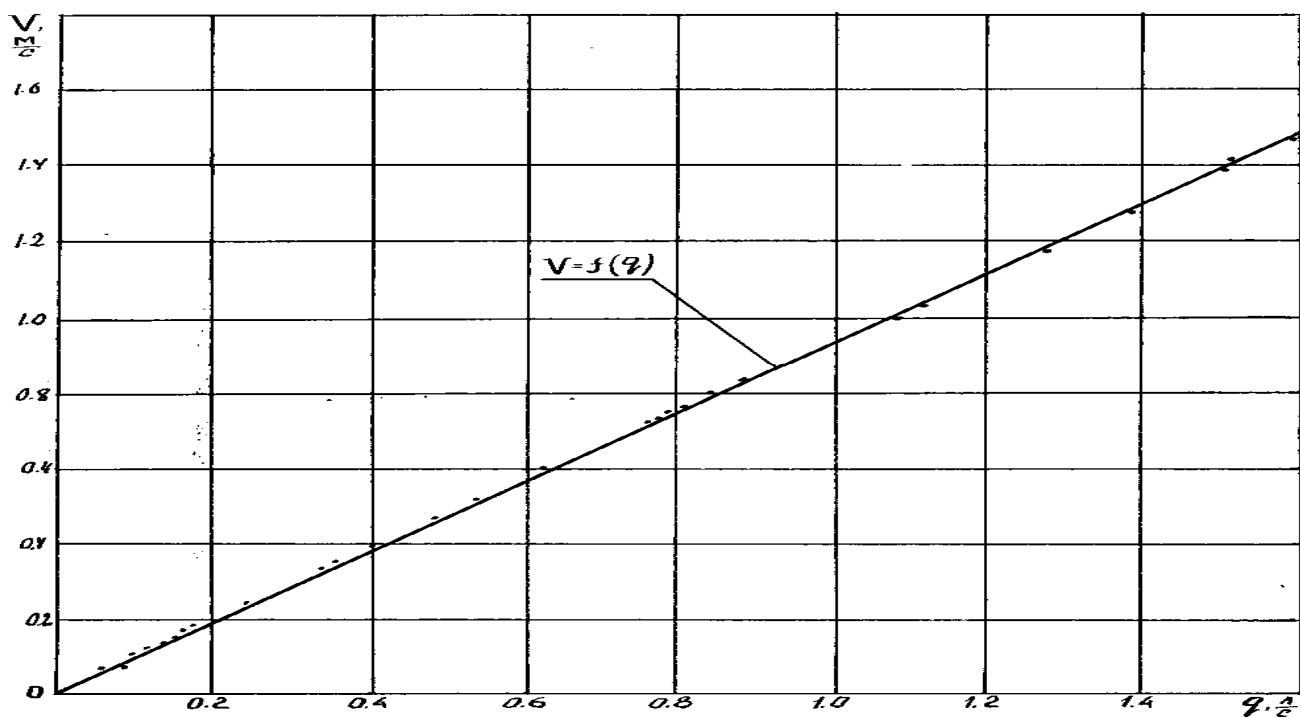


Рис.4.17

Тарировочная кривая связи $H_{II} = f(H_M)$

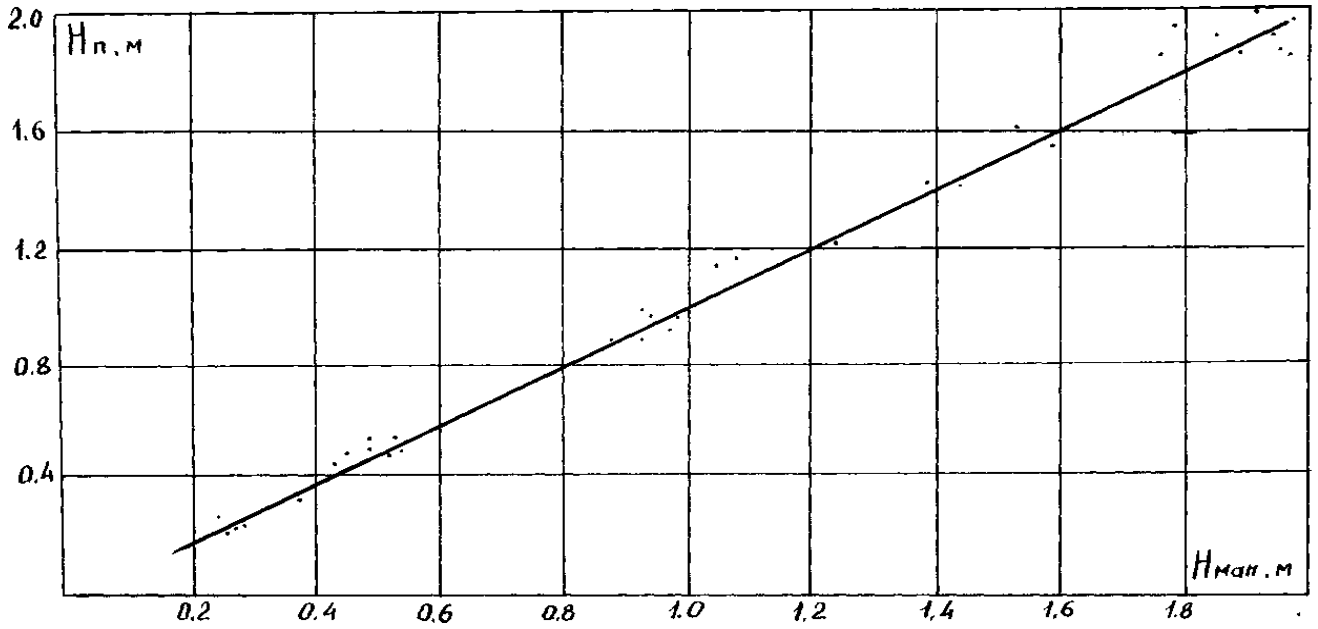


Рис.4.18.

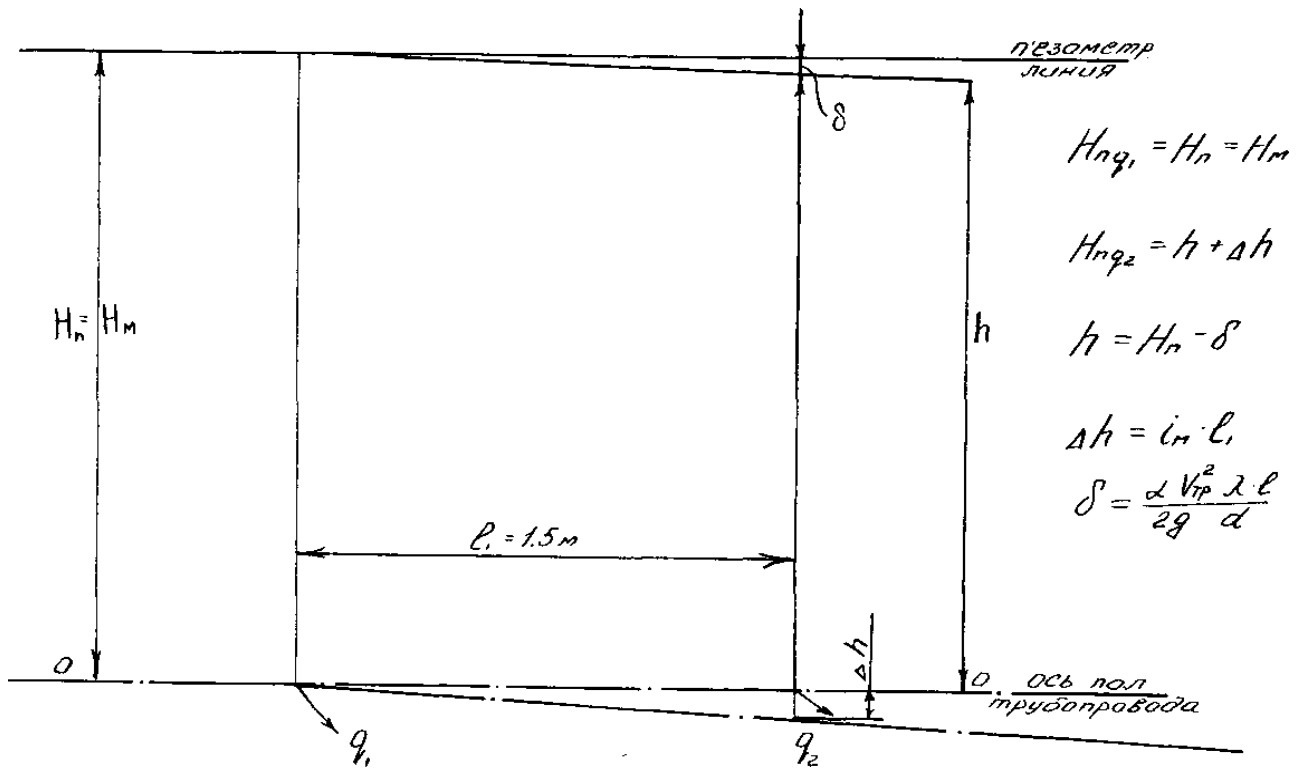


Рис. 4.19- Расчетная схема определения действующего напора в последующем водовыпуске

Таблица 4.13 - Данные экспериментальных исследований техники полива по бороздам переменной струей

Угол отк ры тия во до вып ус ка, ϕ^0	№№ борозды и длина, L (м)	Укл он, i	Показания манометра, м		Расходы воды в борозду, л/с		Продолжитель ность полива .час		Расчет. поливн норма, м ³ /га D _{ir}	Фактич поливн норма, м ³ /га D _f	КПД техни ки по лива, Е
			H ₁ /H ₂	H ₁ /H ₂	q ₁ / q ₂	q ₁ / q ₂	добега ния струи на 8L, t ₁	допол нив t ₂			
30 ⁰	1, L=100	0,02	0,75	0,21	0,6	0,35	0,6	10	900	1112	0,81
	2, L=100		0,73	0,19	0,59	0,33	0,65	9,5	900	1048	0,81
15 ⁰	3, L=100	0,03	0,90	0,27	0,25	0,15	7,0	14	900	1108,8	0,81
	4, L=100		0,88	0,26	0,25	0,146	7,0	14	900	1087,2	0,89
10 ⁰	5, L=70	0,05	0,24	0,13	0,1	0,05	II	42	900	924	0,97
	6, L=70		0,238	0,13	0,1	0,05	II	42	900	922	0,97
5 ⁰	7, L=70	0,05	1,28	0,45	0,12	0,07	9	36	900	1037	0,87
	8, L=70		1,95	0,44	0,116	0,069	10	35	900	1089	0,87

Полевые исследования поливного трубопровода проводились на опытном участке хозяйства «Муктадирский», где уклоны вдоль участка составляли 0,02 и более. Согласно, предложенной методике был осуществлен полив из двух водовыпусков при соблюдении рекомендуемых элементов техники полива на уклонах 0,02; 0,03; 0,05.

Коэффициент полезного действия техники полива при рекомендуемой технологии, с применением поливного трубопровода дистанционного управления поливной струей, не ниже 0,80. Из этого следует, что механизация поверхностного полива по бороздам намного эффективнее, чем существующая техника полива со сбросом воды.

Для производственных условий более эффективно удлинить рабочую часть поливного трубопровода до 10 м, независимо от материала изготовления (преимущественно из полиэтилена), при котором будет осуществляться одновременный полив 6 борозд. Пропускная способность поливного трубопровода зависит от его диаметра и может достигать до 5,0 л/с с нормальным напором 2,0 м. Регулирование поливной струи, в отличие от базовых, выполняется одновременно всеми водовыпусками путем механического управления рычагом поливного трубопровода.

На индивидуальное регулирование водовыпусков на базовом поливном трубопроводе затрачивается около 1 часа времени, при этом точность установления величины поливной струи не гарантируется. При их использовании участок орошения должен иметь спланированную поверхность, чтобы неровности не повлияли на равномерность распределения воды между бороздами из-за изменения действующего напора, являющегося важным показателем их применения.

Основным способом подачи вода в трубопроводы с учетом рельефных условий орошаемых участков предгорья может быть самотечный, обеспечивающий достаточные напоры для нормальной его работы. Наиболее удобным для эксплуатации поливных трубопроводов и организации технологии поливов, является подача воды через гидранты от закрытых водоводов. Кроме того, как было в наших исследованиях, при наличии каналов (лотков) с необходимыми командными отметками к водовыпуску можно дооборудовать трубопровод полиэтиленовым шлангом для транспортирования поливной воды к рабочему органу трубопровода. Схема полива виноградников, более оптимальная в условиях предгорья, является поперечная, обеспечивающая минимальные затраты на строительство оросительной сети.

Производительность труда при поливе с использованием поливных трубопроводов в 2,5-4,0 раза выше, чем при ручном поливе с применением простейших средств распределения воды между поливными бороздами. Кроме того, из-за ликвидации полос, занятых под временными оросительными каналами, увеличивается КЗИ участка на 4,0... 5,0%.

4.4. ГИБКИЕ И ЖЕСТКИЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Поливные трубопроводы различают на *стационарные* (закопанные в землю асбестоцементные трубы) и *передвижные* (из пластмассовых или металлических труб).

Полиэтиленовые и капроновые трубопроводы используют как для распределения воды в поливные борозды, полосы (поливной трубопровод), так и для транспортирования ее (транспортирующий гибкий трубопровод). Полиэтиленовые поливные трубопроводы устраивают с нерегулируемыми, а трубопроводы из мелиоративной ткани (капроновые) — с регулируемыми отверстиями. Для улучшения равномерности распределения воды из трубопроводов с нерегулируемыми отверстиями необходимо оптимальное сочетание длины трубопровода, уклона и напора в голове трубопровода.

Расход воды, м³/с, в жесткий поливной трубопровод

$$Q_n = \sqrt{\frac{d_p^5 (H_0 - H_L + i_L l_p)}{0,0277 \lambda l_p}}, \quad (4.1)$$

где d_p — диаметр трубопровода, м; H , H_L — пьезометрический напор в начале и конце трубопровода, м; i_L - геодезический уклон по трассе трубопровода;

L — длина трубопровода или фронт одновременной раздачи воды, м;

λ — коэффициент сопротивления по длине трубопровода.

Ориентировочно его можно вычислить по формуле $\lambda = 0,015/d_p^{0,95}$ (4.2)

$$Q_{nt} = \sqrt{\frac{d_p^5 [(1-n^2)/n^2 H_L + i_L l_p]}{0,0277 \lambda l_p - 0,091 d_p^5}}, \quad (4.3)$$

где p —величина, учитывающая зависимость коэффициента расхода от скорости (изменяется от 0,93 при скорости 1 м/с до 0,85 при скорости 2 м/с).
 Скорость в поливных трубопроводах не должна быть менее критической, чтобы трубопроводы не заиливались. При диаметре частиц наносов до 0,1 мм и мутности воды не более 5 г/л критическая скорость, м/с,

$$V_{cr} > 0,0284 \sqrt{(\omega_m^{0,25} \rho L / \lambda)} \quad (4.4)$$

где ω_m — средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, мм/с;
 ρ — мутность оросительной воды, т/м³.

Рекомендуют три схемы использования поливных трубопроводов.

1. Гибкие или жесткие трубопроводы заменяют выводную борозду, их укладывают на поле перпендикулярно к направлению поливных борозд (рис. 3.4, а). Это дает возможность осуществлять однократные и многократные поливы при продольной и поперечной схеме расположения временной сети. Однократный полив проводят, когда из трубопровода можно подать воду во все борозды.
2. Гибкие трубопроводы заменяют всю временную сеть: часть их (транспортирующая) служит для подачи воды к поливным трубопроводам.

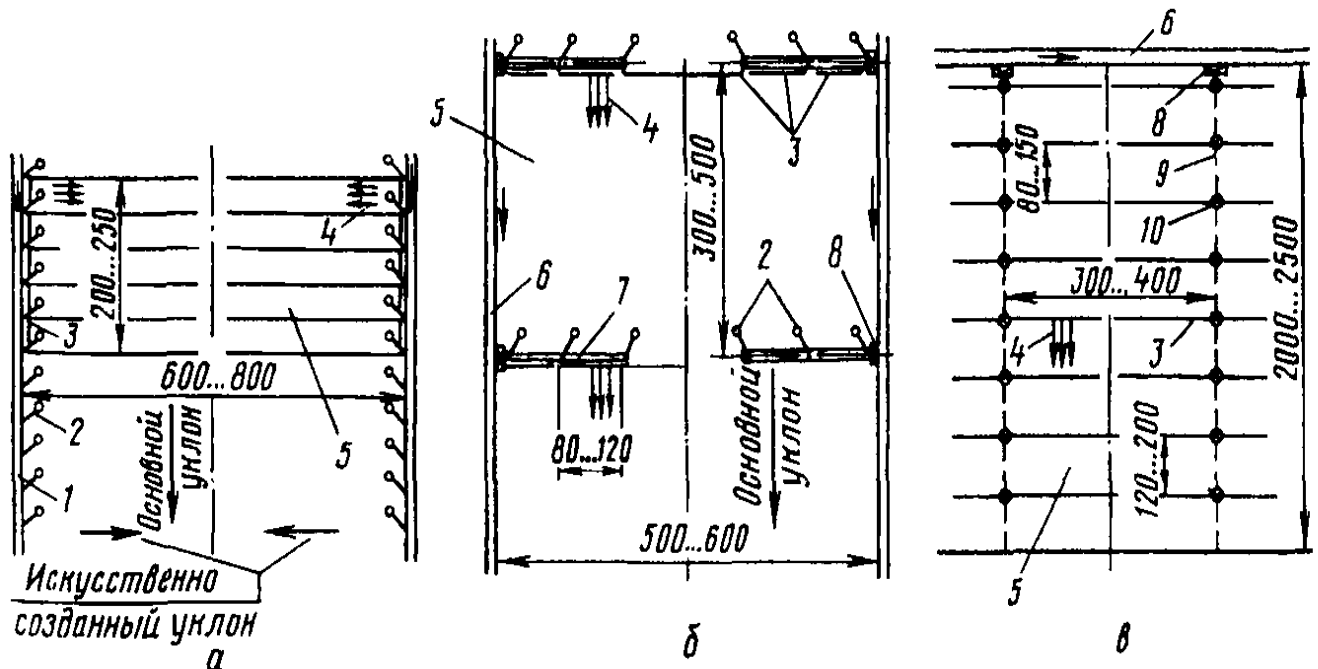


Рис. 4.4 - Схемы оросительной сети с применением гибких трубопроводов: при уклонах: а-0,001...0,003 (поперечная схема); б—0,03...0,07 (продольная схема); в-0,01...0,03; 1 — внутрихозяйственный канал или лоток; 2— водовыпуск в гибкие поливные трубопроводы; 3—гибкие поливные трубопроводы; 4— направление полива; 5— площадь одновременного полива; 6— межхозяйственный канал; 7—участковый распределитель; В — водозабор; 9— закрытый транспортирующий трубопровод; 10— гидрант-водовыпуск (размеры в м)

Используя гибкий трубопровод с поливными отверстиями, как и в первой схеме, можно автоматизировать распределение воды между бороздами (рис.3.4, б).

3. Транспортирующий трубопровод укладывают в почву ниже пахотного горизонта. На поверхность выходят гидранты с задвижками, к которым подключают поливные трубопроводы, укладываемые по поверхности на время полива. Расстояние между гидрантами соответствует длине поливных борозд (рис. 4, а, в).

При использовании поливных трубопроводов предъявляют повышенные требования к оросительной воде: мутность ее для гибких трубопроводов не должна превышать 1...1,5 г/л, для подземных трубопроводов — 3,4 г/л. В зависимости от мутности воды устанавливают режим промывки гибких и жестких трубопроводов.

Выбор схемы работы трубопроводов зависит от соотношения продольного и поперечного уклонов. Поперечные схемы применяют при уклонах менее 0,003 с тщательной планировкой в направлении полива. Они предусматривают полив по удлиненным бороздам (300...400 м) при большом расходе поливной струи (1,5...2,5 л/с) и расстояниях между бороздами не менее 0,9 м.

На участках с уклонами 0,01...0,03 при продольной схеме поливов по коротким поливным бороздам (75...100 м) используют жесткие передвижные поливные трубопроводы.

Для полуавтоматического распределения воды на хорошо спланированных участках применяют гибкие трубопроводы с армированными отверстиями постоянного диаметра, зависящими от расчетного расхода. Трубопровод располагают по уклону (0,002...0,005).

4.5. ПОЛИВНЫЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ АГРЕГАТЫ С ГИБКИМИ ШЛАНГАМИ

Поливной передвижной *агрегат ППА-300* предназначен для полива затоплением сопутствующих культур в рисовом севообороте, распределения воды в полосы или группы поливных борозд. Включает навесную насосную станцию, гибкий поливной трубопровод, намоточное устройство.

Поливной трубопровод состоит из четырех отрезков гибкого капронового прорезиненного рукава длиной по 120 м. На каждом отрезке на расстоянии 20 м друг от друга расположено шесть пар водовыпусков.

Полив проводят позиционно (рис. 4.5). Перед установкой агрегата на позицию раскладывают поливной трубопровод.

Техническая характеристика агрегата ППА-300

Агрегатируется с тракторами	МТЗ-80 и ЮМЗ-6
Скорость, км/ч:	
при раскладке трубопровода	1,65...2,8
при сборке	3...4,8
транспортная	10
Производительность при норме полива 1200 м ³ /га, га/ч	0,53
Сезонная производительность, га	115..315
Рабочий напор, м	5...7,8
Расход воды, л/с	245...312
Допустимая высота всасывания, м	1,5
Поливной трубопровод:	
материал	Капроновая ткань
толщина стенки, мм	0,5
диаметр, мм	350...420
рабочий напор, м	до 3
число водовыпусков по длине:	24
трубопровода полотен-гасителей	12
расстояние между водовыпусками, м	20
расход воды из водовыпуска, л/с	0...25
диаметр водовыпуска, мм	120
длина водовыпуска, м	0,68
масса 1 м трубопровода, кг	0,5
Обслуживающий персонал, чел.	2

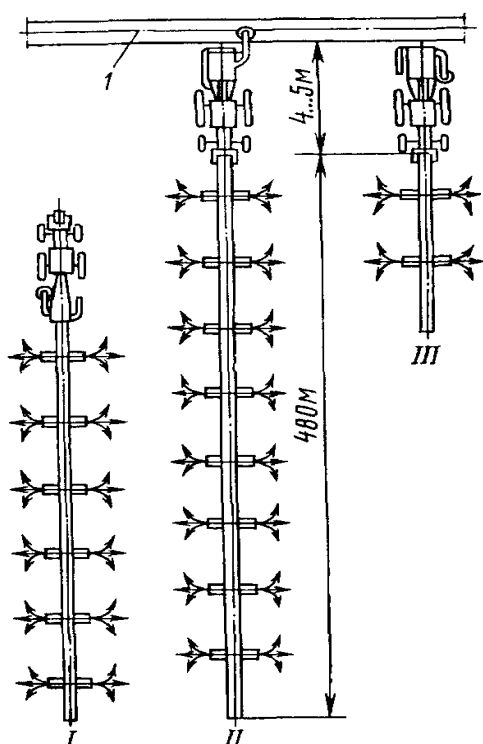


Рис. 4.5 - Схема полива передвижным агрегатом ППА-300:

1- раскладка трубопровода; II— полив; III- сборка трубопроводов; 1 - ороситель (Q = 400 л/с)

Поливной передвижной агрегат ППА-165У предназначен для полива пропашных культур по бороздам. Состоит из навесной на трактор класса 0,9..1,4 насосной станции, намоточного устройства со вспомогательным оборудованием, гибкого поливного трубопровода. Раскладывают и собирают поливной трубопровод дистанционно без заезда на поле, воду в него подают из открытых водоисточников, каналов или лотков.

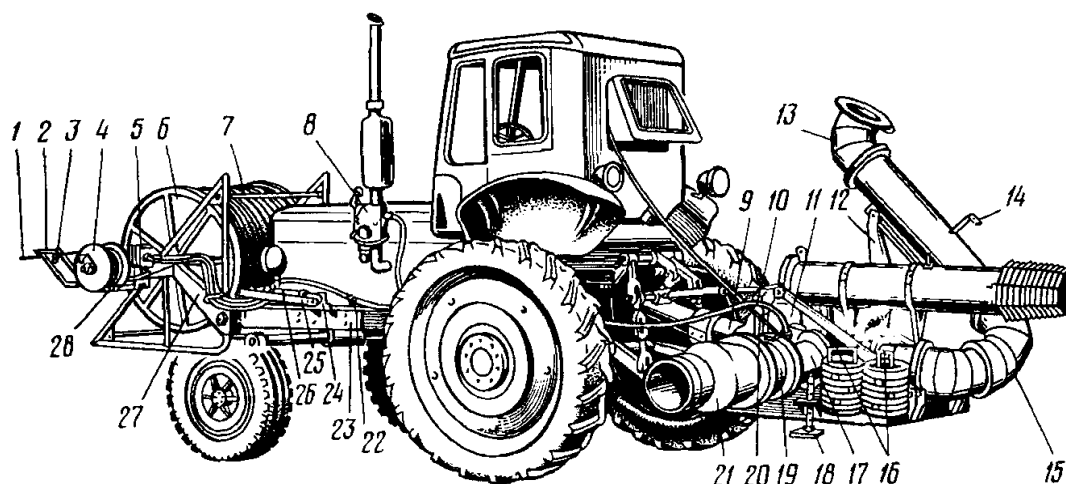


Рис. 4.6 - Поливальщик универсальный ППА-165У:

1-канат для дистанционной сборки поливного трубопровода; 2-рамка, 3- ролик; 4-лебедка-5- гидромотор; 6— барабан-контейнер; 7- поливной трубопровод; 8— газоструйный вакуум-аппарат; 9-кожух; 10-шланг; 11-редуктор; 12-механизм подъема; 13 — всасывающий трубопровод; 14— опора; 15—поворотная муфта; 16— стойки; 17— насос; 18 — опора рамы 19- обратный клапан; 20— канат для открывания обратного клапана; 21- напорный патрубок; 22-разрывная муфта; 23-лонжерон; 24- кронштейн; 25-фиксирующая планка; 26- гидроцилиндр; 27— подвижная рама; 28— канатоукладчик

Техническая характеристика агрегата ППА-165У

Агрегатируется с тракторами	Т-40, МТЗ-80, Т-54В, Т-28Х4
Расход воды, л/с	150...200
Расход воды по водовыпускам, л/с	0...2
Напор, м	4...5,5
Ширина междурядий, см	60, 70 и 90
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	8...10
Производительность при норме полива $1200 \text{ м}^3/\text{га}$, га/ч	0,6
Сезонная производительность, га	120
Гибкий трубопровод:	
диаметр, мм	300
длина, м	300
длина отрезка, м	100
Транспортная скорость, км/ч	15
Тяговый трос: длина, м	250
диаметр, мм	5...6,5
Обслуживающий персонал, чел	2

4.5.1. КОМПЛЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

Комплект предназначен для полива пропашных культур затоплением тупиковых борозд и по сквозным бороздам струей с переменным расходом и дискретной водоподачей на почвах средней и пониженной водопроницаемости. Вода поступает от гидрантов закрытых оросителей, расположенных параллельно поливным бороздам. Шланговое поливное устройство АШУ-32 состоит из барабана со шлангом, имеющим в концевой части регулируемые водовыпуски (3...5 и более) с гасителями поливных струй, гидромеханизмом привода барабана и командный генератор (рис. 4.7).

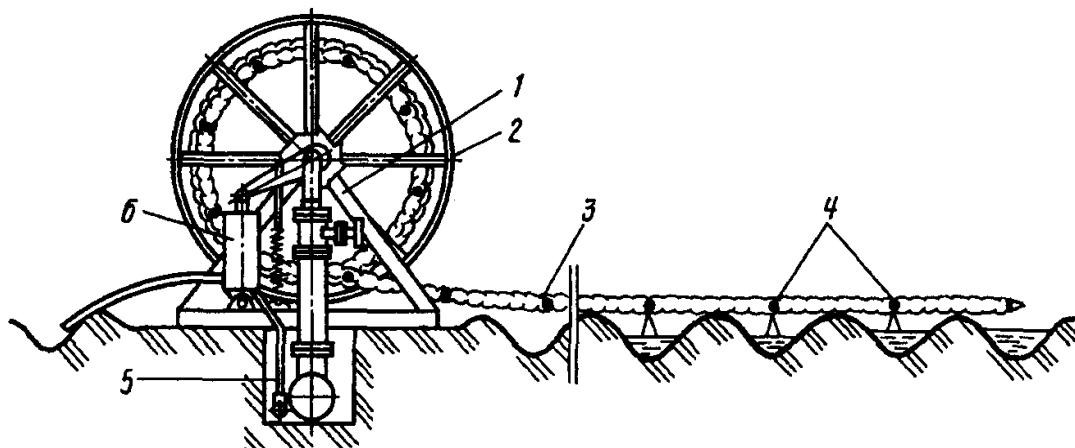


Рис. 4.7- Конструктивная схема поливного шлангового устройства:
1 — рама; 2-барабан; 3— шланг; 4— водовыпуски; 5 — линия управления от командного генератора; 6- гидромеханизм привода барабана

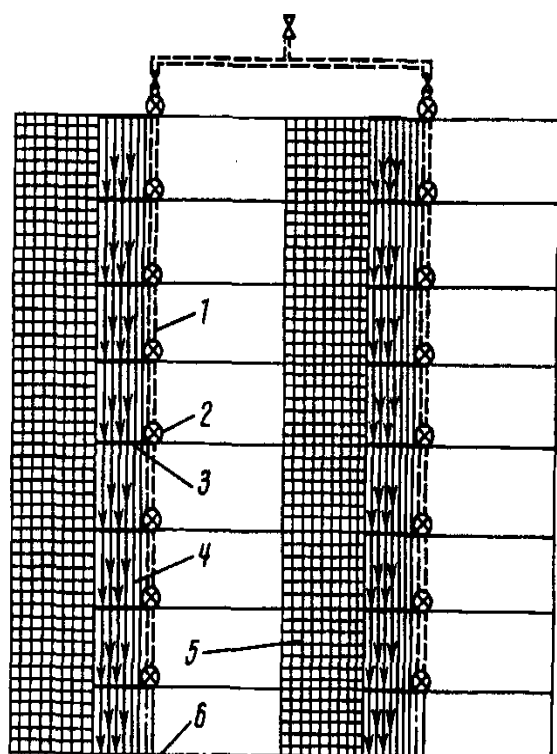


Рис. 4.8 - Схема автоматизированной системы со шланговыми поливными устройствами:

1 -распределительный трубопровод; 2- автоматизированное поливное устройство; 3- поливной шланг; 4- поливная борозда; 5- поливаемая площадь; 6— канал.

Технологическая схема работы комплекта приведена на рисунке 4.9. Поливные шланги на исходную позицию раскладывают с помощью трактора любого класса.

Техническая характеристика шлангового поливного устройства АШУ-32

Расход воды, л/с	3,0...4,5
Давление на входе, МПа	0,3...0,4
Число водовыпусков	3...5
Расстояние между водовыпусками, м	0,6; 0,7; 0,9
Рабочая длина поливного шланга, м	100...200
Масса установки (без воды) со шлангом, кг	330...410
Габаритные размеры, м: высота	1,8
ширина и длина	1,8 и 1,7
Коэффициент использования рабочего времени	0,95
Сезонная загрузка на одно устройство при норме полива 600 м ³ /га,га	4...8
Число устройств, обслуживаемых одним оператором	16...24

4.5.2. ПОЛИВНЫЕ ЛОТКИ

Автоматизированный поливной лоток (АПЛ) с гидромеханическим управлением по временной программе предназначен для полива пропашных культур по длинным бороздам струей с постоянным расходом на почвах средней и пониженной водопроницаемости.

Лоток (рис. 4.10) с односторонней раздачей и поперечной схемой полива состоит из однотипных секций (используют лотковые блоки ЛР-80, имеющие отверстия в дне, с шагом, равным принятой ширине междурядий).

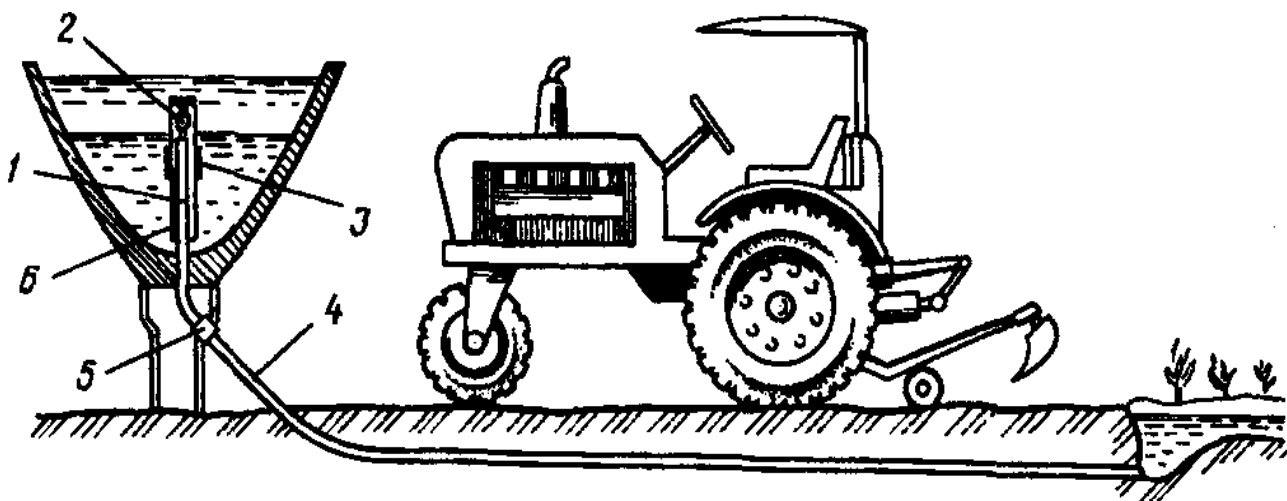


Рис. 4.10 - Автоматизированный поливной лоток:

1— сифонный водовыпуск; 2и 5 — втулки для настройки водовыпуска на заданный расход и для подсоединения шланга; 3 — поплавок; 4— полиэтиленовый шланг; 6 — стакан

4.5.3. СТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ

Стационарные оросительные системы служат для полива высокорентабельных культур — хлопчатника, плодовых, виноградников. Стационарные системы бывают преимущественно самонапорными с распределением

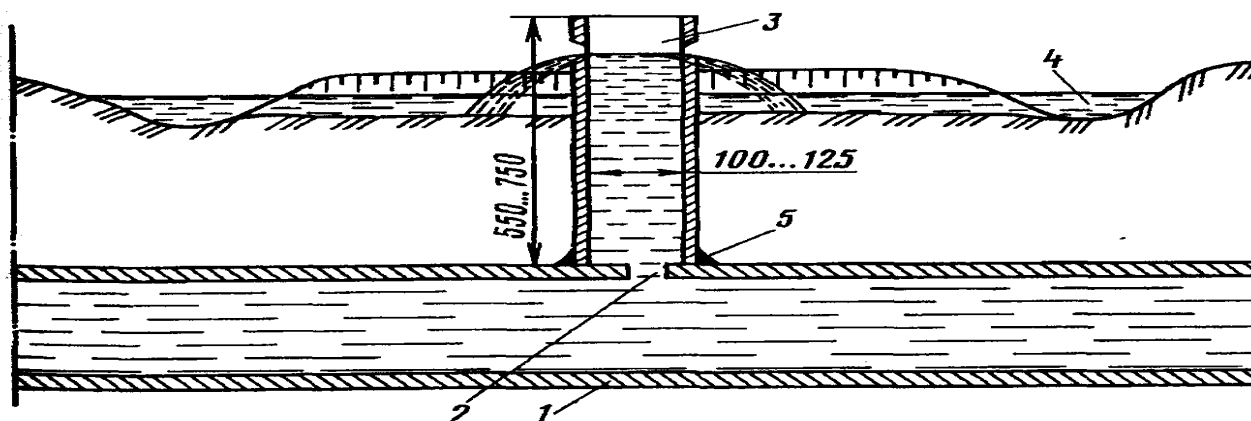


Рис. 4.11 - Закрытый поливной трубопровод:

1-поливной трубопровод; 2— водовыпускное устройство; 3— полиэтиленовый патрубок; 4 — поливная борозда; 5— цементный раствор

воды в поливные элементы из закрытых перфорированных трубопроводов, из малонапорных трубопроводов с подземными водовыпусками, из лотков и бетонированных каналов, а также с помощью стационарно-сезонных шланговых комплектов.

Закрытые перфорированные трубопроводы позволяют автоматизировать процесс распределения воды по бороздам длиной не менее 300...400 м. Система, предложенная академиком И. А. Шаровым, состоит из перфорированных (пластмассовых, асбестоцементных, бетонных) трубопроводов, которые укладывают поперек борозд ниже пахотного горизонта. Вода из перфорированного трубопровода через отверстия диаметром 3...8 мм пробивается на поверхность в виде родничков в каждом междурядье и движется в борозде по уклону. Воду подают из транспортирующих трубопроводов при напоре 4...6 м.

Подземные поливные трубопроводы (рис. 4.11) могут быть оборудованы специальными гидрантами-водовыпусками.

4.6. Разработка и исследование конструкции внутрипочвенного увлажнителя, как способа борьбы с водной эрозией почв

На основе анализа особенностей применения систем внутрипочвенного орошения, на участках с большими уклонами и сложным рельефом местности с целью повышения производительности труда на поливе и урожайности, как основных показателей сельскохозяйственного производства, исследование предложенной конструкции кротового ув-

лажнителя велись в соответствии с методикой, описанной в разделе 2.2. Существующая техника бороздного полива, подвергшая нашим исследованиям, даже при рекомендуемых элементах техники полива полностью не исключает ирригационную эрозию почвы, а только доводит ее до возможно допустимых размеров. Главной проблемой применения внутрипочвенного орошения для условий предгорья является недопущение почвенной эрозии. Исходя из этого, была разработана конструкция увлажнителя, которая исключала указанные недостатки и, одновременно решала вопрос равномерного распределения поливной воды по длине увлажнителя, что является важным фактором получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, повышения и сохранения плодородия почвы. Это отвечает экологическим требованиям мелиораций земель и рациональному использованию водных и земельных ресурсов страны. Создание выступов по дну щели, ниже кротовины на расстоянии 5 ... 50 м друг от друга в зависимости от уклона поверхности, обеспечивает уменьшение скорости течения воды, улучшают условия впитывания воды почвой, задерживая воду между бьефами в виде запруд, достигается более равномерное распределение влаги по длине увлажнителя.

Расстояние между выступами принимается таким, чтобы уровень воды на бьефе обеспечивал минимальную глубину воды у выступа (1...3 см), а высота выступа, из условия защиты щели с кротовиной от засыпания верхнего 20-ти сантиметрового разрыхленного грунта, не должна выходить из естественного горизонта. Попадающие комки во время нарезки оседают на дне щели ниже кротовины, являющейся защитной частью от заиления самой кротовины. Задержанные между выступами мелкие частицы после увлажнения разрушаются, и скапливаются на дне щели в виде наносного слоя, способствующего хорошей впитываемостью в плотном горизонте. Чем больше уклон поверхности, расстояние между выступами или длина бьефа сокращают, так для уклонов 0,02 длина бьефа (l_b) принята 50 м, для уклона 0,03 - $l_b = 33$ м и для $i = 0,05$ - $l_b = 23$ м (рис.4.21). Такие длины бьефов, принятые из практических соображений кратны длине увлажнителя, обеспечивают равномерное распределение влаги. Теоретическая длина бьефа ($l_b = h/i$) имеет несколько меньшее значение.

Глубина заложения увлажнителей также зависит от уклона местности, для малых уклонов она принята 0,4...0,5 м, а для больших ($i = 0,05$) уклонов до 0,7 м, которые дают возможность регулировать длину бьефа по соображениям сокращения числа выступов по длине и затрат труда по нарезке щели с кротовиной.

Практическое осуществление по устройству кротовин производят, имея топографическую съемку поверхности с разделением ее на участки с одинаковыми уклонами. Предварительно намечают вдоль рядов виноградников створы с расстоянием, равным длине бьефа. Ориентиром для определения длины бьефа в полевых условиях служит шпалера на виноградном ряду, а глубину нарезки увлажнителя регулируют с помощью

гидравлики, погружением ножа рабочего органа или предварительным установлением вручную катков рабочего органа кротователя, ограничивающего необходимое заложение.

На качество создаваемых кротовин влияет естественная влажность на глубине 1 м, плотность почвы, конструктивные размеры увлажнителя, скорость нарезки, а также техника полива и режим эксплуатации, как основные факторы, определяющие срок их службы.

В исследованиях наблюдали нарушение формы стенок щели и кротовины, а также заиливание щели у выступов после второго сезона эксплуатации увлажнителей при двух разовых поливах с нормами 1000-1100 м³/га. Кроме того, в интервалах между выступами и в начале, ниже кротовины расширяются щели до 5 см, появляются дополнительные водоводные каналы с заглублением до 3 см, а конечный участок постепенно заиливается. Таким образом наблюдается естественное выравнивание под горизонтальную плоскость дна щели и перекрытия кротовины не происходит, наоборот, расширяясь, щель становится естественным увлажнителем почвы, а выступы способствуют задержанию и отстаиванию наносов в пределах бьефа, тем самым продлевается срок службы их. Необходимо учесть такой фактор, характерный для отдельных участков, как наличие землеройных животных, которые разрушают кротовины, роют новые в разных направлениях, соединяет между собой увлажнители.

На участке, в период после полива, проводили обработку почвы, не нарушая кротовину. После первого же полива щель в верхней части закрывается, образуя узкую полость в толще естественного грунта. При последующих обработках она защищена от повреждений со стороны дневной поверхности.

Состояние увлажнителя после поливов хорошо видно на почвенном профиле, где имеются нарушенные участки щели и заиливание ее дна (рис.4.20).

Размер рабочей длины увлажнителя устанавливали из рельефных условий участка и принимали равной длине ряда виноградной клетки. Учитывая сложность рельефа в нашем случае длина увлажнителя для уклонов 0,02-0,03 принята 100 м, а для уклона 0,05-70 м, которым соответствуют расходу воды на 1 м длины увлажнителя 0,012 -0,076 л/с, а головной расход - 0,8-1,5 л/с. Для предложенной конструкции увлажнителя длина принципиального значения не имела, она только влияет на количество бьефов, продолжительность полива и головной расход. Равномерность распределения влаги по длине для условий больших уклонов, как показывает наши исследования, вполне удовлетворительная.

При расчетной поливной норме, равной 1000 м³/га, распределение ее по длине для расчетного метрового слоя составила не ниже 85% от НВ. Полученные запасы влаги, как показано на рис.4.21, являются достаточными для обеспечения растений влагой до следующего полива. Кроме того, влажность почвы в слое 20 см составляет 70...80% от НВ, что ниже

влажности на глубине 1,0 м. Такое распределение влаги является эффективной с точки зрения сохранения ее в почве. В связи с тем, что в условиях предгорья орошаемые склоновые земли имеют небольшую мощность почвенного слоя с глубиной заложения водоупора (твердой, коренной водонепроницаемой породы) до 3 м, то потери воды на глубинную фильтрацию исключаются, а имеющиеся запасы влаги используются корневой системой виноградников. Поэтому наши эксперименты ограничивались двумя вегетационными поливами, в отличие от трех, как это принято для условий предгорий. Близкое расположение водоупора является важным фактором при установлении режима орошения виноградников и садов, что и характерно для орошаемых земель данной зоны, где на самом деле не принималось это во внимание.

По контурам распространения влажности в почвенном профиле (рис.4.22) можно определить рациональное для условий предгорья расстояние между кротовыми увлажнителями. Нарезка кротовин, т.е. устройство кротовых увлажнителей на расстоянии 2,5 м, как было принято в экспериментальных исследованиях, обеспечивает оптимальное увлажнение почвы не ниже 70..85% от НВ на глубине 0,2..1,5 м. В середине между увлажнителями у поверхности влажность почвы уменьшается. В связи с тем, что виноградники имеют мощную корневую систему, распространяющаяся на пятиметровые расстояния, фактор снижения влажности в середине между увлажнителями не оказывает влияние на величину урожайности.

В течение вегетационного периода на участке внутрипочвенного орошения проводились два полива (за сезон) со средней поливной нормой 1000 м³/га (950...1100 м³/га). При этом оросительная норма составляла 1900..2200 м³/га.

При проведении поливов с большими нормами достигается увеличение межполивного периода и сокращение числа поливов, а тем самым экономия затрат труда и средств на орошение в 1,5...2,0 раза.

В межполивной период влажность почвы снижается до определенного уровня (70-60% НВ) наименьшей влагоемкости, после достижения нижней границы допустимой влажности почвы наблюдаются признаки дефицита влаги у растений, при которой требуется проводить следующий полив. В связи с тем, что виноградники имеют мощную корневую систему, а на орошаемых участках водоупор залегает близко на глубине 2...3м от поверхности, соответственно влагозапасы задерживаются в легкоусваиваемой форме в достаточном количестве, то число рекомендуемых вегетационных поливов должны ограничиваться не более двух. Наблюдениями установлено, что внутрипочвенное увлажнение не сказывало большого влияния на изменение влажности почвы в верхнем 20-сантиметровом слое. Это является одним из преимуществ данного способа орошения в отличие от бороздного и других способов полива.

При пониженной влажности в верхнем слое на поверхности не создаются благоприятные условия для произрастания сорных растений. Кроме того,

биологические особенности винограда таковы, что не нуждается в увлажнении верхнего слоя, а наоборот, желательно поддержать сухой микроклимат над поверхностью почвы во избежание поражения растений грибковыми заболеваниями (милдью), которые возникают из-за повышенного испарения с поверхности почвы.

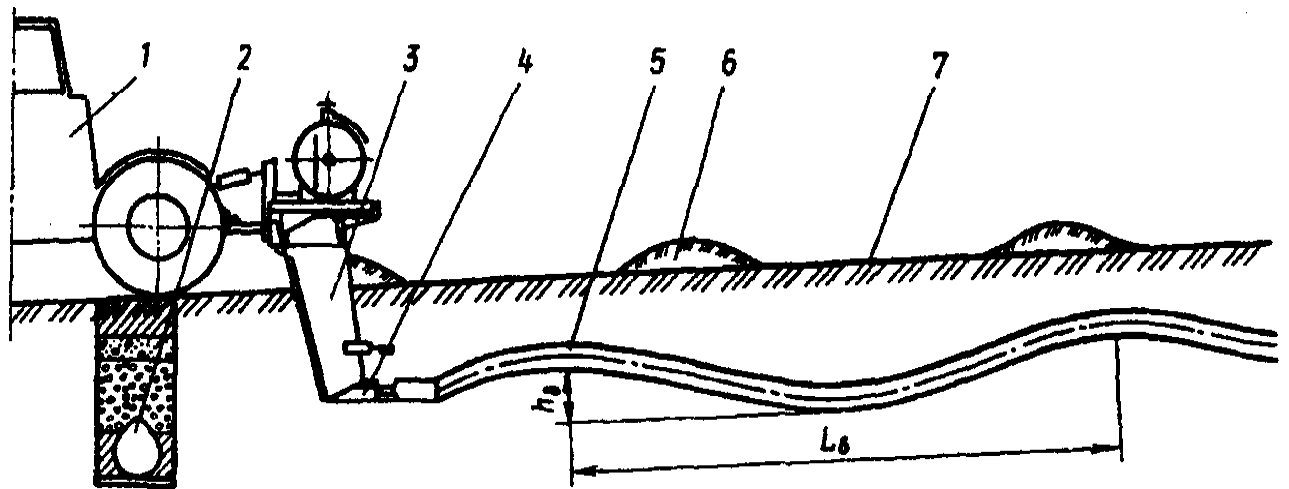


Рис. 4.20 - Устройство конструкции кротовых увлажнителей:

1— трактор; 2— оросительный трубопровод; 3— рабочий орган кротователя КТД-0,45; 4— дренаж с уширителем; 5— конструкция кротовины; 6— земляной валик; 7— поверхность земли; h_0 , $L_в$ — высота и длина волны

Техническая характеристика кротователя КТД-0,45

Кротователь навесной, агрегируемый с трактором	К-701
Число кротовин за один проход агрегата	2
Глубина кротовин, мм	420...600
Расстояние между дренами, мм;	
при среднем рабочем органе	400
при двух боковых рабочих органах	1300
Влажность, %, грунта при нарезке кротовин:	
средним рабочим органом	21...31
двумя боковыми рабочими органами	15...21
Вместимость бака для раствора крепителя, л	1200
Сменная производительность (8 ч), зависит	
от числа и типа рабочих органов, га	2...5
Обслуживающий персонал, чел.	2

Эпюры увлажнения влаги по длине увлажнителя

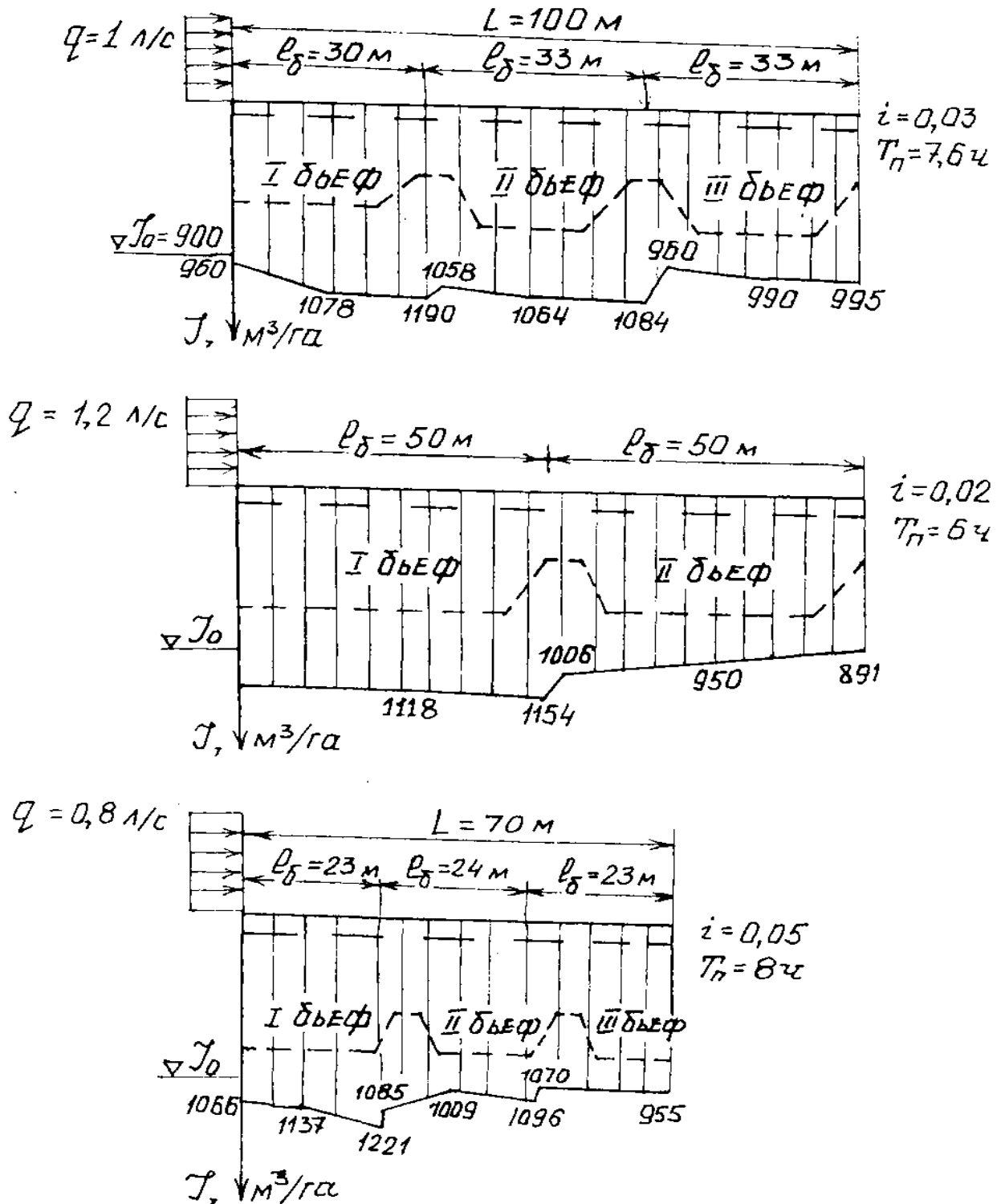


Рис. 4.21.

Контуры увлажнения при внутрипочвенном орошении $l = 0,05$; $I = 70$ м
Начало

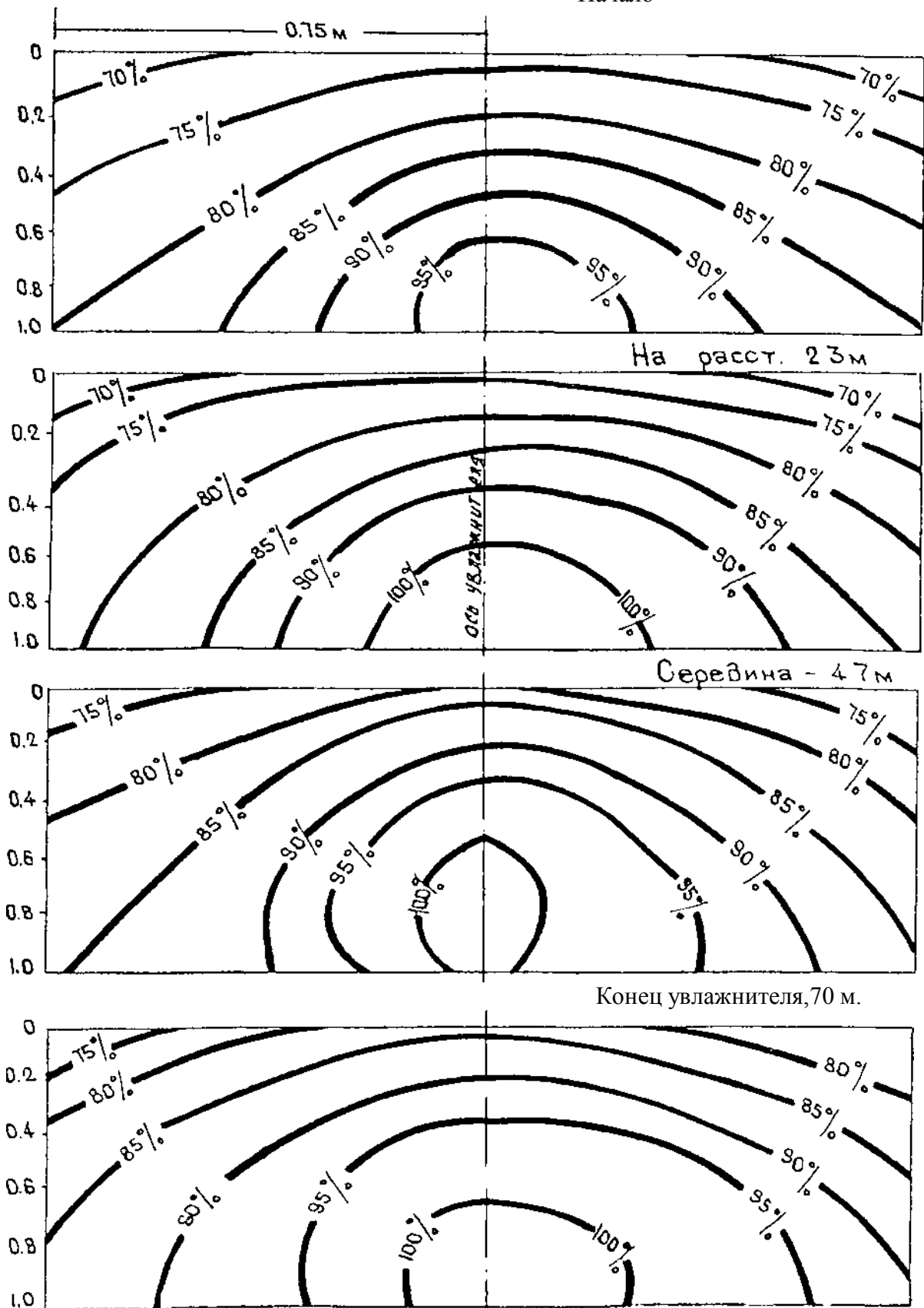


Рис. 4.22.

По характеру распределения влаги в почвенном профиле после внутривредного увлажнения (рис.4.22) можно судить о том, что большая часть воды (60%) распределялась в нижней части метровой толщи (40...100 см), в верхнем 20-сантиметровом слое находилась около 15%, остальная влага (25%) проникала ниже расчетного горизонта, но являлась доступной для растений,

Характер распределения влаги на бороздном поливе, в отличие от внутривредного, имеет совсем иную картину (рис.4.14), т.е. большая часть воды (60%) распределяется в верхнем слое (0,2...0,4 м), а 25% влаги в среднем слое (0,4...0,6) и только 15% влаги проникает в нижний слой. Кроме того по длине борозды распределение влаги неравномерное, наибольшее увлажнение в начале борозды, а наименьшее в конце.

Для обеспечения предполивной влажности в метровом слое почвы виноградников на уровне 70...80% НВ рекомендуется следующая примерная схема поливов: влагозарядковый полив на глубину увлажнения 1..1,5 м с поливной нормой 1100...1200 м³/га, после вегетационного периода и сбора урожая в декабре месяце; первый вегетационный полив на глубину 0,8...1,0 м с нормой 950...1100 м³/га - в фазу усиленного роста побегов и формирования цветочных почек в июле месяце, второй вегетационный полив проводится через 20-25 дней после первого полива - в конце июля или на начало августа (табл. 4.14).

Таблица 4.14 - Влияние режима и способов орошения винограда "Ркацителли" на урожайность (второй год наблюдений в СПК «Муктадирский»)

Способы поливов и их число	Сроки проведения поливов	Поливная норма, м ³ /га	Урожайность средняя, ц/га	Урожайность по длине ряда в:, ц/га			Сахарность, %	Кислотность, г/л
				нач. 0-25м	серед . 30-60	конце 60-100м		
Контроль (сущест.) Влагозарядковый+3вегет. полива	ноябрь, июнь, июль, август	800 600 700 700	50	20	40	70	13,5	6,2
По бороздам Влагозарядковый+ 3вегет. полива	ноябрь, июнь, июль, август	1000 800 900 900	70	40	60	90	12,9	6,5
По внутри почв.увлажнителям влагозарядковый + 2 вегет.полива	ноябрь, июль, август	1200 1100 1100	100	80	90	120	11,4	7,9

Неравномерная урожайность по длине виноградного ряда объясняется не соблюдением рекомендуемой технологии полива, что привело к снижению мощности плодородного слоя почвы, на восстановление которого требуется десятки лет.

Позднее проведение первого полива при внутрпочвенном орошении объясняется тем, что конструкция увлажнителя обеспечивает накопление и сохранение запасов влаги от атмосферных осадков, а также их водопотребление растением в весеннем периоде. Следует отметить, что сроки назначения поливов и их количество должно корректироваться в соответствии с конкретно сложившимися метеорологическими условиями конкретного года.

В производственных условиях с целью корректировки сроков полива и их норм целесообразно в мае и июне определять наличные запасы влаги в расчетном слое почвы по зависимости:

$$V_n = 100 \cdot \mu \cdot H \cdot a \quad , \quad (4.6.1)$$

где V_n - количество воды в расчетном слое почвы, м³/га; μ - влажность расчетного слоя почвы, в % к весу сухой почвы; H - глубина расчетного слоя почвы, м; a - объемная масса грунта, т/м³.

Из таблицы 4.14 видно, что урожайность винограда возрастает от начала ряда к его концу. Она зависит также от применяемого способа полива. Наибольшая урожайность получена при внутрпочвенном орошении в результате создания в почвенном горизонте оптимального водно-воздушного режима, характерного для этого способа.

Вследствие повышенной урожайности общий выход сахара при внутрпочвенном орошении значительно выше, чем при других способах. Снижение процента сахаристости и повышение кислотности при этом объясняется низкой агротехникой на существующих виноградниках и недостатком некоторых питательных веществ в почве, необходимых для получения более качественного продукта. Основные элементы техники внутрпочвенного орошения, рекомендуемые при новой конструкции увлажнителя в зависимости от уклонов приведены в таблице 4.15.

Равномерное распределение по длине достигается выдачей максимально возможной величины расхода воды в начале полива с последующим ее уменьшением на две третьих. При величине расхода воды 10 л/с в распределительном (поливном) трубопроводе можно организовать одновременный полив 8...16 увлажнителей. Для закрытого распределительного трубопровода конструкция предлагаемого водовыпуска вполне подходящая для поливов по рекомендуемой технологии.

Таблица 4.15 - Элементы техники полива по кротовым увлажнителям для условий предгорья Дагестана

Уклоны, i	Длина увлажн., L(м)	Глубина заложен. кротовины, Н(м)	Количес. бьефов(п) и их длина,(м)	Расход воды с перемен. струей,(л/с)	Продолжит-ть полива, час (t_1/t_2)	Коэфф-т равномер-ти увлажнения	Коэфф-т полезного действия
0,02	100	0,4-0,5	$n=2/e=50$	1,2/0,8	2/5	0,91	0,90
0,03	100	0,5-0,6	$n=3/e=30$	1,0/0,6	1,6/8,0	0,88	0,92
0,05	70	0,6-0,7	$n=3/e=20$	0,8/0,5	1,5/10	0,86	0,88

Разработанная конструкция увлажнителя выполняет задачу по борьбе не только с ирригационной эрозией почвы, но и вообще исключают водную эрозию, которая возникает в результате поверхностного и внутрипочвенного стока. Способ борьбы с водной эрозией почв на больших уклонах, утвержденный государственным комитетом, как авторское изобретение за № 895297, предлагается для повышения активности защиты плодородного слоя от эрозии и более равномерного перераспределения влаги в почве.

4.7. Экономическая эффективность рекомендуемых мероприятий

Критерием экономической эффективности является рост производительности труда и, связанный с ним прирост продукции сельского хозяйства и чистый доход. В качестве базового варианта при определении экономической эффективности принят существующий бороздной полив.

Величина экономической эффективности на расчетный год определяется по разности затрат базового варианта и новых, рекомендуемых с учетом объемов производства. На основании проведенных исследований в хозяйствах, сделаны предварительные расчеты потребности в удельных капиталовложениях по созданию системы бороздного полива с переменной струей и внутрипочвенного орошения по кротовым увлажнителям. Удельные капитальные вложения при устройстве кротовин составляют 165000 руб./га при механизированном бороздном поливе с переменной струей 160000 руб./га, против 153500 руб./га при базовом бороздном поливе. Годовые издержки при этом составляет при бороздном с переменной струей 14500 руб./га, при кротовом увлажнении 13700 руб./га против 12600 руб./га при базовом бороздном поливе. Исходя из фактической средней урожайности на опытных участках, за период исследований по трем рассматриваемым вариантам орошения, она увеличилась с 50 до 70 ц/га при бороздном с переменной струей до 100 ц/га при внутрипочвенном поливе. Стоимость валовой продукции составила при базовом 190000 руб/га, при бороздном с переменной струей 266000 руб/га и 380000 руб/га при внутрипочвенном поливе.

Сопоставление удельных приведенных затрат по способам полива при нормативном коэффициенте экономической эффективности капитальных вложений, равном 0,15 приведено ниже:

- * при базовом способе
 $(0,15 * 153500 + 12600) / 190000 = 0,188$;
- * при бороздном поливе переменной струи $(0,15 * 160000 + 14500) / 266000 = 0,144$;
- * при кротовом увлажнении
 $(0,15 * 165000 + 13700) / 360000 = 0,101$.

Дополнительный хозяйственный эффект от внедрения рекомендуемых способов орошения с единичной площади виноградников составит:

- * при бороздном с переменной струей
 $\text{Эб} = 1 * 266000(0,188 - 0,144) = 11704 \text{ руб/га}$;
- * при внутрпочвенном с кротовыми увлажнителями
 $\text{Эб} = 1 * 380000(0,188 - 0,101) = 33060 \text{ руб/га}$

Расчетные значения всех экономических показателей сведены в таблицу 4.16.

Таблица 4.16 - Экономическая эффективность внедрения рекомендуемых способов полива виноградников

Основные показатели	Един. измерения	Варианта поливов		
		Базовый (бороздной постоянной струей)	Рекомендуемые	
			Бороздной с переменной струей	Внутрпочвенное по кротовинам
1. Удельные капиталовложения	руб/га	153500	160000	165000
2. Годовые издержки	руб/га	12600	14500	13700
3. Урожайность винограда	ц/га	50	70	100
4. Стоимость валовой продукции	руб/га	190000	266000	380000
5. Стоимость реализации	руб/ц	7000	7000	7000
6. Эконом. эффект-ть	руб/га	--	11704	33060

Показатели экономической эффективности по рекомендуемым способам позволяют сделать вывод об эффективности предлагаемых способов для повышения плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур, особенно при внутрпочвенном орошении, как наиболее перспективном для условий предгорья Дагестана.

Внедрение внутрпочвенного орошения по кротовым увлажнителям на больших уклонах позволяет решить актуальную проблему для условий предгорья Дагестана, это: рациональное использование водных ресурсов, повышение производительности труда путем механизации поливов и увеличения урожайности сельхозкультур.

5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Построение расчетных зависимостей методом регрессивного анализа

Математическая обработка результатов экспериментальных данных необходимо для построения эмпирических зависимостей, чтобы в дальнейшем с наибольшей эффективностью, а главное корректно использовать их для прогнозирования тех или иных явлений или процессов.

Содержание предварительной обработки в основном состоит в отсеивании грубых промахов среди результатов опытов при их проведении.

Важным моментом обработки данных является также проверка соответствия распределения результатов измерений закону нормального или другого распределения. Для получения зависимости, связывающей значения случайной выходной переменной (отклика) Y с вектором факторов неслучайного характера при наличии аддитивной помехи ϵ , необходимо оценить неизвестные параметры регрессивной модели, дисперсию ошибки наблюдения и провести статистический анализ полученных результатов [23].

Рассмотрим подробно пример получения расчетной зависимости для прогнозирования величины ирригационной эрозии (величины смыва слоя грунта, h_p). Остальные расчетные зависимости для прогноза мутности воды при поливах и размера поливной струи в борозду (расхода воды) получены аналогично и для них приведены лишь окончательно принятые зависимости

Необходимые расчеты выполнены в следующей последовательности с помощью ЭВМ по программе POLIV-1, текст которой приведено в приложении 23.

I. Проверка воспроизводимости эксперимента.

В случае одинакового числа повторов опытов данная проверка осуществляется с помощью критерия Кохрена:

$$\sigma = \frac{S_{max}}{\sum_{k=1}^m S_K^2}, \quad (5.1)$$

$$\text{где } S_K^2 = \frac{1}{m-1} \sum (Y_{ki} - Y_K)^2; \quad Y_K = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_{ki}$$

Y_K - среднее значение по $m=2$ повторам опытов в K -й точки эксперимента. В таблице П-14 приведены дисперсии опытов S_K^2

Принимая $Y = l_n h_p$ (причину поясним ниже), средние значения наблюдения получим следующим образом: например, в опыте №4 из таблицы П-14 для первого повтора $Y_{41} = l_n h_{p41} = 0.64$, а для второго повтора $Y_{42} = l_n h_p = 0.60$; тогда $Y_4 = 0,5(Y_{41} + Y_{42}) = 0.62$

В дальнейшем значения Y_K ($K=1,40$) примем за опытные результаты вектора наблюдений \underline{Y} .

Расчетные данные критерия Кохрена по таблице (5.1) $\sigma = 0,133$.

Табличное значение σ - статистики найден, зная число степеней свободы: $(m - 1) = 1$ – для числителя, $N = 40$ для знаменателя. Тогда, приняв уровень значимости $q = 0.05$, получим $\sigma(1,40; q = 0,05) = 0,237$ [23] .

$$\text{Выполняется условие } \sigma_p < \sigma(1,40; q = 0,05) , \quad (5.2)$$

которое указывает на отсутствие грубых промахов в результатах экспериментов. Другими словами, на основании данной выборки опытов объема $N = 40$ нельзя отрицать выполнимость условий

$$M(\varepsilon) = 0, \Gamma(\varepsilon) = E_N \sigma^2 \quad (5.3)$$

где M – знак математического ожидания; $0, \Gamma(\varepsilon)$ - ковариационная матрица вектора ошибок ε ; E_N - единичная матрица порядка N ; σ^2 - дисперсия ошибок одного наблюдения (в дальнейшем ее оценку обозначим S^2)

2. Оценка параметров модели

Расчетную зависимость для прогноза величины слоя смыва будем искать в виде:

$$h_p = b_o q^{b_2} i^{b_3} l^{b_4}, \quad (5.4)$$

где $\vec{B} = (B_1, B_2, B_3, B_4)^T$ – вектор искомых параметров (T – знак транспонирования). После логарифмирования (5.4) получим линейную относительно параметров модель:

$$l_n h_p = l_n b_o + b_2 l_n q + b_3 l_n i + b_4 l_n l , \quad (5.4a)$$

Обозначим $Y = l_n h_p; B_1 = l_n b_o; X_2 = l_n q ; X_3 = l_n i ; X_4 = l_n l$

$$\text{тогда имеем } Y = B_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 \quad (5.4б)$$

В случае линейной по параметрам модели, какой является (5.4б), минимизируя сумму квадратов отклонений значений Y_K от модели, можно получить систему уравнений метода наименьших квадратов, которая в матричной форме представлена в следующем виде:

$$\vec{B} = (X^T)^{-1}(X^T Y), \quad (5.5)$$

где \vec{B} – расчетный вектор искомых параметров; X - матрица коэффициентов размера

В матрице X первый столбец соответствует фиктивному фактору $X_1=1$ при свободном члене B_1 из (5.4б) – во всех 40 опытах, а значения 2-4 столбцов – это значение формальных факторов $X_2 - X_4$ соответственно.

Заметив, что в программе в качестве исходных данных вводится не преобразованные формальные факторы X_2, X_3, X_4 , а натуральные – $q, I, 1$ и логарифмирование осуществляется непосредственно в программе.

$N_x P$; $P=4$ – число оцениваемых параметров

	B_1	X_2	X_3	X_4
X(40x4)	I	0,1	0,02	100
	I	0,2	0,02	100
	I	0,3	0,02	100
	I	0,4		100
	I	0,5	0,25	.
	.	0,7	.	.
	.	.	0,03	75

	I	2,0	0,05	75

Отметим, поскольку нельзя отрицать выполнимость условия (5.3), то нельзя также отрицать, что значение вектора \hat{B} , получаемое по результатам выборки опытов N , не будет несмешанной оценкой векторов для генерального числа опытов.

3. Предсказание значения отклика $\hat{Y} = (\hat{Y}_1, \dots, \hat{Y}_{40})^T$ в точках эксперимента получены из уравнения:

$$\hat{Y} = X\hat{B}, \quad (5.6)$$

Для окончательно принятого уравнения (см.далее) значение \hat{Y} приведены в приложениях П-12 и 17.

4. Оценка дисперсии ошибки наблюдения, проверка работоспособности модели.

Вычислим сумму квадратов относительно регрессии с членом степеней свободы (ЧСС) ($N=P$):

$$S S_{ост} = Y^T Y - \hat{B} X^T Y, \quad (5.7)$$

Несмешанной оценкой дисперсии ошибки наблюдения σ^2 является оценка остаточной дисперсии (в случае адекватной модели):

$$S^2 = S_{ост}^2 = S S_{ост} / (N - P), \quad (5.8)$$

В качестве меры, характеризующей вклад регрессии, рассчитан квадрат множественного коэффициента корреляции [23]

$$R^2 = \frac{\hat{B} X^T Y - N \bar{Y}^2}{Y^T Y - N \bar{Y}^2} \quad (5.9)$$

где $\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N Y_K$

Модель считается пригодной к практическому использованию (работоспособной), если $R^2 \geq R_{min}^2 = 0,75$ [23]

5. проверка нормального распределения ошибок:

$$\varepsilon \sim N_{\text{норм}}(0, E_N \sigma^2), \quad (5.10)$$

где $N_{\text{норм}}$ означает нормальное распределение.

Вектор остатков $e = (e_1, \dots, e_N)^T$ определим как разность между вектором фактических наблюдений Y и вектором предсказанных значений \bar{Y} по уравнению регрессии:

$$e = Y - \bar{Y}, \quad (5.11)$$

Вектор e можно принять с помощью исследования остатков, если проводить предположение (5.10) о нормальном распределении ошибок [23].

Напишем уравнение (4.10) в виде:

$$\frac{\varepsilon_i}{\sigma} \sim N_{\text{норм}}(0,1), i = 1, N \quad (5.12)$$

Для проверки данного условия вычислим нормированные отклонения $\frac{\varepsilon_i}{\sigma}$. Известно [23], что с вероятностью 0,95 значения случайной величины $N_{\text{норм}}(0;1)$, заключены в интервале $(-1,96; +1,96)$.

Введем обозначение:

$$P_1 = \frac{m_1}{N} 100\%, \quad (5.13)$$

где m_1 – число отклонений $\frac{\varepsilon_i}{\sigma}$, заключенных в интервале $(-1,96; +1,96)$. При $P \geq 95\%$ условие (5.10) выполняется. Отметим, что вектор \hat{B} , найденный ранее по методу наименьших квадратов, при одновременном выполнении условий (5.10) и (5.3) является оценкой вектора B метода максимального подобия, т.е. \hat{B} будет «наилучшей» оценкой B по выборке опытов объема $N=40$.

6. Проверка значимости оценок параметров модели.

В случае проверки гипотезы о равенстве нулю единственной параметрической функции можно пользоваться t – статистикой [23]

$$t_i = \frac{(\hat{B}_i)}{S(\hat{B}_i)}, \quad (5.14)$$

где $S(\hat{B}_i)$ – среднеквадратичная ошибка расчетного значения коэффициента регрессии \hat{B}_i ($i=1,4$), $S^2(\hat{B}_i) = S^2(X^T X)^{-1}$, где $(X^T X)^{-1}_{ii}$ i -й диагональный элемент матрицы $(X^T X)$.

Если выполняется условие

$$t_{min} \leq t(N - P, q/2), \quad (5.15)$$

то соответствующий t_{min} параметр статистики незначим и член при этом параметре из уравнения регрессии можно исключить (t_{min} – минимальное

значение из $t_i, i = \tau, P; t(N - P; \frac{\alpha}{2} = 0.025)$ - табличное значение t – статистики с принятой доверительной вероятностью 0,95).

Вычисление по программе POLIV-I подчиняется следующей последовательности: вычисляют оценки дисперсии воспроизводимости $\frac{SS_{до}}{n_e}$, S_{max}^2 , критерий Кохрена σ_p ; выдаются числа степеней свободы для нахождения табличного значения этого критерия. Далее расчет ведется по шагам, на первом шаге вычисляются 4 параметра модели

$$\bar{y}, e, S_{ост}^2, R^2, \frac{e_i}{S_{ост}} (j = \overline{1,40}), S(\bar{B}) \text{ и } t_i (i = \overline{1, P});$$

а также числа степеней свободы для нахождения табличного значения t – статистики. Далее из всех t – статистик выбирается наименьший и соответствующий столбец из матрицы X удаляется, выдается информация об оставшихся столбцах матрицы X . На втором шаге $P = 3$, выполняются те же расчеты, что на первом шаге.

Согласно [23] табличные значения t – статистики при $P=4, N=40$ и $q = 0,025, t(36; 0,25) = 2,03$. На первом шаге лишь для фактора X_4 расчетные значения $t_4=1,599$, поэтому этот фактор на втором шаге расчетов исключен из рассмотрения.

При $P=3$ все $t_i > t(N-3; 0,025)$. Уравнение (5.4б) получено в виде:

$$Y=4,987 + 1,18 \cdot X_2 + 1,073 \cdot X_3$$

или переходя к натуральным факторам (см.5.4), (5.4а), (5.4б),

$$hp=146,5 \cdot q^{1,18} \cdot i^{1,1} \quad (5.16)$$

Заметим, что нами были рассмотрены различные виды функций hp от определяющих явление факторов, но наиболее лучше результаты опытов описывались зависимостью типа (5.4).

Для окончательно принятого уравнения $R^2 = 0,9751 > 0,75$, что означает о работоспособности выбранного уравнения.

Аналогичным образом получены эмпирические формулы для определения:

$$\text{мутности воды в борозде} \quad p=0,34 \cdot 10^6 \cdot q^{0,54} \cdot i^{2,61} \quad (5.17)$$

$$\text{расхода воды в борозду} \quad q=1,89 \cdot 10^{-3} \cdot K^{0,49} \cdot i^{-1,72} \quad (5.18)$$

Выделяя расход воды в борозду, как основной фактор влияния на величину ирригационной эрозии, в зависимости от почвенных характеристик района орошения, окончательная формула представлена в следующем виде:

$$\text{для легких грунтов} \quad q=0.00081 / i^{1,722} \quad (5.19)$$

$$\text{для средних грунтов } q=0.00057/i^{1,722} \quad (5.20)$$

$$\text{для тяжелых грунтов } q= 0.00045/i^{1,722} \quad (5.21)$$

Таблица 5.1- Сравнительные значения расходов воды в борозду, вычисленные по эмпирическим формулам

Водопроницаемость почвы	Уклоны, i	Рекомендуемый размер поливной струи, л/с		По В.Ф. Носенко $q = q_{пр}/i$
		по $q = A/i^{1,72}$	по $q = (hp/146,5 \cdot i^{1,1})^{0,85}$	
1. Сильная	0,02	0,65	0,57	0,30
	0,03	0,31	0,27	0,20
	0,05	0,13	0,22	0,12
2. Средняя	0,02	0,51	0,27	0,25
	0,03	0,25	0,19	0,17
	0,05	0,10	0,11	0,10
3. Слабая	0,02	0,37	0,17	0,12
	0,03	0,18	0,12	0,13
	0,05	0,076	0,07	0,08

Таблица 5.2- Прогнозируемая величина ирригационной эрозии почв в зависимости от расчетных размеров поливной струи (q) и уклонов (I)

№ варианта	Допустимые расходы воды в борозду, л/с q	Уклон дна борозды, i	Прогнозируемый слой смыва почвы по формуле $hp=146,5 \cdot q^{1,18} \cdot i^{1,1}$	По формуле Ю.П.Полякова $h=a \cdot q^b$
1	0,05	0,05	0,171	0,208
2	0,02	0,05	0,82	0,80
3	0,3	0,05	1,42	1,19
4	0,05	0,03	1,49	1,94
5	0,4	0,03	1,14	1,57
6	0,3	0,03	0,815	1,18
7	0,2	0,03	0,502	0,80
8	0,7	0,02	1,44	0,82
9	0,5	0,02	0,96	0,59
10	0,3	0,02	0,53	0,36

5.2. Краткое описание и практическое использование программы

В программе для построения расчетных зависимостей по результатам экспериментов использован метод исключения, реализованы зависимости, приведенные в 5.1. Данная программа позволяет преобразовать исходную матрицу, имеет возможность сохранять в конечном уравнении некоторых факторов независимо от их статистической незначимости, практически удобно ввод в ЭВМ большого количества исходных данных и сама программа компактная.

Программа составлена для поиска зависимости при одинаковом количестве повторов опытов в каждой точке плана экспериментов, независимо от проведения экспериментов по активному или пассивному планам.

Практическое применение программы таково:

1. Сформировав матрицу коэффициентов X , отдельно отметить соответствие номеров столбцов X членам искомого уравнения.
2. Ввод исходных данных осуществляется по оператору NAMELIST. Ввод матрицы X осуществляется последовательно по столбцам.
3. В качестве значений одномерного массива Y вводится сначала (искомый параметр) первым столбцом, затем 2-й и т.д. (прилож.7).
4. При исходной переменной $M2-1$ поиск отбрасываемого столбца X по t_{min} производится среди всех членов первоначально заданного уравнения.
5. Значения исходной переменной $N7$ означает число шагов расчетов. Если первоначально уравнение содержит $M2$ членов, то в конечном уравнении останется $(M2 - N7)$ членов. Значением $N7$ нужно задавать, исходя из условия: $1 \leq N7 \leq M2-1$.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Техника бороздного полива виноградников на больших уклонах в предгорной зоне Дагестана не отвечает требованиям ресурсосберегающей технологии орошения и сопровождается интенсивным смывом верхнего плодородного слоя почвы. Ежегодный смыв почвы составляет около 600 т/га, а потери оросительной воды 30...50 %, при этом урожайность снижается до 20...40 ц/га.

2. Основными факторами проявления ирригационной эрозии почвы являются недопустимые гидравлические параметры техники бороздного полива:

уклон (I), расход воды (q), скорость (V) и водопроницаемость почвы (K). При увеличении уклона борозды в 2,0 раза, с учетом других элементов техники полива постоянной струей, смыв почвогрунта увеличивается в 3-5 раз, а при увеличении расхода воды в 2-3 раза, эрозия увеличивается в 3...10 раз.

3. Установлено, что при бороздном поливе виноградников на склонах со сложным рельефом местности оптимальным способом является полив переменной струей, изменяющейся от максимально-рекомендуемых величин до её половины. При этом, исключаются сбросы поливной воды и достигается равномерность увлажнения до 0,88 с минимально-допустимой величиной эрозии почвы, равной 0,5...1,0 мм.

4. Для условий предгорий определены размеры элементов техники полива с переменной струей расходом $q = 0,5...0,3$ л/с при уклоне $I = 0,02$; $q = 0,4...0,25$ л/с при $I = 0,025$; $q = 0,3...0,15$ л/с при $I = 0,03$; $q = 0,10...0,05$ л/с при $I = 0,05$. При уклонах $I = 0,02...0,03$ длина борозд должна быть не более $L = 120...140$ м, а при уклонах более 0,03 $L = 60...100$ м. Соответствующие скорости течения воды в борозде составят 0,1...0,3 м/с.

5. Разработана технология механизированного полива по бороздам переменной струей с применением поливного трубопровода с дистанционным групповым регулированием микрозатворами в диапазоне расходов $q = 1,7...0,03$ л/с при напорах 2,0...0,2 м. Конструкция поливного трубопровода повышает КПД полива до 0,89, при этом производительность труда возрастает в 3-4 раза, а экономия воды достигает 40 %.

6. Применение механизированного полива переменной струей на больших склонах обеспечивает увеличение урожайности винограда на 25 %, не вызывая опасной эрозии почвы, а экономическая эффективность от его внедрения составляет 11704 руб./га.

7. Путем математической обработки результатов исследований на ЭВМ для условий предгорий получены эмпирические формулы прогноза величины ирригационной эрозии почвы, мутности поливной воды в борозде и максимально-допустимого расхода воды при известных других факторах техники бороздного полива.

8. Разработан способ борьбы с водной эрозией почв на больших уклонах (авторское свидетельство на изобретение № 895297) и конструкция кротового увлажнителя внутрипочвенного орошения, позволяющие проводить поливы без проявления водной эрозии почвы на участках, имеющих уклоны $> 0,01$ и сложный рельеф местности.

9. Установлены элементы техники внутрипочвенного орошения по кротовым увлажнителям: $q = 1,2 \dots 0,8$ л/с при $I = 0,02$ и $L = 100$ м с глубиной заложения $H = 0,4 \dots 0,5$ м, числом бьефов $p = 2$ и длиной $L = 50$ м; $q = 1,0 \dots 0,6$ л/с при $I = 0,03$ и $L = 100$ м с глубиной заложения $H = 0,5 \dots 0,6$ м, числом бьефов $p = 3$ и длиной $L = 30$ м; $q = 0,6 \dots 0,5$ л/с при $I = 0,05$ и $L = 70$ м с глубиной заложения $H = 0,6 \dots 0,7$ м, числом бьефов $p = 3$ и длиной $L = 20$ м. При этом равномерность увлажнения достигается в пределах $0,86 \dots 0,91$.

10. В отличие от бороздного полива, где более 80% влаги распределяется в верхнем 60 см слое, легкодоступном для испарения, при внутрипочвенном орошении основные влагозапасы ($> 85\%$) сохраняются в расчетном слое от 20 до 140 см - в зоне активного распространения корневой системы, что повышает эффективность использования влагозапасов и создает благоприятные условия для развития виноградников.

11. Внутрипочвенное орошение с кротовыми увлажнителями рекомендуемой конструкции, при двух вегетационных поливах с нормой $1100 \text{ м}^3/\text{га}$ (против трех при бороздном) повысило урожайность на 30..40 % и предотвратило эрозию плодородного слоя почвы. Экономическая эффективность от внедрения внутрипочвенного орошения с кротовыми увлажнителями на больших уклонах по сравнению с бороздным поливом составляет 33060 руб./га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров Э.С. Современное состояние, перспективы и основные пути развития виноградарства в республике Дагестан/ /Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, научно-производственный журнал, 2010, №2, 4с.
2. Акопов Е.С., Аразян К.Е. Ирригационная эрозия почв и меры борьбы с ней//Труды Арм.НИИВП и Г., т.П(УП),-Ереван, 1972, 560с.
3. Акопов Е.С. Ирригационная эрозия почв на крутых склонах и борьба с ней в условиях горных районов Армении//Тезисы докладов объединенного Пленума пяти отделений ВАСХНИЛ по комплексной проблеме "Горное земледелие СССР". - Тбилиси-Батуми, 1972.-335 с.
4. Алиев И. Г. Определение оптимальных элементов техники полива по бороздам/Тр. ВНИИМ и ТП. - Коломна, 1970.- С 12-15.
5. Алпатьев С.М. Режим орошения с.-х. культур для юга Европейской части СССР.-Киев, 1966. - 204 с.
6. Астапов С.В., Бобченко В.И. К вопросу о почвенно-кротовом способе полива/"Доклады ВАСХНИЛ", вып.9, 1961,-278 с.
7. Баширов И.Б. Рациональные элементы техники бороздного полива хлопчатника в условиях Ширванской степи Аз.ССР//Тр. НИМИ, т.Х11. вып.9 - Майкоп, 1971. - 115 с.
8. Баширов Н.Б. Изучение и усовершенствование элементов техники полива по бороздам в условиях Ширванской степи.- Автореферат диссертации, канд.с.-х.наук.- Баку, 1971. - 22 с.
9. Буачидзе В. М. Пути совершенствования способов орошения и техники полива в горных и предгорных условиях на примере Гр.ССР//Тезисы докладов объединенного Пленума пяти отделений ВАСХНИЛ по комплексной проблеме. Горное земледелие СССР. - Тбилиси-Ватуми, 1972.335с
10. Баламирзоев М.А. Почвы предгорного Дагестана и их рациональное использование. - Махачкала, 1974. - 77 с.
11. Беннет-Х.Х. Основы охраны почвы. - М.; 1958. (англ.перевод) .
12. Бабаев п.Х. Ирригационная эрозия в горных и предгорных районах Казахстана.-Казсельхозгиз, 1982. - 78 с.
13. Багров М.Н. Поливной режим, способы и техника полива сельскохозяйственных культур. // Информация орошение в Волгоградской области и перспективы его развития.- Волгоград, 1966. - С. 25-36.
14. Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно-допустимой величине эрозии почв/Тр. ВНИИА. вып.1. - Волгоград, 1970, - С. 245- 258.

15. Будников Г.Л., Лактаев Н,Т. Переменный расход при бороздном поливе//Труды САНИРИ, вып. 141. - Ташкент. 1974.- С.10-17.
16. Бобченко В.И. Некоторые итоги разработки техники подпочвенного орошения//Труды ВНИИГиМ, т.ХХХ11.-М.; 1959. - 184 с.
17. Бобченко В. Л, Характеристика работы подпочвенных увлажнителей//Труды ВНИИГиМ, т.ХІ.- М;1962. - с.59-64.
18. Буачидзе В. И., Бокерия В. Н. Подпочвенное орошение как противоэрозионное мероприятие в горных условиях Грузии/Противоэрозионные гидротехнические мероприятия и орошение в горных условиях. - М.; Колос, 1976. - С.22-28.
19. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиорации почв.- Ленинград, отд. Колос, 1975. - С. 50-100.
20. Бочкарев Я.В. Гидроавтоматика в орошении.- М.; Колос, 1978. - 188 с.
21. Воробьев А. М. Техника поверхностного полива и полив дождеванием. - Грозный, 1964, - 34 с.
22. Воропаев Г.В., Носенко В.Ф. Механизированные поливы с-х культур. - Алма-Ата, 1963. - 80 с.
23. Веников В.А., Веников В.Г. Теория подобия и моделирования. - М.; Высшая школа, 1964.- С.104-131.
24. Ганжара Н.Ф., Ганжара Л.Н. О соотношении скорости смыва и скорости формирования гумусового горизонта в эродируемых почвах// Оценка и картирование эрозионных и дефляционных земель.- Изд.МГУ, 1979,- 249 с.
25. Гусейнов Г.М. Новое в технике бороздкового полива// "Хлопководство", № 12, 1965. - С.17-19.
26. Гусейнов Г. М. Выравнивание глубины увлажнения почвы по длине поливных борозд//Гидротехника и мелиорация, № 6, 1965.- С.9-12.
27. Гуссак В.Б., Максудов Х.М. Ирригация эрозия на типичных сероземах и вопросы борьбы с ней//Труды института почвоведения.- МСХ Уз.ССР, т.3, - Ташкент, 1963. - С.29-33.
28. Гостищев Д.П., Тимченко Н.С., Мякотин Г.И. Бнутрипочвенное орошение сточными водами по полиэтиленовым увлажнителям и кротовинам//Прогрессивная техника полива сельскохозяйственных культур. - -Новочеркасск, 1984, - С.119-124.
29. Горенберг А.Х., Хамдамов Х.Х., Беркулов М. Ирригационная эрозия при различных бороздных токах на широкорядных посевах хлопчатника//Научные труды. - Ташкент СХИ, вып. 32. - 1972. - С. 36-40.
30. Гориоров М.С. Опыт подпочвенного орошения//Гидротехника и мелиорация, 1974, № 5, - С.49-55.
31. Григоров М.С. Внутрипочвенное орошение. - М.; Колос, 1983. - 128 с.

32. Гарюгин Г.А. Исследование элементов техники полива при поверхностном орошении.//Вопросы орошения и обводнения.- Науч. труды Ставро.зональной О.М.С. - Ставрополь, 1969, - С.144-149.
- 33.Горгон Д.Е. и др. Усовершенствованная система полива по бороздам//*Agucultural Engineering*.№ 3, 1984, - С.13-17.
34. Голубятникова В.Д. Геологические исследования в области третичных отложений в горном Дагестане между р.Рубас и р.Самур// Тр. Всесоюзн. геол. разв. объединения, вып.278.-Л. ,1973, -С.50-65.
35. Гершунов Э.В., Цой Э. Технология полива по бороздам комплектами АШУ-32 //Гидротехника и мелиорация, №12, 1986.-С.31-33.
- 36.Гниненко В. И. Водопроницаемость почв при различной мутности воды//Повышение эффективности использования орошаемых земель и прогрессивная техника полива. Сб.ст.НИМИ,- Новоч,1980.- С.80-92.
- 37.Грунд Ф. Программирование на языке ФОТРАН-1У (под редакцией Соболева Б.).- М.: Изд."Мир", 1976. - 176 с. (перевод с немецкого) .
- 38.Даввдов Д. Максимальные уклоны, поливные струи при поверхностном способе полива//Гидротехника и мелиорация.- Болгария, т. 5, № 4, 1961.- С.56.
- 39.Дзядевич И.А. Предотвращение водной эрозии и борьба с ней на орошаемых землях//Гидротехника и мелиорация, № 9, 1970.- С.40-51.
- 40.Дзядевич И.А. Теоретические основы методики определения допустимых уклонов выравнивания поливных участков, в целях предотвращения процессов водной эрозии при поливах по бороздам// Научные труды ВАСХНИЛ.-М.: Колос, 1976. - С.46.
- 41.Джабраилов Д.У., Магарамов И.Б., Белолипский В.А. Борьба с водной эрозией почв.- Махачкала, 1983. - С.86.
- 42.Данильченко И. В., Гаврилов М. Б. Особенности техники поверхностных поливов на песчаных почвах пустынь южного Казахстана//Тр.Каз.НИИВХ, т. 5. - Алма-Ата, 1970. - С.483.
43. Дементьев В.Г. Орошение. - М.; Колос, 1979. - С.283.
44. Жарова К.Д. Техника полива по бороздам на больших уклонах Чуйской долины. - Фрунзе, 1961. - С. 182.
45. Жарова К.Д. Влияние размера поливной струи и длины борозды на интенсивность эрозии//Вестник с.-х.науки, № 11,1968.
46. Звонков В.В. Водная и ветровая эрозия земли.- М.; Изд. АН СССР, 1962.
47. Зонн С.В. Почвы Дагестана//Сельское хозяйство горного Дагестана, АН СССР. - М.; Л., Х940. - С.41.
48. Заславский М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах. Изд."Карта Моддавоныяску". - Кишинев, 1976. - С.94.

49. Захаров Л.С. Эрозия почв и меры борьбы с ней. - М.; Колос, 1978. - С.81-82.
50. Зербалиев А. М. Ирригационная эрозия почвы при поливе по бороздам в условиях юга Дагестана//Прогрессивная техника полива с.-х. культур. Сб.статей НИМИ.- Новоч., 1984. - С. 115-119.
51. Зербалиев А.М. Влияние техники бороздного полива на эрозию почв// Повышение эффективности использования орошаемых земель и прогрессивная техника полива. Сб.статей НИМИ.- Новочеркасск, 1980. - С.120-124.
52. Зербалиев А. М. Эрозия почвы при бороздном поливе в условиях предгорья Дагестана//Известия СКНЦВШ.Техн.науки., вып.4.- - Ростов-на-Дону,1984. - С.22-24.
53. Зербалиев А.М. Способ борьбы с водной эрозией на больших уклонах. А.С. № 895297. Бюллетень № 40, 30.10.84г. (соавт.).
54. Израэльсен О.У. Теория и практика ирригации. Изд. иностранной литературы. -М., 1956. - 350 с.
55. Изюмов В.В., Остапчик В.И., Лобода В.Г. Система подпочвенного орошения горных склонов с близким залеганием водоупорного горизонта. Бюллетень изобретения, № 36, 1972.
56. Изюмов В. В. Справочник по технике и способам поливов с.-х.культур. - Киев, 1956. - 287 с.
57. Ирригационная эрозия и меры борьбы с ней в Ростовской области. Под руководством Ю.П.Полякова. - Новочеркасск, 1976, - 32 с.
58. Кривовяз С.М. Расчет полива по бороздам//Гидротехника и мелиорация,№ I, 1961. - С. 12-23.
59. Кивер В.Ф., Болдырев А. П. «Повышение продуктивности орошаемых склоновых земель.- Кишинев: "Карта Моддавоныскэ", 1981. - 139 с.
60. Костяков А.Н. Основы мелиорации. - М.; 1960. - 750 с.
61. Костяков А.Н. Избранные труды.- Сельхозгиз, т.1. - М., 1961. - С. 52-98.
62. Кондратьев Л. Борьба с ирригационной эрозией //Сельское хозяйство Узбекистана, № 5, 1970. - С.37.
63. Кичигин В.Н. Подпочвенное орошение. - Кишинев, 1962. - 31 с.
64. Керимханов С.У. Главнейшие особенности распространения эрозионных процессов почв в сухих горных районах//Вопросы рационального использования и повышения плодородия почв Дагестана. - Махачкала, 1972. - С. 18.
65. Керимханов С.У. О влиянии экспозиции склонов на размещение почв в горном Дагестане//Почвоведение, № 2, 1973. С.3-10.
66. Керимханов С.У., Руденко А.М. К характеристике температуры и влажности воздуха склоновых земель Дагестана/Тр. Даг.НИИСХ, т.У1.- Махачкала, 1971. - 324 с.

67. Камбаров Б.Ф. Техника полива по бороздам в условиях предгорий Узбекистана//Техника полива с.-х.культур. - М.: Колос, 1982. - С.30-58.
68. Камбаров Б.Ф. Совершенствование техники бороздного полива с учетом защиты почв от ирригационной эрозии в условиях больших уклонов и сложных рельефов (предгорная зона Уз.ССР), Автореф.дис.канд. техн. наук. - Ташкент, 1972. - 27 с.
69. Качинский Н.А. Методы механического и микроагрегатного анализа почв. - М.; 1943.- 270 с.
70. Кабанов М.М. Применение различных способов полива в условиях Киргизии. - Фрунзе, 1987. - 130 с.
71. Кисилев П.Г. Гидравлика, основы механики жидкости. - М.: - Энергия, 1960. - С.204-237.
72. Каштанов А.Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии. –М.: Россельхоз издат, 1974. - С.140-184.
73. Конке Г., Бертран А. Охрана почвы (англ.перевод). - М., 1952. 344 с.
74. Кисриев Ф.Г., Мурсалов М.К., Насрулаев С.М. Освоение склоновых земель под плодовые культуры в ДАССР//Тр. Даг. НИИСХ, т. 6.-Махачкала, 1971.-324 с.
75. Лактаев Н.Г. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978. -С. 136.
- 76.Ляпин А. Челюканов М.Д. Методические указания по расчету техники полива. - Ташкент, 1965. 30 с.
- 77.Марков Е.В. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации.- М.: Колос, 1981. - С.44-97.
- 78.Магомедова А.В., Мирцхулава Ц.Е., Поляков Ю.П. Руководство по определению допускаемых неразрывающих скоростей водного потока для различных грунтов при расчете каналов. - М., 1981.-С.57.
- 79.Мирцхулава Ц. Е. Установление допустимых скоростей при поверхностном поливе в условиях значительных уклонов площадей// Тр.Груз. НИИГиМ, вып.23. - Тбилиси, 1965. 458с,
80. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. - М.: - Колос, 1974, - С. 130-136.
81. Мирцхулава Ц.Е. О перспективах конструирования и методики расчета противоэрозионных мероприятий//Противоэрозионные гидротехнические мероприятия и орошение в горных условиях. Научн. труды ВАСХНИЛ.- М.: Колос, 1976. - С.92.
82. Михайлов Д.Я. Эрозия почв в Киргизской ССР. Киргизгосиздат. - Фрунзе, 1959. - 230 с.
83. Максудов Х.М. Ирригационная эрозия на типичном сероземе и принципы борьбы с ней. Автореф. - Ташкент, 1933. 29 с.
84. Методические указания по расчету техники полива (для хлопковой зоны).

- "Средазгипроводхлопок".- Ташкент, 1963. - С.19,
85. Мясников М.С., Ковалев Б.Г. Способ полива, предупреждающий эрозию почвы//Гидротехника и мелиорация, № 7, 1974. – С.56-58.
86. Мясников М.С. .Ирригационная эрозия на орошаемых землях Восточного Казахстана//Почвоведение, № 9, 1969. - С. 153-156.
87. Мартыненко Т.Л., Петрунин В.Л. Механизация поверхностного полива - важная проблема орошаемого земледелия//Повышение эффективности использования орошаемых земель и прогрессивная техника полива. Сб.статей НИМИ, - Новочеркасск,1980. – С.102-106.
88. Макавеев Н.И. Борьба с эрозией почв и селями в Дагестане. - Махачкала, 1977, 100 с.)
89. Носенко В.Ф. Особенности и пути улучшения техники полива в предгорьях Казахстана. Автореферат канд. дисс.- Алма-Ата, 1963.- 22 с.
- 90.Новак В.А. Поверхностные способы полива. - Грозный,1974, 68 с.
- 91.Никольская АД. Развитие прогрессивных способов орошения земель в СССР// Прогрессивные способы орошения. ЦБНТИ МВХ.-М., 1975,С. 50-56.
92. Поляков Ю.П. Допустимые (неразмывающие) скорости потока в руслах каналов, сложенных из связанных засоленных грунтов//Орошение в низовьях Терека. - Махачкала, 1971. - С.57.
- 93.Поляков Ю.П. О гидравлике поливной борозды//Эксплуатация оросительно-обводнительных систем и мелиорация земель Сев. Кавказа. Сб.н.тр., вып.ХШ, ч.2. - Ростов-на-Дону, 1972. -С.115-220.
- 94.Поляков Ю.П.Ирригационная эрозия и меры борьбы с ней// Сб.научных тр. ЮжНИИГиМ. - Новочеркасск, 1977. - С.2-66.
- 95.Поляков Ю.П. Прогнозирование эрозии почв на поливах// Ирригационная эрозия почв и приемы борьбы с нею. Вып.ХХ, ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1974. - С.9-52.
96. Поляков Ю.П., Поляков Б.П. К вопросу об установлении критерия начала ирригационной эрозии при поливах//Труды ЮжНИИГиМ.вып.Х111, ч.11. - Ростов-на-Дону, 1972. - С.9-11.
- 97.Преснякова Г.А. Классификация смытых почв//Эрозия почвы и борьба с нею. - М.: Госиздат с.-х.литературы, 1987. - С.41-70.
- 98.Петросян К. А., Саноян В.Г. Теоретические исследования по определению элементов техники полива по бороздам. //Научн. отчет НИИВГ и МСХ Арм .ССР. — Ереван, 1968, 392 с.
- 99.Потапов В.А. Борьба с эрозией почв в садах.-М.: Россельхозиздат,1982.-С.17-63.
- 100.Панникова В.Д. Эрозия почв и борьба с ней. - Махачкала, 1980. - 366 с.
- 101.Ревут И.Б. Физика почв. - Л.: Изд.Колос, 1972. 366 с.
- 102.Родигер В.Р.Подпочвенное орошение по кротовым дренам. М., 1965. 78с.
- 103.Роде А.А. Водный режим почвы и его регулирование. - М.,1963. - 180 с.
- 104.Романов В.М., Иванцова Т.Л., Волчкова Т.П. Методика районирования орошаемых земель по способам и технике полива// Гидротехника и мелиорация,

1966, № 8. - С. 6-16.

105. Савченко Д. Смысл почвогрунта и способы предотвращения его при поливе по бороздам в предгорье ЧИ АССР. Автореф. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. - 1973, 29 с.

106. Соболев С.С. Современное состояние и задачи борьбы с эрозией. - М.; Колос, 1964. 268 с.

107. Соболев С.С. Задача борьбы с эрозией почв//Вестник с.-х. наук № II, 1963. - С. 15-26.

108. Сластихин В.В. Защита почв от эрозии. - М., 1961. 178 с.

109. Сурин В.А. Оросительная сеть для полива виноградников на крутых склонах//Прогрессивные способы орошения. Сб. статей. Совет специалистов. IX Междунар. конгресс по ирригации и дренажу. ЦБНТИ МВХ. - М.; 1978. - С.33-49.

110. СНиП 2.06.03.- 85. Мелиоративные системы и сооружения/Госплан СССР по делам строительства.- М., 1986. - 56 с.

111. Сурин В.А., Нурматов Н.К. Полив виноградников из закрытой сети.- М.: Колос, 1976. - 165 с.

112. Сурин В.А., Носенко В.Ф. Механизация и автоматизация полива с.-х. культур. - М.: Колос, 1982. - 126 с.

113. Тананян М. Г. Полив по бороздам переменной струей на террасированных склонах//Известия с.-х. наук, № I. - Ереван, 1973. С. 15-17.

114. Татарова-Крыстева В.С., Цонев Л. Проявление ирригационной эрозии на некоторых почвах Болгарии.- Б.М., т.2, 1970. 178 с.

115. Татарова-Крыстева В.С. Ирригационная эрозия при самотечном орошении некоторых почв Болгарии//Почвоведение, № 12, 1971. - С.107-115.

116. Цонева Л., Цонев И. Возможности механизация на гравитичного напоявне на стръмни терени. Селскостопане наука. Брой, 3, 1962. 165 с.

117. Хамдамов Х., Бердикулов И. О потерях почвенного плодородия от ирригационной эрозии//Почвоведение, № 6., 1973. - С. 87- 93.

118. Хамдамов Х., Бердикулов И. Техника полива и ирригационная эрозия почв//Гидротехника и мелиорация, № 6, 1971. С.31.

119. Филимонов М.С. Режим орошения и способы полива с.-х. культур.- Волгоград, 1979.- С.14.

120. Фищенко Г.Л. Агрегат для подпочвенного орошения//Достижения науки и передового опыта в сельском хозяйстве, № 6, 1964, С.33.

121. Челюканов М.Д. Усовершенствование полива хлопчатника по бороздам на землях нового освоения голодной степи. Автореф. канд. дисс. - Ташкент, 1966, 32 с.

122. Чичасов В.Я., Изюмов В.В. и др. Техника полива с.-х. культур. - М.: Колос, 1970. - 288 с.

123. Черемисинов Г.А. Эродированные почвы и их продуктивное использование. - М.: Колос, 1976. - 208 с.

124. Шапошников Д.А. Горное орошение. Автореф. докт. дисс. Москва, 1964. - 26 с.

125. Шаров Л.А. Эксплуатация оросительных систем. Сельхозгиз. - М., 1962.-448 с.

126. Штоколов Д.А. Полив по бороздам переменной струей//тр. ЮжНИИГиМ, вып. 1У, Новочеркасск, 1978. 395 с.

- 127.Шейнкин Г.Ю., Гордеев В.Б. и др. Опыт внутрпочвенного орошения// Хлопководство, № 7, 1973. - С.17.
- 128.Шейнкин Г.Ю. Техника и организация орошения в Таджикистане.- Изд.Ифрон, Душанбе, 1970.- С.446.
- 129.Шейнкин Г.Ю., Гордеев В.Б. Особенности увлажнения при подпочвенном и капельном орошении//Сб.н.тр., вып.1, ВНИИГиМ,- С.25-28.
- 130.Шумаков Б.А., Штоколов Д.А. Полив по бороздам-щелям// Тр.НИИГиМ, вып.1У,- Новочер. 1975. - С. 123-127.
- 131.Шумаков Б.Б. Совершенствование поверхностных способов полива//г»которые вопросы развития мелиорации в СССР.-М.: Колос,-С.173-191.
- 132.Шумаков Б.А. Полив по бороздам-щелям//Сб.трудов НИМИ, т.У, 1965. - С.28.
- 133.Шумаков Б.Б., Гостищев Д.П. Об эффективности внутрпочвенного орошения из полиэтиленовых труб с точечной перфорацией малого диаметра//Вестник с.-х.науки, 1976, № 11. - С.93-97.
- 134.Штепа Б.Т. Технический прогресс в мелиорации.- М.: Колос, 1983.- С.16-40.
- 135.Шикула Н.К., Рожков А.Г., Трегубов П.С. Картирование территории по интенсивности эрозионных процессов/Тр. международного конгресса почвоведов, 1974, т.10, Комиссия У1-С.32-37.
- 136.Швебс Г.Л. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка.- А., Гедрометеоиздат, 1974.- 183с.
- 137.Штефырца Л.Г. Временная оросительная сеть и поливные трубопроводы// Механизация и автоматизация полива с.-х.культур в условиях Молдавии. - Кишинев, 1987. - С.40-57.
- 138.Якубов И.А. Опыт перестройки оросительных систем.-М.: Колос, 1983. - С.69.

Приложение 1

Данные о количестве осадков и суммы температур по основным плодово виноградарским районам республики(многолетние наблюдения)

Пункты	Осадки, мм			Температура	
	период покоя (ноябрь-март)	вегетационный период (апрель-октябрь)	Всего за год	Средняя в июле	Сумма активных температур за вегетационный период
Махачкала	249	275	524	24,50	3720
Избербаш	135	158	293	24,40	3650
Дербент	190	220	410	24,70	4000
Касумкент	146	305	451	22,90	3680

Приложение 2

Физико-химические показатели почв

Горизонт, см	Мг на 100г почвы,поглощенные основания мг экв.на 100г. почвы						Гумус	РН
	азот	фосфор	калий	кальций	магний	Сумма		
I. Горно-долинные луговые среднесуглинистые почвы								
0,25	1,18	1,49	19,90	18,75	7,6	26,35	1,86	7,1
50-60	0,48	0,85	8,80	8,12	4,2	12,32	0,35	7,2
90-100	след	0,35	6,85	8,66	1,8	10,66	1,1	7,4
2. Горно-долинные лугово-лесные среднесуглинистые почвы								
0-25	6,9	3,04	28,25	28,4	10,1	38,5	3,70	7,0
30-40	5,23	1,78	15,40	16,4	7,2	23,6	2,44	7,0
60-70	3,75	0,82	10,15	12,35	4,1	16,95	1,30	7,1
90-100	2,00	след	8,II	7,95	3,5	11,45	1,20	7,4

Приложение 3

Механический состав почв (структурный/агрегатный в % от веса сухой почвы по М.А.Баламирзоеву)

Гори зонТ, см	Размер структурных агрегатов почвы, мм							
	10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25
I Горно-долинные луговые среднесуглинистые почвы								
0-10	<u>67,3</u> --	<u>12,4</u> --	<u>8,30</u> --	<u>5,4</u> 2,0	<u>2,4</u> 6,0	<u>1,0</u> 1,8	<u>0,4</u> 9,8	<u>97,2</u> 29,6
30-40	<u>74,0</u> --	<u>10,0</u> --	<u>5,0</u> 21,4	<u>3,0</u> 4,0	<u>2,9</u> 9,0	<u>2,0</u> 8,8	<u>2,2</u> 6,0	<u>99,1</u> 49,2
2. Коричневые среднесуглинистые почвы								
0-10	<u>5,6</u> ⁶ <u>6</u>	<u>9,2</u>	<u>10,5</u> 2,3	<u>15,6</u> 3,4	<u>16,2</u> 7,6	<u>21,3</u> 13,8	<u>14,6</u> 14,1	<u>93,0</u> 41,2
30-40	<u>66,2</u> ⁵ <u>5</u>	<u>14,5</u>	<u>7,6</u> 2,8	<u>4,1</u> 12,4	<u>3,8</u> 14,6	<u>2,1</u> 20,4	<u>0,7</u> 27,2	<u>99,4</u> 77,4
3. Светло-каштановые тяжелые суглинки								
0-10	<u>21,6</u> --	<u>19,1</u>	<u>16,1</u> 1,4	<u>11,4</u> 9,0	<u>9,1</u> 7,6	<u>7,5</u> 17,8	<u>6,9</u> 8,0	<u>91,8</u> 43,8
30-40	<u>28,8</u> --	<u>27,7</u>	<u>18,6</u> 2,8	<u>9,5</u> 5,4	<u>7,6</u> 11,4	<u>3,8</u> 20,6	<u>1,6</u> 10,0	<u>98,6</u> 50,8

Приложение 4

Водные константы почв земель опытного участка

Почвы	Глубина, см	В % от абсолютно-сухой почвы			
		МГВ	ВУЗ	ДАВ	НВ
Горно-долинные	0-20	8,85	13,22	18,84	32,15
Лугово-лесные	20-40	8,82	13,28	15,48	28,74
Средние суглинки	40-60	8,71	13,10	13,42	26,52
	60-80	8,56	13,06	12,88	25,72
На террасе 300м	80-100	8,58	13,02	11,92	24,81

Приложение 4 Таблица П.4.2

Характеристика водно-физических свойств почв

Глубина | Объемная масса | Удельный вес | Сквашность, % | Водопроницаемость, мм/мин

Горно-долинные, лугово-лесные среднесуглинистые почвы. Высота 300м

0-10	1,05	2,55	58,8	13,80
10-20	1,12	2,68	57,7	13,60
20-30	1,28	2,60	50,7	12,70
30-40	1,30	2,60	50,0	12,40
40-50	1,42	2,67	46,8	10,15
50-60	1,42	2,68	50,7	8,08
60-70	1,42	2,68	50,7	6,20
70-80	1,40	2,70	48,1	5,30
80-90	1,36	2,71	48,8	3,60
90-100	1,29	2,71	52,2	2,50

Приложение 5

Значения гидравлических параметров борозды в зависимости от
расходов и уклонов

Расход воды, л/с	Глубина воды, см	Смочен. периметр м	Гидравл. радиус, м	Коэффиц. Шези	Живое сечение, м ²	Скорость, м/с
------------------------	------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------	-------------------------------------	------------------

I= 0,02

0,1	3,4	0,244	0,026	2,42	0,0064	0,169
0,2	3,6	0,28	0,031	7,86	0,0088	0,195
0,4	4,6	0,316	0,036	8,26	0,0114	0,22
0,8	5,5	0,37	0,043	8,76	0,0159	0,257
1,2	6,5	0,41	0,047	9,03	0,0193	0,277
1,6	7,0	0,42	0,05	9,22	0,0211	0,292
2,0	8,0	0,46	0,054	9,46	0,0250	0,310

I= 0,03

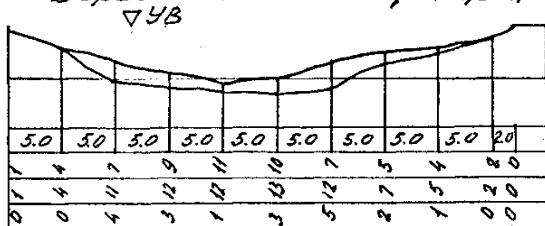
0,1	2,3	0,208	0,021	6,91	0,0024	0,1733
0,2	3,5	0,28	0,091	7,86	0,088	0,240
0,4	4,5	0,298	0,034	8,11	0,010	0,259
0,8	5,0	0,35	0,041	8,63	0,0144	0,302
1,2	6,5	0,388	0,0497	9,2	0,0193	0,355
1,6	7,0	0,42	0,05	9,22	0,0210	0,357
2,0	7,5	0,44	0,052	9,34	0,0230	0,396

I= 0,05

0,1	2,4	0,208	0,021	6,91	0,0044	0,224
0,2	2,6	0,244	0,026	7,42	0,0064	0,268
0,4	3,0	0,280	0,031	7,86	0,0088	0,309
0,8	4,0	0,316	0,036	8,26	0,0114	0,350
1,2	5,0	0,35	0,041	8,63	0,0144	0,391
1,6	6,0	0,388	0,0447	9,2	0,0193	0,459
2,0	6,5	0,42	0,05	1,22	0,0210	0,461

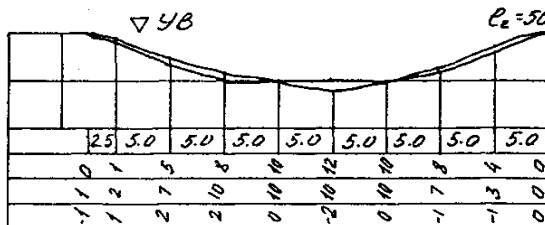
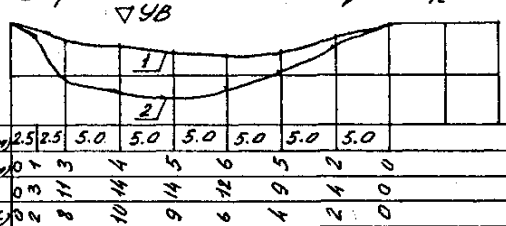
Деформация сечений борозд после полива

Борозда №5 $i=0.025$ $q=0.4$ л/с $l_1=5$ м
 ▽УВ

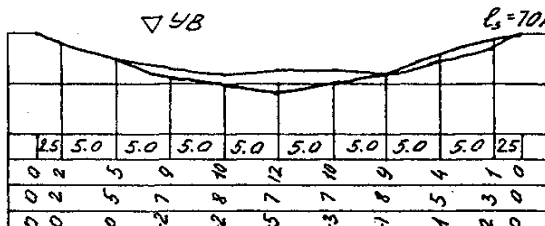


										Ст. 1														
5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	20	Расстояние (см)	25	25	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
0	1	4	11	17	22	25	27	28	29	0	h до полива (см)	0	1	3	4	5	6	6	5	4	2	0	0	
0	0	4	5	1	3	5	12	7	5	4	0	h после полива	0	3	11	3	14	12	9	5	2	1	0	0
										Разм.(+) или нам.(-)	0	2	8	11	10	9	6	12	6	4	2	0		

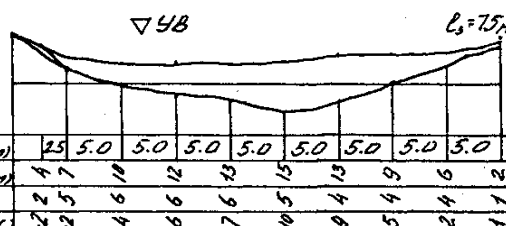
Борозда №6 $i=0.05$ $q=0.6$ л/с $l_1=10$ м
 ▽УВ



										Ст. 2													
25	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Расстояние (см)	25	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0	1	5	8	10	12	10	8	4	0	0	h до полива (см)	0	2	5	9	10	10	7	4	0	0	0	0
1	2	7	10	10	10	10	7	3	0	0	h после полива	2	4	10	10	9	10	7	4	0	0	0	0
										Разм.(+) или нам.(-)	2	2	5	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	



										Ст. 3													
25	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	25	25	Расстояние (см)	25	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0	0	2	5	9	10	12	10	9	4	0	h до полива (см)	2	4	7	10	12	13	15	13	9	6	2	1
0	0	2	5	7	8	7	7	8	1	0	h после полива	2	5	7	6	6	6	5	4	4	4	2	1
										Разм.(+) или нам.(-)	-2	-2	-4	-6	-6	-7	-10	-9	-5	-2	-1	-1	



Приложение 8

Опытные и расчетные значения в зависимости от влияющего фактора

Вариант	Расход, л/с	Уклон	Длина, м	Опытные значения слоя смыва, мм	Результаты вычисления h_p на ЭВМ по зависимости (мм)			
					$h_p=f(q \cdot i \cdot l)$	$h_p=f(q \cdot i)$	$h_p=f(ql)$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1	0,02	100	0,14	0,144	0,145	0,92	1. $h_p = 847,4 q^{1.18} i^{0.89} l^{0.54}$ $K_k = 0,9768$
2	0,2	0,02	100	0,21	0,327	0,38	0,50	
3	0,3	0,02	100	0,38	0,528	0,58	0,804	
4	0,4	0,02	100	0,62	0,742	0,75	1,13	2. $h_p = 146,5 q^{1.18} i^{1.07}$ $K_k = 0,9751$
5	0,5	0,02	100	1,07	0,965	0,97	1,47	
6	0,7	0,02	100	1,51	1,434	1,44	2,28	
7	0,8	0,02	100	1,76	1,08	2,64	2,56	3. $h_p = 3,33 q^{1.18}$ $K_k = 0,8703$
8	1,2	0,02	100	3,11	2,71	2,73	4,1	
9	1,5	0,02	100	4,16	3,53	3,55	5,37	
10	2,0	0,02	100	6,48	4,95	4,98	7,54	
11	0,1	0,025	100	0,18	0,175	0,185	0,22	
12	0,2	0,025	100	0,36	0,399	0,418	0,49	
13	0,3	0,025	100	0,56	0,643	0,675	0,803	
14	0,4	0,025	100	0,83	0,904	0,949	1,13	
15	0,5	0,025	100	1,19	1,176	1,83	1,47	
16	0,7	0,025	100	1,81	1,75	1,873	2,18	
17	0,8	0,025	100	2,28	2,04	2,15	2,56	
18	1,2	0,025	100	3,77	3,303	3,46	4,12	
19	1,5	0,025	100	4,82	4,30	4,50	5,37	

Приложение 9

Опытные и расчетные значения q вычисленные на ЭВМ

№опыта	Расход, q (л/с)		У опытный (Ук)	$S_k 10^2$	I_i/S	$Y_{расч.}$ (Ук)
	1-й повтор	2-й повтор				
I	0,50	0,70	-4,428	-0,0571	0,103	-0,3859
2	0,5	0,35	-0,8715	-0,1789	0,08015	-0,6926
3	0,3	0,45	-1,001	-0,031	0,1015	-0,9657
4	0,3	0,5	-0,9486	0,1357	0,08316	-1,084
5	0,25	0,4	-1,151	0,2396	0,05221	-1,391
6	0,15	0,3	-1,551	0,1135	0,08127	-1,664
7	0,08	0,2	-2,068	-1,1034	0,106	-1,064
8	0,07	0,15	-2,278	-0,007396	0,8391	-2,271
9	0,05	0,10	-2,649	-0,1052	0,1045	-2,547

Приложение 10

Опытные и вычисленные на ЭВМ значения расхода воды в борозду в зависимости от элементов техники полива

№ варианта	Факторы			Опытные значения расхода воды, л/с	Расчетные значения расходов воды в борозду, л/с			Примечание
	K	i	L		1 уравн.	2 уравнен.	3 уравнение	
1	0,175	0,02	120	0,642	0,69	0,68	0,506	1. $q=0,0019K^{0,59}i^{1,53}L^{0,3}$ $K_k=0,9575$ 2. $q=0,00189 \cdot K^{0,57} \cdot i^{-1,72}$ $K_k=0,967$ 3. $q=60 \cdot 10^{-5} \cdot i^{-1,72}$ $K_k=0,852$
2	0,0935	0,02	140	0,42	0,50	0,50	0,506	
3	0,0535	0,02	170	0,367	0,38	0,38	0,506	
4	0,175	0,03	90	0,387	0,341	0,338	0,251	
5	0,0935	0,03	110	0,32	0,25	0,249	0,251	
6	0,0535	0,03	130	0,21	0,19	0,189	0,252	
7	0,175	0,05	60	0,13	0,138	0,14	0,104	
8	0,0935	0,05	80	0,102	0,104	0,103	0,104	
9	0,0535	0,05	100	0,07	0,079	0,0785	0,104	

Расчеты техники полива на ЭВМ ПРОГРАММА “ПОЛИВ”

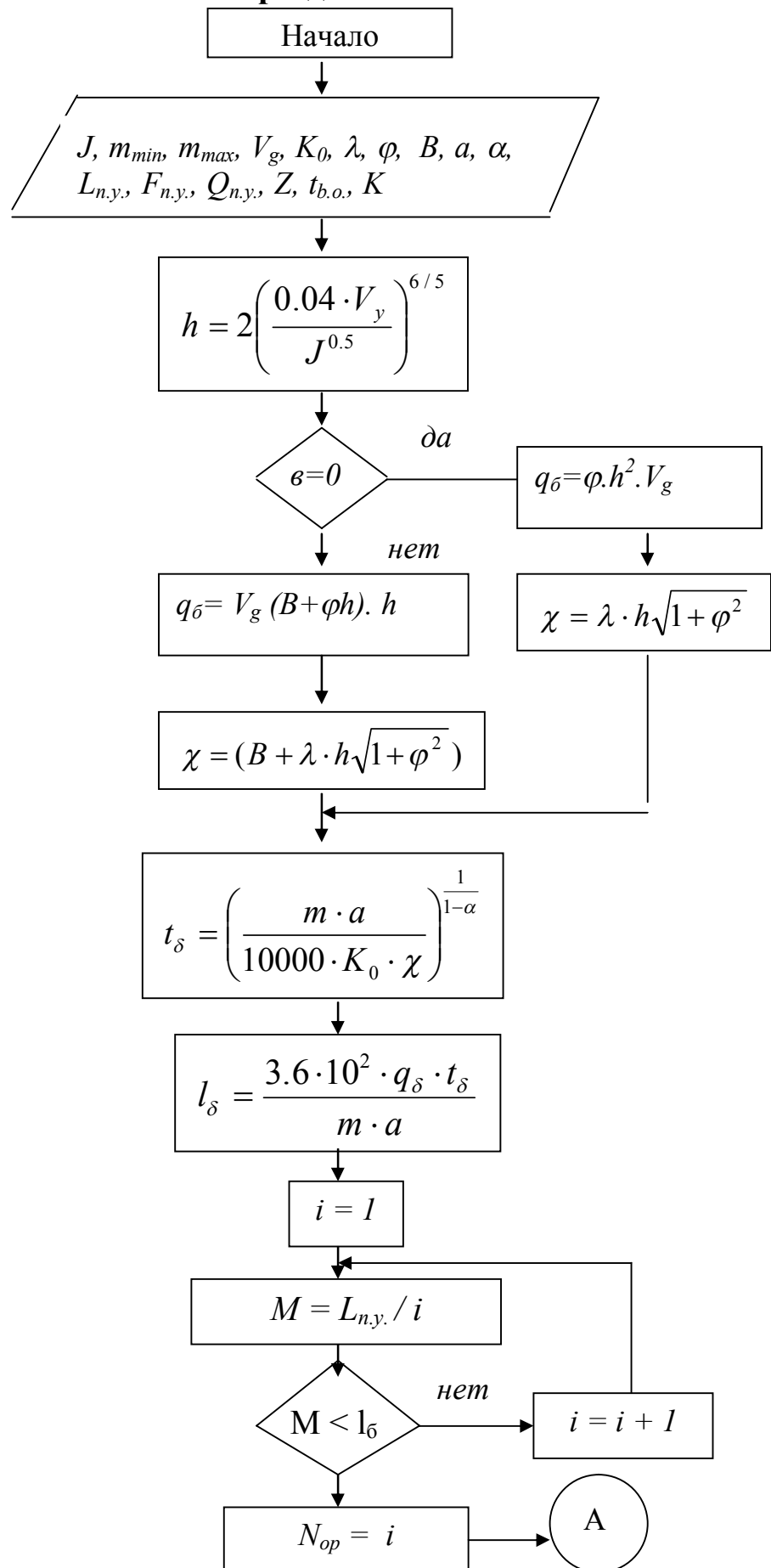
Составление блок-схемы алгоритма расчета

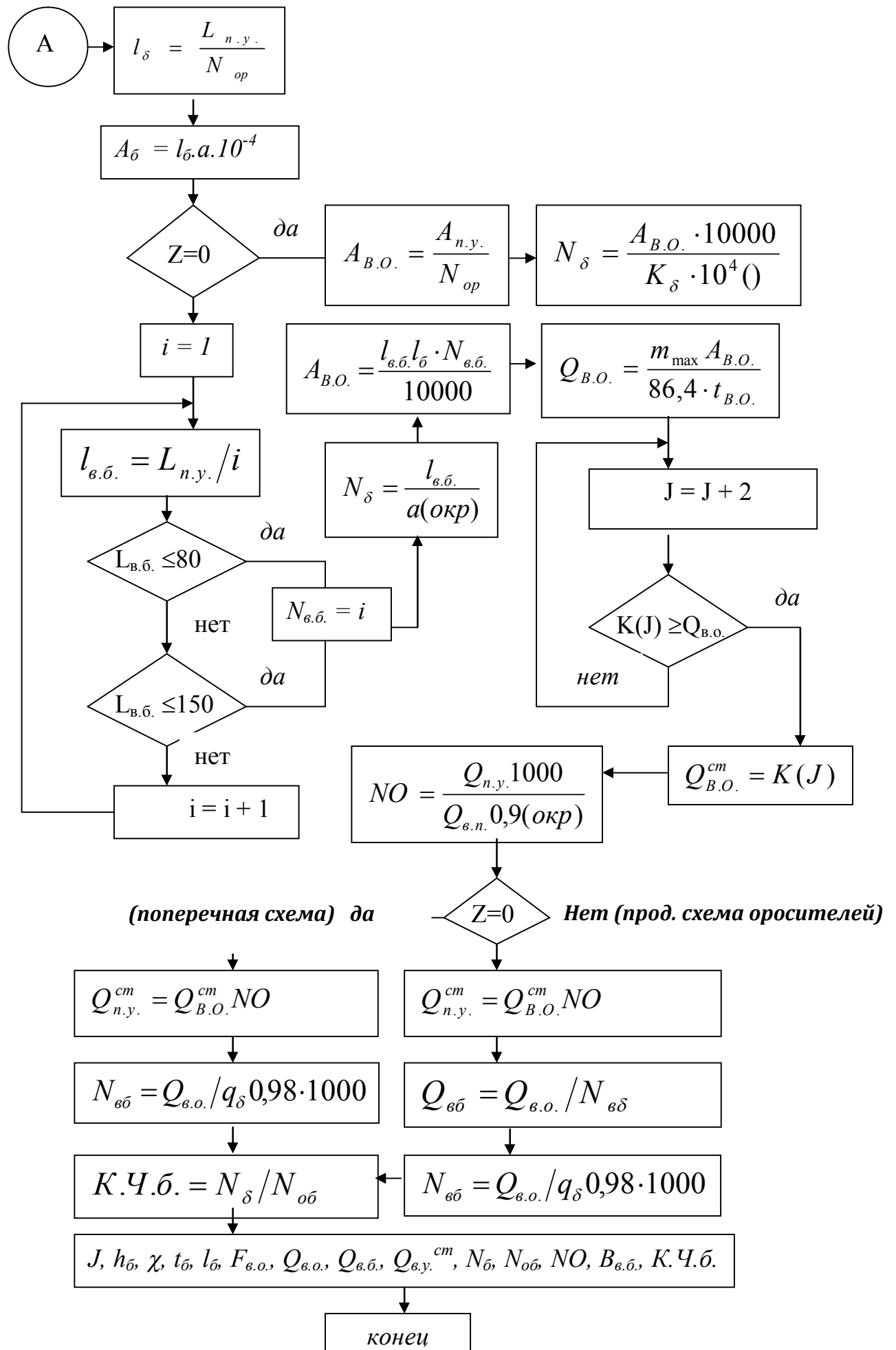
Для численного метода решения математически описанной задачи на ЭВМ требуется последовательность вычислительных действий и исходной задачи, т.е. составления алгоритма расчета.

Алгоритм расчета элементов техники полива по бороздам заключается в последовательном определении всех гидравлических параметров полива по бороздам с учетом планового расположения оросительной сети на поливном участке в увязке с размерами исходных значений. При этом одновременно рассматриваются и вопросы проектирования и установления расчетных значений параметров оросительной сети на поливном участке.

Для наглядности и облегчения последующего программирования алгоритм расчета представлено в виде детальной блок-схемы, состоящей из отдельных этапов ввода-вывода, обработки, проверки условия, начала, конца. С приобретением навыков составления алгоритмов расчета и программирования можно обойтись без предварительного составления детализированной блок-схемы, что значительно экономит время на программирование задачи и ее отладку. При решении обширных задач несомненное преимущество имеет составление укрупненной блок-схемы алгоритма.

Блок-схема алгоритма расчета элементов техники полива по бороздам





Ввод числовой информации (исходных данных) осуществляется двумя операторами «READ» и «FORMAT». Первый указывает, что нужно вводить, а другой – в каком виде информация записана и как ее расшифровать:

```
READ (5,;) A, K
```

```
  I FORMAT (1F6.4/3F5.1,4F6.1/2F4/2/5I3)
```

Здесь I – метка оператора FORMAT ; A и K – элементы списка ввода. Каждому элементу списка ввода соответствует свой формат ввода.

Для работы программы «Полив», необходимо подготовить исходные данные в следующем порядке:

1-я фамилия студента

2-я первые семь значений (J, V_g, α, Δ, B, Q_{n.y.}, K_o) (1F6.4);

3-я следующие семь значений (λ, φ, a, m_{min}, A_{n.y.}, m_{max}, L_{n.y.}) (3F3.1, 4F6.1);

4-я последующие два значения (Z, t_{в.о.}) (2F4.2);

5-я последние пять значений (K1, K2, K3, K4, K5) (5I13).

Пример ввода исходных данных

0,0030 0,1500 0,5000 0,0400 0,0500 0,2000 0,1500

2,0 1,5 0,8 0600,0 0080,0 1000,0 0800,0

1,00 2,00

040 060 080 100 120

Результаты расчетов

J=0,0030 H=0,141 XI=0,558 T=0,33 RLB=133,3 QB=0,00552
FVO=10,67 QVO=61,7 NVB=6 NB=166 NO=4 RLVB=133,3
NOR=8 NOB=2 QVB=10 QVOST=80,0 QPYY=247 QPYST=2500
KЧ=83



