Н. К. НУРМАТОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Душанбе
«Ирфон»

Н.К.НУРМАТОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Душанбе
Ирфон
1991

ББК 40.62
Н 90

Н 90 НУРМАТОВ Н.К. Технология орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях. - Душанбе: Ирфон, 1991, 372с.

Обоснованы способы освоения, дана технология орошения по прямолинейным и зигзагообразным микробороздам, предложены низконапорные, передвижная и стационарная трубчатые оросительные сети для поверхностного и капельного орошения.

Для гидромелиораторов, агрономов, садоводов и проектировщиков.

Н $\frac{3804000000-65}{501(12)-91}$ 91 заказная

ББК 40.62

I В 5-667-00757-6

© "Ирфон", 1991

Посвящается "60-летию Таджикского сельскохозяйственного института" и "40-летию Гидромелиоративного факультета"

В В Е Д Е Н И Е

Состояние экологических условий среднеазиатского региона, острый дефицит водных и земельных ресурсов требуют поиска ресурсосберегающих, природоохранных технологий орошения сельскохозяйственных культур. В этом регионе почти все земли перспективного освоения, да и значительная часть земель нынешнего орошения, представляют собой поверхности с уклонами 0,01...0,40, со сложными почвенно-рельефными условиями, часть из которых представлена просадочными грунтами. На этих землях в основном намечается выращивать пропашные, виноград, плодовые и кормовые культуры. В настоящее время здесь, как правило, применяется бороздковый полив, характеризующийся значительными потерями воды на глубинный и поверхностный сбросы, не обеспечивая равномерного увлажнения и вызывая ирригационную эрозию почвы.

Для устранения этих недостатков необходимо усовершенствовать технологию нарезки поливных борозд, конструкции распределительной и поливной сети, позволяющих добиться высокой механизации и автоматизации полива сельскохозяйственных культур.

Для применения прогрессивных способов орошения, таких как капельное и синхронно-импульсное, требуется разработать принципиально новые конструкции распределительной сети, водоочистных, водорегулирующих сооружений и капельных водовыпусков,

которые позволили бы использовать перепады местности, работая в низконапорном режиме и надёжно функционировали бы при мутной воде.

В монографии обобщены известные положения теории расчета бороздкового полива и капельного орошения и на их основе созданы новые технологии и технические средства для орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях, позволяющие эффективно управлять водным режимом, добиваться снижения до минимума ирригационной эрозии, рационально использовать водные, земельные и трудовые ресурсы, механизировать и автоматизировать процесс полива.

Настоящая работа написана на основе многолетних исследований отраслевой лаборатории кафедры мелиорации Таджикского сельскохозяйственного института. Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам кафедры тт.Гуломджанову А.Г., Сайфуллаеву Т.Х., Камолидинову А., Курбанову Р.К., Ходжаеву З.Н., Икромову И.И. за участие и помощь в проведении исследований.

Глава I

СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПУТИ ЕЁ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

I.I. Характеристика природных условий и классификация склоновых земель

Рассматривая вопросы формирования склоновых земель, Вознесенский С.С. (I97I) считает: "При малых углах наклона, обычно менее 0,5...I,0°, а иногда и 2...3°, силы сцепления устойчиво доминируют и смещение материала по уклону не происходит. На таких поверхностях роль наклона в процессе рельефообразования, т.е. в движении вещества на поверхности литосферы, исчезающе мала и может быть геоморфологом исключена из рассмотрения. Такие поверхности не должны рассматриваться как склон. Под склонами будем понимать поверхности, на которых воздействие силы тяжести играет решающую роль в перемещении вещества"[I]. Он отмечает, что в природе совершенно не наблюдается склонов круче I0 ...I2°, сложенных существенно мелкоземистым материалом, находящимся в состоянии постоянного избыточного увлажнения. В природе крутые склоны всегда оказываются хорошо дренированными или сложенными скальными породами.

Под термином "склон" Кивером В.Ф. и Болдыревым А.П. (I98I) понимается наклонно расположенная боковая поверхность горы, холма, возвышенности или боковая сторона балки, овраґа. Слово "склон" употребляется как по отношению к отвесным, так и по отношению к пологим, постепенно понижающимся поверхностям.

[I] Вознесенский С.С. Динамическая геоморфология. - М.: Мысль, I97I. - С.227.

Литвин Л.Ф. (1981) определяет термин "элементарный склон", как "участок земной поверхности, в пределах которого составляющая сила тяжести, направленная вдоль поверхности, отлична от нуля и постоянна по величине и направлению. Линия тока воды в пределах такого участка будет изображаться прямыми линиями"[1].

В СССР более 60 % сельскохозяйственных культур расположены на склоновых землях (табл.I.I). Существенную часть площади склоновые земли занимают в республиках Закавказья, Молдавии, Украины, Киргизии. В Таджикской ССР площади с уклонами более 0,010 составляют 84,1 % площади пашни. В таблице 1.2 приведены сведения о распределении площадей существующего и перспективного орошения в Таджикской ССР по уклонам. Здесь склоновые земли составляют более1,32 млн.га. В зависимости от климатических условий склоновые земли республики используются под различные сельскохозяйственные культуры в богарных условиях и при искусственном орошении.

Обилие тепла на склоновых землях Средней Азии позволяет выращивать высокорентабельные технические и плодовые культуры: хлопчатник, виноград и цитрусовые только с применением регулярного орошения. Степень потребности в орошении характеризуется коэффициентом увлажнения территории (отношение суммы годовых осадков к испаряемости (по Н.Н.Иванову). Коэффициент увлажнения склоновых земель для различных зон Таджикской ССР (Хакимов, 1979) составляет 0,15 + 0,77 (табл.I.3.).

М.Н.Заславский (1983), классифицируя склоновые земли на пологие с уклонами до 0,10, покатые - от 0,10 до 0,20, сильно

---

[1] Литвин Л.Ф. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. - С.82.

Таблица I.I.

Распределение площади пашни (в процентах) по крутизне склонов в основных районах СССР (Данные ВНИИ защиты почв от эрозии, I980 г.)

Республика, экономический район	до 0,0I0	0,0I5-0,045	0,045-0,08	0,08-0,II	0,II-0,40	Итого 0,0II-0,40
Северо-Кавказский	33,4	39,3	I5,4	5,I	6,8	66,4
Украинская ССР	47,8	35,0	I3,3	2,2	I,7	52,2
Молдавская ССР	I9,0	35,2	26,9	I0,2	8,7	8I,0
Грузинская ССР	29,8	33,I	I4,7	7,I	I5,3	70,2
Армянская ССР	20,4	29,8	I8,9	I3,0	I7,9	79,6
Азербайджанская ССР	29,7	3I,4	I6,7	I0,I	I2,I	70,3
Киргизская ССР	36,I	37,7	23,5	2,I	0,6	63,9
Узбекская ССР	4I,2	4I,5	I2,9	3,0	I,4	58,8
Белорусская ССР	52,9	38,9	6,4	I,2	0,6	47,I
Таджикская ССР	I2,4	24,0	27,3	I2,0	24,3	87,6

Таблица I.2.

Распределение орошаемых площадей по уклонам в Таджикской ССР
(данные института "Таджикгипроводхоз", I988 г.)

Уклоны	Земли существующего орошения на I985 г.		Земли перспективного орошения		В с е г о	
	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%
до 0,00I	9,4	I,4	-	-	9,4	0,5
0,00I-0,003	I45,4	2I,8	-	-	I45,4	9,I
0,003-0,0I0	94,4	I4,0	-	-	94,4	5,7
0,0I0-0,02	209,8	3I,6	-	-	209,8	I3,2
0,02-0,05	I02,0	I5,4	I5I,6	I7,0	253,6	I6,5
0,05-0,I0	4I,3	6,3	276,9	30,4	3I8,2	20,0
0,I0-0,20	4I,4	6,4	258,0	28,3	299,4	I9,0
0,20-0,40	2I,3	3,I	222,4	24,3	243,7	I6,0
И т о г о:	665,0	I00	9I0,9	I00	I575,9	I00
Из них склоновые	4I5,8	62,	9I0,9	I00	I326,7	84,I

Таблица I.3.

Некоторые почвенно-климатические показатели склоновых земель по характерным районам Таджикской ССР (Хакимов, 1979)

Название станции	Абсолютные высоты, м	Среднегодовое количество осадков, мм	Коэффициент увлажнения по Н.Н.Иванову	Среднегодовая т-ра воздуха, °С	Почвы, типы и подтипы по В.Я.Кутеминскому
Ленинабад	350	200	0,I5	I4,I	серобурые, каменистые
Ура-Тюбе	I004	372	0,35	II,2	сероземы обыкновенные
Шахринау	852	667	0,4I	I4,9	сероземы темные
Душанбе	822	693	0,48	I4,2	сероземы темные
Орджоникидзеабад	866	766	0,52	I4,4	сероземы темные
Файзабад	I2I5	964	0,63	I2,8	горные коричневые карбонатные
Курган-Тюбе	426	323	0,24	I5,7	сероземы светлые
Яван	663	663	0,34	I6,8	горные коричневые карбонатные
Гарм	I3I6	837	0,73	I0,7	горные коричневые карбонатные
Пархар	447	342	0,24	I5,7	сероземы обыкновенные
Дангара	660	569	0,38	I4,7	сероземы темные
Куляб	604	567	0,33	I6,4	сероземы темные
Ховалинг	I468	I0II	0,77	II,0	горные коричневые типичные

покатые - от 0,20 до 0,30, крутые - от 0,30 до 0,40 и сильно крутые - более 0,40, считает нецелесообразным освоение склонов с уклонами более 0,40 (табл.I.4).

Таблица I.4.

Классификация склоновых земель по крутизне
(М.Н.Заславский, I983)

Наименование склонов по крутизне	Уклон
Слабопологие	0,02–0,06
Пологие	0,07–0,09
Слабопокатые	0,I0–0,I2
Покатые	0,I3–0,I8
Сильнопокатые	0,I9–0,27
Крутые	0,28–0,35
Очень крутые	0,36–0,84
Обрывистые	более 0,84

С.С.Вознесенский (I97I) разделяет склоны по длине на длинные (500 м), средней длины (500–50 м) и короткие (менее 50 м).

Х.А.Хачатрян (I975) считает длинными склоны протяженностью более 300 м, средними - от I00 до 300 м и короткими - до I00 м.

Рельеф. По форме поверхности склоны бывают прямые, вогнутые, выпуклые и ступенчатые. Наиболее плодородными считаются вогнутые склоны. Склоны могут быть разной ориентации. Установлено, что в горах Средней Азии радиационный баланс южного склона крутизной 0,50–0,58 на 40 % выше баланса горизонтальной поверхности, а дневная температура воздуха соответственно выше на 7–8° (М.У.Умаров, I974).

И.П.Герасимов и М.А.Глазовская (1960) отмечают, что в горах Средней Азии различия в гидротермических режимах северных и южных склонов настолько значительны, что способствуют формированию на них генетически самостоятельных типов почв. Экспозиция определяет основные свойства почв и растительности, а поэтому оказывает первостепенное влияние на формирование зональных признаков. Северные склоны короткие и крутые, южные - длинные и пологие.

Различия в экспозиции склонов и элементах рельефа создают предпосылки для неоднозначного изменения температуры приземного слоя воздуха и почвы, перераспределения по склону осадков, неодинакового расхода влаги на испарение, что оказывает влияние на формирование почвенного покрова в условиях гор.

Максимум тепла приходится на склон южной экспозиции крутизной 0,15. Склоны северной экспозиции крутизной 0,16-0,32 получают тепла намного больше, чем крутые 0,50-0,61 склоны южной экспозиции.

Экспозиция склонов особенно резко сказывается на накоплении запасов влаги; наименьшие на склонах юго-западной экспозиции.

Наибольшее содержание влаги в метровом слое почвы отмечено весной в горных светло-каштановых почвах - 254-354 мм, в горно-долинных - 226-248 мм, в равнинных - 162-192 мм (Г.Т.Турдыев, 1978).

При разработке режима орошения и техники полива сельскохозяйственных культур на склоновых землях необходимо учитывать их экспозицию. Так, Б.А.Айзенштат (1964) установил, что на южном склоне дневная сумма радиационного баланса в 3 раза, а суточная - в 7,5 раза больше, чем на северном. Дневная сумма ра-

диационного баланса на западном склоне несколько больше, чем на восточном, имеющем днем более высокую температуру.

З.П.Бекузарова (I979), исследуя температурный режим террасированных склонов Северной Осетии, установила влияние экспозиции на температуру почвы. На террасах, расположенных на южной экспозиции, температура почвы на I-3° выше, чем на террасах, расположенных на склонах северной экспозиции.

З.Б.Киндерис (I983) приводит данные о том, что в условиях холмистого рельефа Литовской ССР создается своеобразный микроклимат, особенности которого определяются сложным комплексом факторов: неодинаковый приток солнечной радиации на склоны различной экспозиции и крутизны, изменение режима ветра между отдельными формами рельефа, температурный режим почвенной поверхности, перераспределение осадков и изменение испаряемости на склонах различной экспозиции.

Разница в величине суммарного испарения почвенной влаги между отрицательными и положительными элементами рельефа и в зависимости от экспозиции склона по его данным составляет до 20-25 %.

Отличия температурного режима на склонах разной экспозиции отмечены также в работах Т.К.Обнинского (I97I), А.И.Коровина (I972), С.И.Керимханова (I973), К.Н.Кондратьева, З.И. Пивоварова, М.П.Федорова (I978) и др.

В.Д.Иванов и М.И.Лощирьев (I979) характеризуют различия в стокообразовании от естественных осадков на склонах разной экспозиции, которые оцениваются условными коэффициентами: для северной - 0,80, восточной - 0,90, южной - I,I8, западной - I,I2. Эти показатели необходимо учитывать при разработке режима орошения и противоэрозионных мероприятий.

В.С.Федотов (I974), исследуя ливневую эрозию почв в условиях Молдавии, выявил, что, если на равнине осадки принять за I00 %, то на северном склоне они составляют II9 %, на южном - 73,9 %, на восточном - 90,I % и на западном - I04,2 %. Следовательно, на южный склон попадает минимальное количество атмосферных осадков.

Экспозиция склонов влияет также на величину эрозии. М.Р. Якутилов (I963) приводит данные о том, что склоны южной экспозиции Файзабадского района Таджикской ССР на I0-20 дней раньше освобождаются от снега, чем северные склоны. Поэтому на южных склонах смыз почвы больше, чем на северных.

Х.М.Ахмадов, В.С.Коваленко (I984), изучая влияние экспозиции склона на смыв почвы на склонах крутизной 0,I5-0,20, установили, что на северном склоне смыв составил 53-67 т/га, на южном - I20-20I т/га, в 2-3 раза больше, чем на северном. Исследованиями, проведенными ими в совхозах Дангаринского района Таджикской ССР, установлено, что на склонах крутизной 0,I5 коэффициент стока от естественных дождей был равен 0,04-0,32, смыв не превышал 3,9 т/га.

Г.Т.Турдиев (I978) на основе семилетних наблюдений в Файзабадском районе Таджикской ССР установил, что в апреле на склонах глубина увлажнения составила I,5 м; средняя массовая влажность этого слоя составила на южном склоне 20 %, на восточном - 23 %, на северном 25 %. Приращение влаги на южном склоне составляет 3II мм, на северном - 2I8 мм. Как видно из этих данных, на южном склоне накопилось влаги на 93 мм меньше, чем на северном.

При проектировании оросительной сети важное значение имеют морфометрические характеристики склоновых земель. Для Гиссар-

ской природно-хозяйственной области Таджикской ССР С.А.Тарноруцкий (I982) приводит следующие данные: склоны длиной менее I25 м составляют - I8,7 %, I25-I50 м - 25 %, 250-500 м - 25,2 %, 500-I000 м - I9,7 % и более I000 м - II,4 % обследованной площади. Следовательно, в этой зоне длинные, средние и короткие склоны также как и разной экспозиции, распространены почти равномерно.

По форме склонов выпуклые составили 48 %, вогнутые - 25, прямые - I7 и комбинированные - I0 % обследованной площади.

Анализируя уклоны поверхности богарной пашни в хозяйствах Гиссарской долины на площади 42 тыс.га, он приводит следующие показатели по крутизне: склоны крутизной менее 0,03 - I %, 0,03 ÷ 0,08 - I9 %; 0,08 ÷ 0,I6 - 32 %; 0,I6 ÷ 0,32 - 38 % и более 0,32 - I0 %.

На площади 30 тыс.га установлено 54I5 отдельных контуров с площадью от I га до 200 га. Причем 55 % контуров были мелкими (I...30 га).

Аналогичные данные приводит Х.Негматов (I970). По его мнению мелкоконтурность вызывает снижение производительности тракторных агрегатов, из-за больших потерь времени на частые переезды.

С целью выявления ориентации склонов орошаемых земель Таджикской ССР, нами проводилась проработка картографического материала в М 1:750000. Результаты (рис.I.I) показывают, что из проанализированных I326 тыс.га площади существующего и перспективного орошения республики южную и юго-восточную ориентацию имеют 46,7 %, северную и северо-восточную - 3I,2, западную и северо-западную - 5,9, юго-западную - I2,7 и восточную - 3,5 % площади.

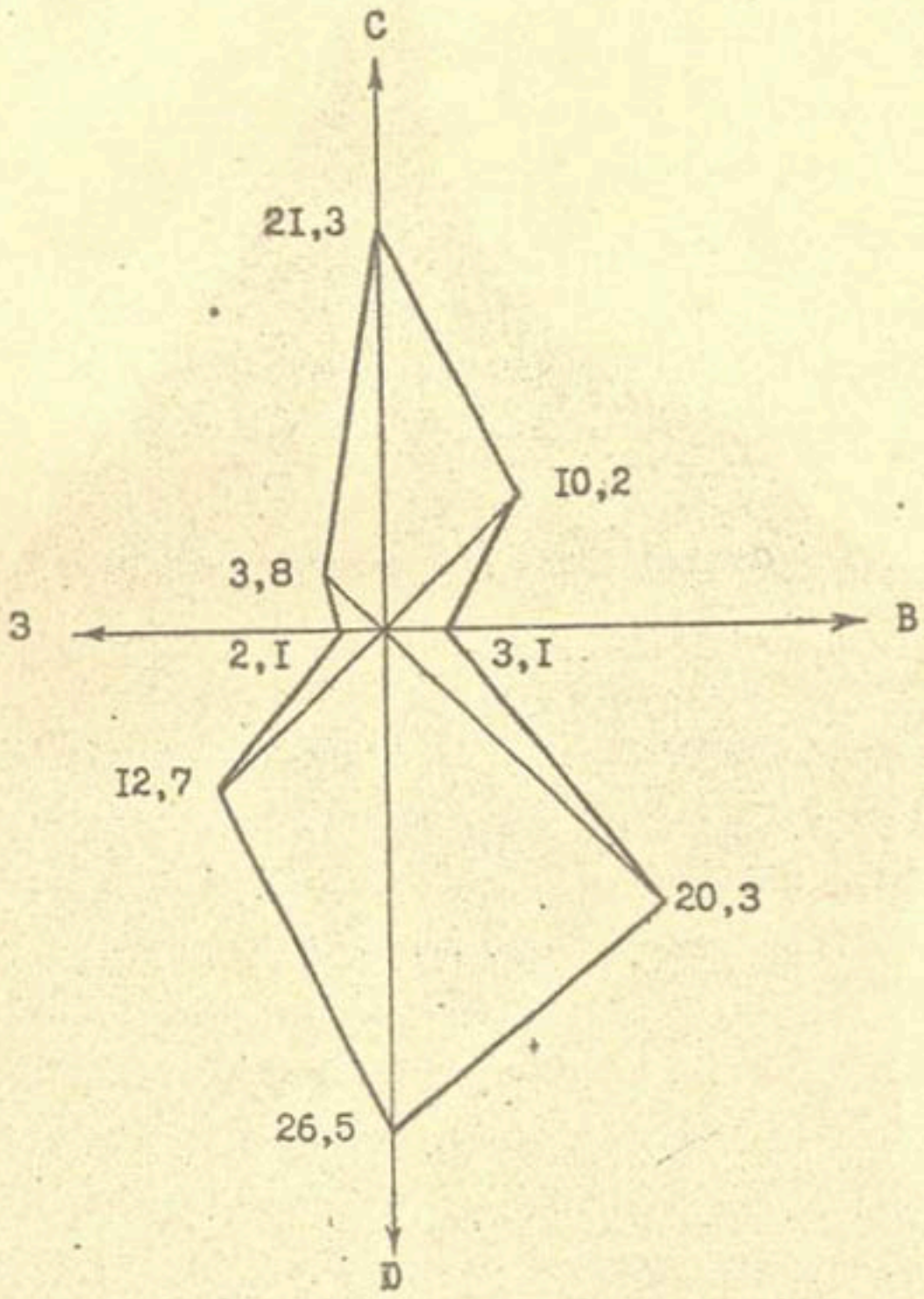


Рис. I.I. Диаграмма распределения площадей склоновых земель, существующего и перспективного орошения, в зависимости от экспозиции, в процентах (по Таджикской ССР).

Ориентация склонов влияет на накопление и расходование естественной влаги и оросительной воды, а также на урожайность сельскохозяйственных культур. Если на северных и северовосточных склонах еще можно вести экстенсивное богарное виноградарство, то на южных и юго-восточных склонах (почти половине всей территории) требуется обязательное орошение. Поэтому эти факторы необходимо учитывать при разработке режима орошения и программировании урожая сельскохозяйственных культур.

В республике с I965 по I983 гг. освоено свыше 200 тыс.га, которые в основном имеют уклоны более 0,0I0. Эти земли отличаются изрезанностью рельефа.

Для характеристики сложности рельефа склоновых земель на рис.I.2 приведены коэффициенты извилистости горизонталей ($К_{изв.гор}$ - отношение длины горизонталей к прямой, соединяющей ее концы), составляющие от I,05 до I,5. Первая цифра характерна для уклонов 0,0I - 0,02. С увеличением уклона склона коэффициент извилистости горизонталей увеличивается и при уклонах 0,30 - 0,40 достигает I,5, корреляционное отношение равно 0,82 . Здесь наблюдается сильная расчлененность рельефа, обусловливающая мелкоконтурность поливных участков. В условиях такого рельефа требуется проведение капитальной планировки и террасирование.

Анализ орошаемых площадей левобережной части Вахшской долины, которая считается наиболее благоприятной по рельефным условиям, показал, что здесь более 20 % земель имеют уклоны более 0,0I0, т.е. относятся к склоновым.

Крупными объектами перспективного орошения в Таджикистане является Дангаринская степь площадью 78 тыс.га и Шахристанская впадина площадью около I00 тыс. га. Эти земли, имеющие на 70 %

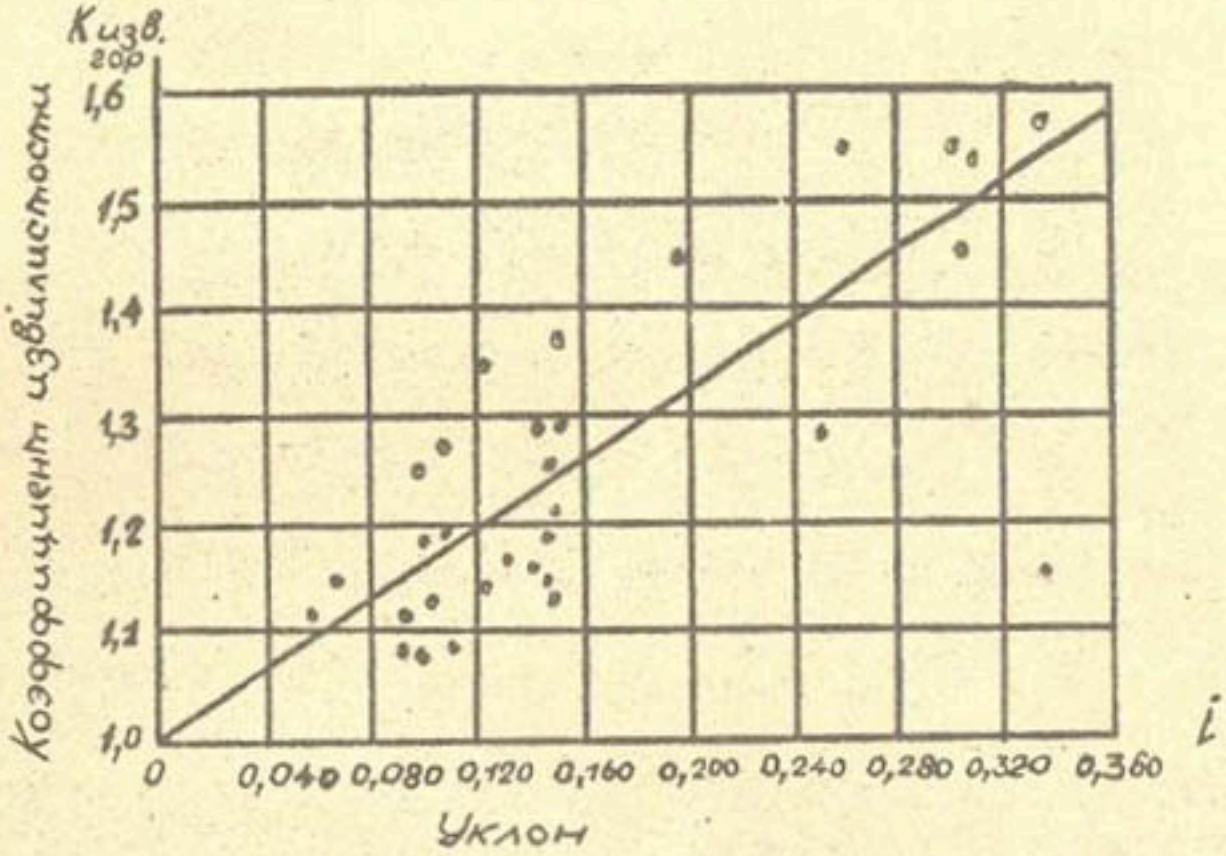


Рис. I.2. Зависимость коэффициента извилистости горизонталей от крутизны склона (Коэффициент корреляции = 0,82).

площади уклоны более 0,0I0 эрозионно опасны, особенно при орошении.

По литературным данным "Критическая крутизна склона, при которой начинается интенсивный размыв, определяется зональными и местными условиями и особенно поверхностным стоком, который в свою очередь зависит от количества и интенсивности естественных дождей"[I].

М.Р.Якутилов (I974) на основе многолетних исследований эрозии почвы на склоновых землях Таджикской ССР отмечает, что "... если на склонах до 5° (0,08) в основном встречаются несмытые и частично - слабо смытые почвы, то на склонах $5-I0^{\circ}$ (0,08-0,I6) встречаются слабо- и среднесмытые, на более крутых - сильно смытые и весьма сильносмытые почвы".

М.Н.Заславский (I979), обобщая многочисленные опытные данные о влиянии крутизны склона на эрозию в условиях различных стран мира, отмечает, что удвоение крутизны склона увеличивает смыв почвы от I,3 до 3,8 раза, в отдельных случаях - 7,2-I0,3 раза. Он называет "порогом эрозии, иногда уклоны $I-2^{\circ}$. Иногда эрозия не проявляется на склонах крутизной $5-I0^{\circ}$".

Обобщенные данные М.Дощанова и Д.Г.Муратова по Узбекской ССР приведены в работе П.М.Карпова и др. (I976), в которой выявлена пропорциональная зависимость между ростом смыва почвы с одной стороны и уклоном и суммой осадков, с другой.

Недостаток этих данных состоит в том, что исследователи не указали среднюю интенсивность дождя.

Для расчета смыва почвы со склонов различной крутизны с учетом интенсивности дождя А.М.Бурыкин и А.Ф.Сулема (I973) дают эмпирическую зависимость:

I Плюснин И.И., Голованов А.И. Мелиоративное почвоведение. - М.: Колос, I983. - С.290.

$$C = \beta \cdot \alpha_c^{1,13} \cdot q^{1,8} \cdot t^{0,8}, \ кг/м^2 \qquad (I.I)$$

где C – смыв почвы, кг/м^2;

α_c – крутизна склона в градусах;

q – интенсивность дождя, мм/мин;

β – поправочный коэффициент, равный $I,28 \cdot I0^{-3}$;

t – продолжительность дождя, мин.

С использованием этой зависимости, нами рассчитан возможный смыв почвы для склона крутизной до 0,20 при разной интенсивности дождя. Расчеты показали, что при наблюдаемой интенсивности естественного дождя в условиях Таджикской ССР 0,5–I,0 мм/мин и продолжительностью I5–20 мин на распаханной почве при крутизне склона 0,20 смыв почвы не превышает I т/га.

Этот вывод подтверждается нашими многолетними наблюдениями, проведенными в условиях Гиссарской долины Таджикской ССР. Х.М. Ахмадов, В.С.Коваленко (I984), анализируя результаты многолетних исследований по водной эрозии почв на территории Таджикской ССР, в качестве профилактических мероприятий рекомендуют правильную организацию и использование горных территорий, сохранение растительности, возделывание пропашных культур – на пологих склонах, однолетних культур на склонах не круче I0–I2°, многолетних трав, садов и виноградников на более крутых склонах. Эти предложения принимались нами за основу разработки технологии и техники полива сельскохозяйственных культур на склоновых землях.

На основании анализа опыта освоения склоновых земель можно сделать вывод, что при крутизне до 0,20 возможно проводить посев, культивацию и нарезку поливных борозд вдоль склона с учетом разработки соответствующей противоэрозионной технологии

полива.

Для Таджикистана, как горной страны, характерна вертикальная поясность по теплообеспеченности. Здесь количество атмосферных осадков изменяется как по вертикали, так и в плане более чем в 10 раз.

Среднегодовое количество атмосферных осадков изменяется в пределах 200-1010 мм, в основном они выпадают в осенне-весенний период. В течение 3-4 месяцев летнего периода в большинстве районов осадков не наблюдается.

Склоновые земли республики расположены, в основном, в предгорно-адырной и низкогорно-адырной территории. В зависимости от высотного расположения и обеспеченности атмосферными осадками они сложены серобурыми каменистыми, светлыми обыкновенными и темными сероземами, коричневыми карбонатными и коричневыми типичными почвами (см. табл. I.3).

По данным В.Я.Кутеминского (1960), "...в вертикальном профиле склоновых земель Таджикской ССР почвы в основном представлены следующими типами: светлые и обыкновенные сероземы слагают склоны холмов, окружающих долины с абсолютной отметкой 300-500 м над уровнем моря; темные и обыкновенные сероземы слагают полосу предгорий, с отметками 600-1900 м; коричневые карбонатные почвы - нижнюю часть горной зоны с отметкой 660-1400 м, дерново-буроземные, типичные коричневые почвы - среднегорную лесную зону с абсолютными отметками 700-2600 м над уровнем моря".

По данным Таджикского НИИ почвсведения, проектных институтов "Таджикгипрозем", "Таджикгипроводхоз" и других научно-производственных организаций республики, а также собственных исследований, почвы орошаемых земель Таджикистана по водопроницае-

мости можно условно объединить в три группы (см. рис. I,3).

К первой группе отнесены серобурые каменистые почвы, которые составляют I4,6 % орошаемой площади. Они имеют самую высокую скорость впитывания воды: за первый час - I4,4 см/ч, а установившаяся через 5-6 часов - 3,0 см/ч.

Ко второй группе отнесены темные сероземы, составляющие I4,3 % орошаемой площади и имеющие скорость впитывания за первый час - 4,0 - 3,6 см/ч, а установившуюся - 0,6 см/ч.

К третьей группе отнесены коричнево-карбонатные и сероземы обыкновенные светлые, типичные, которые занимают более 70 % площади и имеют скорости впитывания за первый час 2,0 - I,2 см/ч, а установившуюся - 0,3 см/ч.

По механическому составу более 83 процентов обследованных почв относятся к среднесуглинистым.

По Н.Т.Лактаеву (1978) к слабоводопроницаемым относятся почвы, имеющие скорость впитывания в конце первого часа 0,054 см/ч, к средневодопроницаемым - 5,4 - I5,0 м/ч; к сильноводопроницаемым - более I5,0 м/ч.

Г.Ю.Шейнкин (1970) дает характеристику почвенно-рельефных условий орошаемых земель Таджикской ССР по природно-хозяйственным зонам: скорость впитывания воды за первый час составляет 7,3 - 2,7 см/ч, а установившаяся 3,3 - I,8 см/ч.

Почвы склоновых земель существующего и перспективного орошения республики можно отнести к сильно- и средневодопроницаемым. Эти показатели необходимо учесть при выборе способов орошения и параметров элементов техники полива.

Наименьшая влагоемкость почвы (НВ) метрового слоя в зависимости от гранулометрического состава (содержания физической

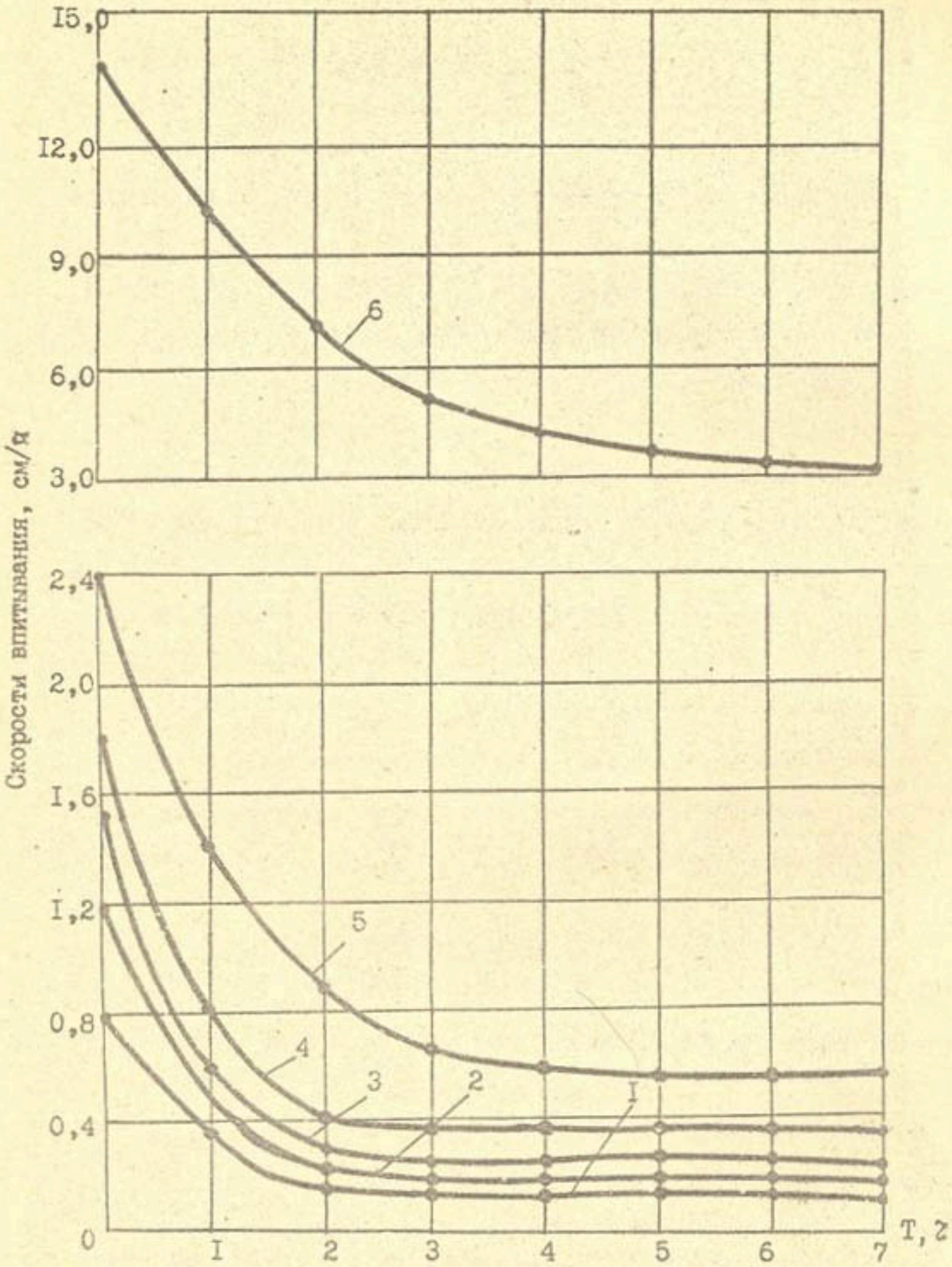


Рис. I.3 Скорости впитывания воды на различных типах почв Таджикской ССР. I - коричневые карбонатные; 2 - обыкновенные сероземы; 3 - светлые сероземы; 4 - темные сероземы; 5 - типичные сероземы; 6 - серобурые каменистые.

глины) и степени гумусности для основных почв склоновых земель Таджикской ССР вычислена по эмпирической формуле (Х.Д.Домуллоджанов, 1983) при глубоком (более 3 м) залегании уровня грунтовых вод по формуле:

$$НВ = 33X + 1770, \ м^3/га \qquad (I.2)$$

где X – содержание физической глины (частиц менее 0,01 мм), %.

Расчетные значения поливной нормы устанавливались из условия допустимой предполивной влажности 65–70 % НВ.

Результаты расчетов (табл.I.5) показывают, что поливные нормы составляют от 350 до 1100 $м^3$/га.

Таблица I.5.

Наименьшая влагоемкость (НВ) и расчетные поливные нормы для основных типов почв Таджикской ССР

Почвы	Содержание физической глины X, %	Наименьшая влагоемкость НВ, $м^3$/га	Расчетные значения поливных норм, $м^3$/га
Светлые сероземы	35	2930	880
Обыкновенные сероземы	37	2990	900
Темные сероземы	45	3260	980
Коричнево-карбонатные	55	3650	1100
Серобурые каменистые	в зависимости от степени каменистости	до 1700	350–650

Геология и гидрогеология. На склоновых землях Таджикистана следует отметить две характерные гидрогеологические особенности: на севере республики Большой Алтский и Самгаро-Мирзарават-

ский массивы имеют мощность щебенистого слоя 30–60 м.

Склоновые земли северных районов республики в основном сложены комплексом аллювиально-делювиально-пролювиальных пород, характеризующихся пестротой литологического состава (рис.I.4). Глины и суглинки переслаиваются здесь песками и супесями и сменяются гравийно-галечниковыми отложениями. Мощность рыхлообломочных отложений достигает 500 м и более; ниже их залегает двухкилометровая толща кайнозойских отложений.

Склоновые земли центрального и юго-западного Таджикистана отличаются тем, что они сложены мощной толщей (от I0 до I00 м) лессовидных суглинков. Грунтовые воды расположены на глубине более I0 м и не участвуют в почвенных процессах. Почвы слабозасоленные в южных и северных районах и незасоленные в зонах с суммой атмосферных осадков более 500 мм.

В Таджикистане широко распространены лессовидные породы, увлажнение которых сопровождается уменьшением их прочности и возникновением просадочных деформаций (Атлас, 1968). Наиболее часто лессовые породы встречаются на юго-западе республики, где они занимают около половины площади.

Почвогрунты склоновых земель Гиссарской природно-хозяйственной зоны при замачивании под собственным весом имеют просадку менее 50 см. Явано-Обикиикская и Дангаринская долины – от 5 до 50 см. В Гармской группе районов распространены слабопросадочные и непросадочные почвы и грунты. Возможная величина просадки не более 5–20 см.

В Ленинабадской зоне склоновые земли также сложены слабопросадочными и непросадочными почвогрунтами.

Приведенные материалы показывают, что склоновые земли республики имеют разнообразные геологические и гидрогеологиче-

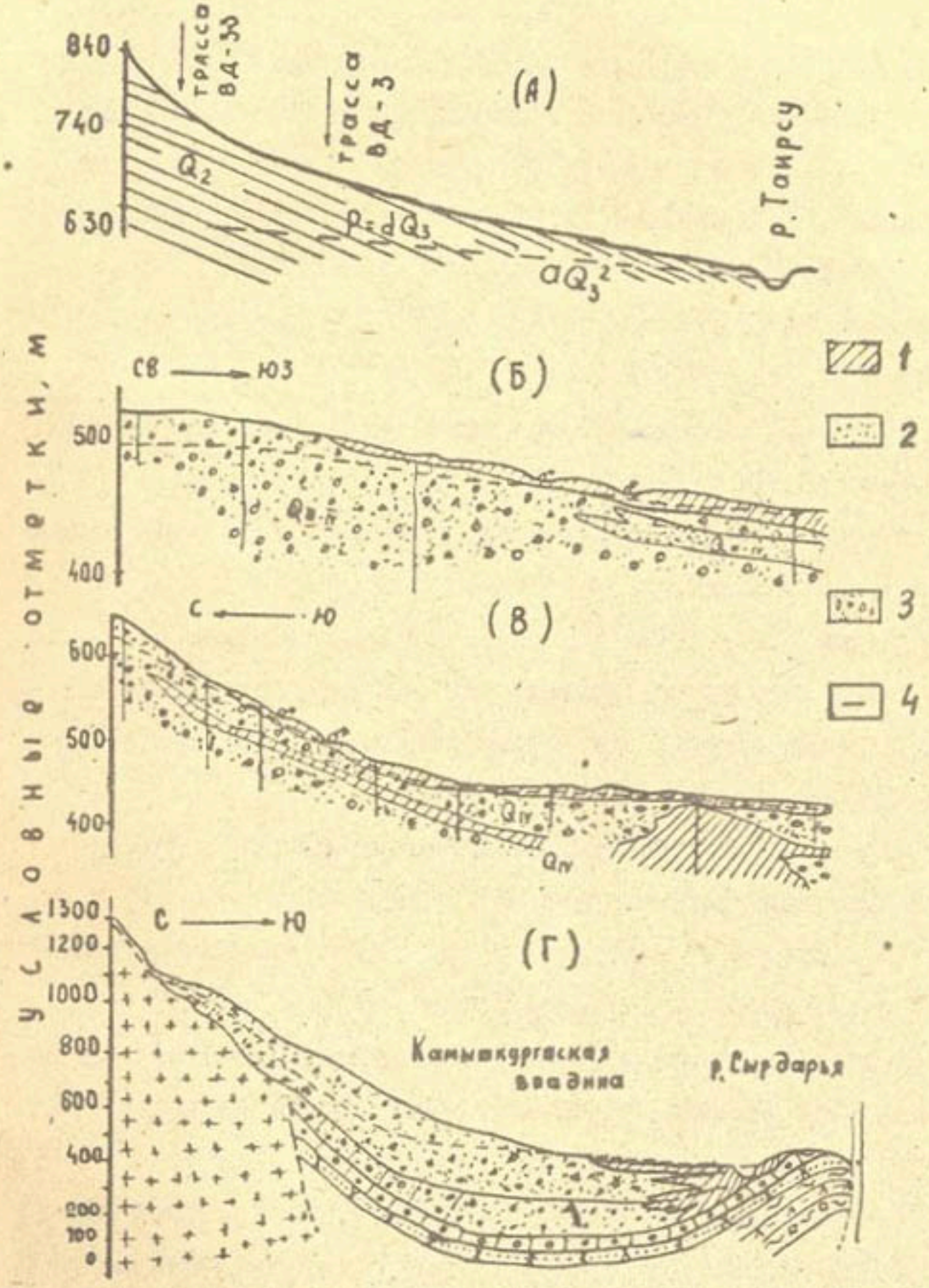


Рис. I.4. Схематические гидрогеологические разрезы: А - Дангаринский массив; Б - Пянджский конус выноса; В - долина р.Яхсу; Г - Большой Алтский массив: I - суглинок; 2 - песок; 3 - мелкий галечник; 4 - уровень грунтовых вод.

ские условия, которые необходимо учитывать при классификации и освоении их под орошаемое земледелие.

Классификация склоновых земель. Для выбора способов освоения и разработки технологии орошения требуется классифицировать склоновые земли по способам освоения. Такой классификацией занимались Н.Т.Лактаев (1978), В.А.Сурин (1978), М.Н.Фисун (1982), Х.А.Хачатрян (1975) и др.

По комплексу показателей М.Н.Фисун выделяет четыре основные категории склоновых земель:

- сухие склоны с достаточно мощным почвенным покровом и слоем почвообразующих пород;

- склоны, обеспеченные влагой, покрытые достаточно мощным слоем почвообразующих пород;

- склоны, не имеющие сплошного почвенного покрова большой мощности; на поверхность местами или сплошь выходят горные почвообразующие породы; для сельскохозяйственного использования эти склоны считаются непригодными;

- склоны с различной мощностью почвообразующих пород, подстилаемые водоупорными глинами, подверженные оползням и обвалам, которые без дополнительных мероприятий по их закреплению для террасирования непригодны.

Однако, при таком подходе не учитывается длина склона и расчлененность рельефа, а эти показатели влияют на параметры элементов техники полива.

Склоновые земли Таджикской, Узбекской и Киргизской ССР в большинстве случаев относятся к холмистым грядам. Отличаются они сравнительно малыми высотными отметками над уровнем моря (300-1200 м). В большинстве случаев сложены из мелкоземистых фракций мощностью 20-60 м (легкие и средние суглинки), которые

подстилаются отложениями аллювия, осадочных и реже изверженных пород.

В.А.Сурин (1978), дополняя М.Н.Фисуна, классифицирует орошаемые земли в зависимости от степени расчлененности рельефа (табл.I.6).

Таблица I.6.

Классификация рельефа по степени расчлененности (В.А.Сурин, 1978)

Степень расчлененности рельефа	Площадь не расчлененных участков	Длина склона, м	Отличительные признаки для обоснования классификации
Очень сложный	I–8	50–200	Площадь меньше площади бригады
Сложный	8–40	200–300	–"–
Средней сложности	40–300	500–2000	равна –"–
Спокойный	более 300	более 2000	больше –"–

Исходя из классификации В.А.Сурина и М.Н.Фисуна, нами предложены методы освоения склоновых земель применительно к почвенно-рельефным условиям Таджикской ССР (табл.I.7).

Склоны крутизной до 0,20 (при отсутствии эрозии от естественных осадков) рекомендуется орошать по направлению наибольшего уклона без строительства террас. При крутизне склона 0,20–0,40 предлагается террасирование.

На основе анализа отдельных показателей в табл. I.8 приведено сравнение освоения склоновых и равнинных земель в Таджикской ССР.

Исследованиям террасирования склоновых земель посвящены работы Б.В.Микеладзе, Ч.Г.Мурванидзе (1981), К.С.Рагимова

Таблица I.7.

Классификация склоновых земель Таджикской ССР в зависимости от почв, крутизны, расчлененности поверхности и рекомендуемых способов освоения

Категории склоновых земель	Устанавливаемая скорость впитыв., см/ч	Площадь, тыс.га	Рекомендуемые культуры	Способ освоения
Склоны крутизной 0,01–0,10, слаборасчлененные с мягкими изменениями экспозиций (сероземы, серобурые каменистые, щебенистые)	3,0	246,1	виноград и плодовые	Без террас: посадка вдоль склона
Склоны крутизной 0,050–0,10, слаборасчлененные с мягкими изменениями экспозиций при длине линии стока более 50 м (почвы разного типа с мощным слоем суглинка)	0,6–0,3	536,6	хлопчатник и другие пропашные культуры	Посев вдоль склона
То же, но крутизной 0,10–0,20	3,0 0,6–0,3	8,0 292,0	виноград и плодовые	Без террас: посадка вдоль склона
Склоны крутизной 0,20–0,40, слабо- и сильнорасчлененные с незначительными и плавными изменениями экспозиции почвы разного типа	3,0 0,6–0,3	123,0 81,0	виноград и плодовые	Террасирование с продольным уклоном террас 0,01–0,05
Склоны крутизной 0,20–0,40, короткие, сильнорасчлененные с частыми изменениями экспозиции, как каменистые, так и мелкоземистые почвы разного типа	0,6–0,3	40,0	многолетние травы и плодовые	Без террас, долдевание с применением КОЦ; контурные посев и посадка
Итого:		1326,7		

Таблица I.8.

Сравнительные показатели орошения равнинных и склоновых земель

Показатели	Равнинные земли	Склоновые земли
Содержание гумуса, %	2,0-2,5	0,5-1,0
Скорость впитывания за I-й час, см/ч	I4,0-0,3	I4,0-0,3
Наименьшая влагоемкость, $м^3$/га	2500-4000	I000-3000
Эрозия почвы, т/га	-	50-200
Уклоны	0,00-0,0I	0,0I-0,40
Рельеф	ровный	сложный
Возделываемые культуры	все	травы, зерновые, плодовые и виноградники
Механизация	полная	частичная
Способы и техника полива	все	дождевание с низкой интенсивностью дождя, капельное (бороздковый с применением катков и орудий)
Оросительная и водосборная сеть	редкая	частая
Планировочные работы, $м^3$/га	легкая планировка объемом 200-300	большой объем планировочных работ (2000-3000)
Просадочность, см	-	0,0-50
Капиталовложения, руб/га	4000-5000	6000-I4000

(1981), Х.А.Хачатряна (1975), М.Н.Фисуна (1982) и др. Однако данные по применению орошения на террасированных склонах практически отсутствуют.

В настоящее время только в пределах Таджикской ССР террасировано более 7 тыс. га земель. В большинстве случаев строительство террас ведется некачественно. Не уделяется должного внимания выбору рациональной схемы оросительной сети, хотя известно, что в условиях Средней Азии орошение может способствовать получению высоких урожаев плодов и винограда на террасах.

Исследование состояния построенных террас показало, что они нарезаются без продольного уклона полотна, что затрудняет организацию поливов. Здесь производится большой объем земляных работ, а террасы имеют большую насыпную часть, что приводит к скоплению воды и неравномерным просадочным явлениям.

Для условий Таджикской ССР наиболее приемлемы ступенчатые террасы, имеющие ширину полотна 5-6 м с однорядной или двухрядной посадкой. Поливы проводят по двум бороздам, нарезаемым на расстоянии 0,5-0,7 м от рядка растений.

Размеры поливных струй, в зависимости от водопроницаемости почвы, уклона и рекомендуемой длины 100-150 м колеблятся в пределах 0,1-0,5 л/с.

По данным многочисленных исследований, проведенных в разных республиках на орошаемых террасах, рекомендуются продольные уклоны до 0,01.

Нашими исследованиями, проведенными в условиях Таджикской ССР, доказано, что для качественного проведения полива целесообразно террасам придавать продольные уклоны 0,01-0,05. При назначении продольного уклона орошаемых террас нами принима-

лись во внимание возможные просадки от скопления поливной воды и разрушение насыпной части. С увеличением продольного уклона террас объем срезки уменьшается. Снижение объема срезки грунта на I м длины террасы можно вычислить как

$$\Delta W = \frac{B_т}{2}\left[tg\,\alpha_c - tg\,(\alpha_c - \alpha_т)\right], \qquad (I.3)$$

где ΔW – снижение объема срезки, $м^3$ на I м длины полотна;

α_c – крутизна склона, градус;

$B_т$ – ширина террасы, м;

$\alpha_т$ – продольный уклон террасы, градус.

Объем земляных работ, который зависит от уклона склона и продольного уклона террас, снижается по сравнению с безуклонными террасами на 10–30 %. Кроме того, упрощается технология строительства и полива террас, повышается коэффициент земельного использования, не происходит скопление воды от естественных осадков на полотне и не разрушаются террасы.

Основной недостаток террас с большим продольным уклоном – возможный смыв почвы при ливневых дождях.

Расчеты и наблюдения показали, что для предельно рекомендуемых уклонов террас 0,05 при интенсивности дождя I мм/мин смыв почвы практически отсутствует.

На основе классификации склоновых земель выбирались опытно-производственные участки в различных зонах республики. Для обоснования типичности выбранных опытных участков использованы вероятностные оценки (табл.I.9). По основным почвенно-рельефным условиям типичность опытных участков составляет 0,90–0,97.

Таблица I.9.

Характеристика типичности участков по основным показателям

Статистические показатели	Уклон склона	Устанавливающаяся скорость впитывания, м/сут	Плотность почвы, т/м³		Средняя длина склона, м	Коэффициент извилистости горизонталей	Типичность по зоне
			в слое 0...50 см	в слое 50... 100 см			
I	2	3	4	5	6	7	8
Северный Таджикистан							
Опытный участок в колхозе им.Саттарова Наукского района							
Среднее значение	0,I2	0,28	I,34	I,43	I0I8	I,I4	
Количество измерений	2I	I3	I0	I0	20	I5	
Среднее квадратичное отклонение	0,038	0,046	0,I0	0,028	2I0	0,I02	
Эталонный диапазон	0,006... 0,234	0,0142.. 0,42	I,04... I,64	I,34... I,5I	388... I648	I... I,44	
Вероятность совпадения	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,9I	0,97

Продолжение табл.I.9.

I	2	3	4	5	6	7	8
Центральный Таджикистан							
Опытный участок в колхозе "Ленинград" Гиссарского района							
Среднее значение	0,II7	0,74	I,34	I,26	I70	I,I2	
Количество измерений	I7	I5	9	7	I3	24	
Среднее квадратичное отклонение	0,05	0,22	0,II	0,07	55,6	0,09	
Эталонный диапазон	0... 0,26	0,06... I,4I	I... I,68	I,04... I,47	32... 337	I... I,4	
Вероятность совпадения	I,0	I,0	0,98	0,99	0,9I	0,96	
Колхоз им.Жданова Гиссарского района							
Среднее значение	0,II	0,68	I,3I	I,3I	I63	I,I7	
Количество измерений	I7	I5	9	9	I8	20	
Среднее квадратичное отклонение	0,06	0,25	0,0I	0,0I	97	0,I	
Вероятность совпадения	0,98	0,99	I,0	I,0	0,96	0,9	0,88
Колхоз "Коммунизм" Орджоникидзеабадского района							
Среднее значение	0,II	0,86	I,24	I,22	I,53	I,47	
Количество измерений	I5	I0	I8	20	27	23	
Среднее квадратичное отклонение	0,04	0,I9	0,02	0,0I	76	0,52	
Вероятность совпадения	I,0	0,99	I,0	I,0	0,96	0,3I	0,96

Продолжение табл.I.9.

I	2	3	4	5	6	7	8
	Совхоз "Чормагзак" Орджоникидзеабадского района						
Среднее значение	0,178	0,35	I,28	I,35	I25	I,I5	
Количество измерений	25	II	I8	22	25	25	
Среднее квадратичное отклонение	0,06	0,25	0,I0	0,05	50	0,5	
Вероятность совпадения	0,90	I,0	0,99	I,0	I,0	0,3	0,90
	Совхоз им.Дзержинского Гиссарского района						
Среднее значение	0,I3	0,97	I,23	I,25	I60	I,I5	
Количество измерений	20	20	24	24	20	20	
Среднее квадратичное отклонение	0,06	0,3	0,03	0,04	80	0,II	
Вероятность совпадения	0,97	0,97	I,0	I,0	0,96	0,90	0,96
	Колхоз "Россия" Ленинского района						
Среднее значение	0,32	0,65	I,38	I,42	I73	I,II	
Количество измерений	8	I3	I2	I5	8	8	
Среднее квадратичное отклонение	0,07	0,I	0,4	0,2	39	0,05	
Вероятность совпадения	0,8	I,0	0,6	0,8	I,0	0,98	0,78
	Южный Таджикистан						
	Опытный участок в совхозе № 4 Яванского района						
Среднее значение	0,II2	0,6	I,4	I,45	338	I,26	
Количество измерений	I3	I7	20	20	I3	I3	
Среднее квадратичное отклонение	0,02	0,I	0,05	0,08	II0	0,08	
Эталонный диапазон	0,052... 0,I72	0,3... 0,9	I,25... I,55	I,2I... I,69	8... 668	I,02... I,5	
Вероятность совпадения	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	

Продолжение табл.I.9.

I	2	3	4	5	6	7	8
			Ховалинг				
Среднее значение	0,202	0,56	I,34	I,38	330	I,66	
Количество измерений	I7	I8	I5	I8	I6	I7	
Среднее квадратичное отклонение	0,07	0,07	0,3	0,I5	253	0,09	
Вероятность совпадения	0,82	0,99	0,88	0,83	0,8	0,67	
			Яванский район, участок № 2				
Среднее значение	0,I3	0,8	I,35	I,4I	76	I,24	
Количество измерений	25	2I	2I	2I	25	25	
Среднее квадратичное отклонение	0,05	0,06	0,08	0,2	22	0,29	
Вероятность совпадения	0,74	0,95	0,88	0,76	0,99	0,6	0,68
			Плодопитомник "Субтропики" Куйбышевского района				
Среднее значение	0,23	0,6	I,36	I,4I	I,4I	I,I7	
Количество измерений	3I	24	20	2I	3I	3I	
Среднее квадратичное отклонение	0,09	0,03	0,08	0,I	74	0,I2	
Вероятность совпадения	0,7I	I,0	0,86	0,97	0,9I	0,89	0,70

I.2. Существующая технология орошения склоновых земель

I.2.I. Особенности режима орошения хлопчатника и виноградника

Исследованием поливных режимов сельскохозяйственных культур в условиях Таджикистана на равнинных землях без учета крутизны и ориентации склона, занимались Г.Ахмедов (1982), Ф.Н. Бончковский (1961), Х.Д.Домуллоджанов (1983), А.Н.Джалилов (1986), А.В.Николаев (1956), Е.В.Чаповская (1969) и др. Поэтому их данные нельзя перенести для склоновых земель.

Фундаментальные исследования по поливному режиму орошения хлопкового севооборота в республике проведены Х.Д.Домуллоджановым (1983). Им проведено районирование режимов орошения сельскохозяйственных культур по территории Таджикской ССР, согласно которому, в соответствии с почвенно-климатическими и гидрогеологическими условиями, районы республики сгруппированы в десять агроклиматических зон. Но при гидромодульном районировании Х.Д.Домуллоджановым не учтены особенности теплового режима склоновых земель, а также их экспозиция. В нем отсутствуют режимы орошения виноградников и садов. Для склоновых земель существующего и перспективного орошения республики в основном характерны автоморфные почвы с отметками выше существующих орошаемых земель во всех зонах. Они также различаются по почвенно-гидрогеологическим условиям, что существенно влияет на расчетные режимы орошения сельскохозяйственных культур, и поэтому требуют проведения дополнительных исследований.

При расчете поливного режима нами использовано уравнение водного баланса поверхностных и почвенных вод А.Н.Костякова (рис.I.5). Для участка склона, ограниченного вертикальными створами I-I и П-П оно имеет вид:

$$\Delta W = W_н - W_к = O_с + O_р - E_о \pm q - \bar{c}, \text{ мм} \quad (I.4)$$

где ΔW – изменение влагозапасов в метровом слое почвы за расчетный период;

$W_н, W_к$ – начальные и конечные влагозапасы;

$O_р$ – оросительная норма;

$E_о$ – суммарное водопотребление;

$\pm q$ – влагообмен с нижележащими слоями;

$O_о$ – атмосферные осадки;

$\bar{c}$ – поверхностный сброс;

$q_{вп}$ – объем впитавшейся воды.

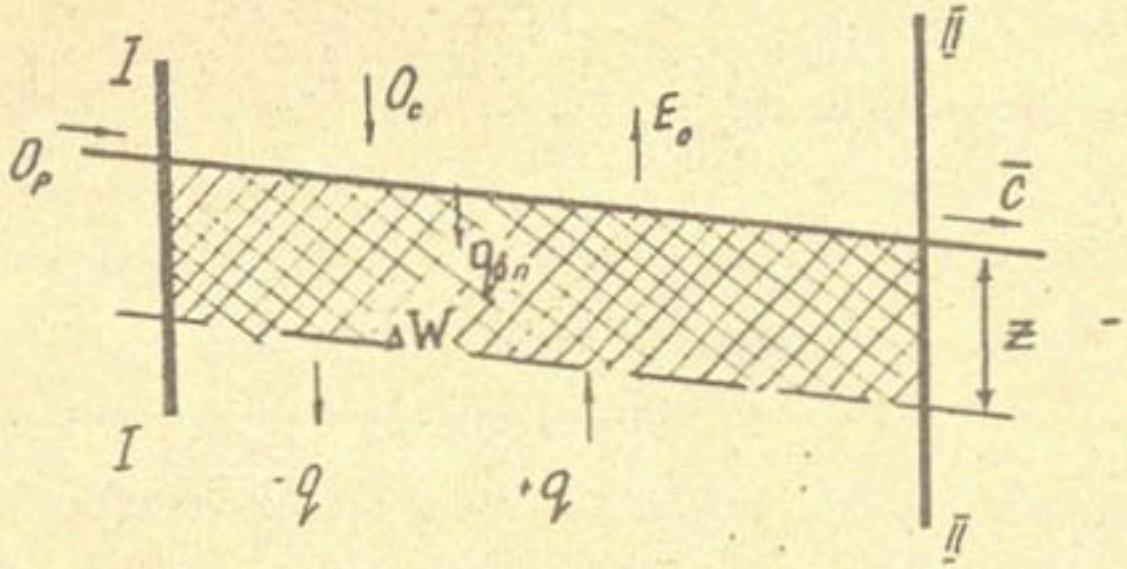


Рис.I.5. Схема формирования водного баланса на склоновых землях

Величина q для почвенных условий опытных участков составляет 10-12 % от оросительной нормы (Ю.Н.Никольский,1969,1970).

Рекогносцировочные исследования по режиму орошения хлопчатника в условиях склоновых земель с уклонами более 0,20 в Гиссарской долине (табл. I.10) проводились нами совместно с сотрудником Таджикского института земледелия Х.Д.Домуллодхановым (1981).

Таблица I.IO

Расход воды и урожая хлопка-сырца в условиях склоновых и равнинных земель Гиссарской долины (среднее за 1979-80 гг.)

Элементы учета	Единица измерения	Участки	
		склоновые	равнинные
Использование хлопчатником влаги из запаса почвы	$м^3$/га	580	I0I0
	%	8,I	I6,9
Атмосферные осадки вегетационного периода	$м^3$/га	650	650
	%	9,I5	I0,8
Оросительная норма, нетто	$м^3$/га	5880	4340
Суммарное водопотребление	$м^3$/га	7II0	6000
	%	I00	I00
Урожай хлопка-сырца	т/га	3,8	4,I
Коэффициент водопотребления	$м^3$/т	I870	I470

Из таблицы видно, что на склоновых землях естественные запасы влаги в почве, используемые хлопчатником за весь вегетационный период, в I,9 раза меньше, чем на равнине, а оросительная норма повышается на I540 $м^3$/га, так как наклонные поверхности испаряют больше влаги. В связи с этим на склонах поливы следует начинать на две-три недели раньше с учетом экспозиции и увеличивать количество их на I-2 по сравнению с поливами на равнинных землях. Для расчета оросительной нормы нами введен поправочный коэффициент K_c, учитывающий орографические условия местности и характеризующий отношения величины водопотребления сельскохозяйственных культур на склоновых землях и на равнинных участках. Его значение по предварительным данным для склона южной ориентации равно I,2, северной - 0,9, восточной и

западной - I,I. В табл. I.II приведены оросительные нормы для хлопчатника на равнинных и склоновых землях.

Таблица I.II

Оросительные нормы хлопчатника для равнинных и склоновых земель Таджикской ССР (при K_c = I,2) $м^3/га$

Области, районы	Для равнинных земель O_p	Для склоновых земель $O'_p = O_p \cdot K_c$
Хатлонская область (Шаартузский, Кабодиенский, Кумсангирский районы)	I0700	II200
Остальные районы Хатлонской области	8470	I0I00
Хатлонская область (кроме Пархарского, Московского и Ленинградского районов)	7I50	8600
Гиссарская долина (кроме Файзабадского района)	6000	7II0
Ленинабадская область (Матчинский, Науский, Пролетарский районы)	5900	7080
Ленинабадская область (остальные районы)	7500	9000

В условиях Таджикской ССР сады и виноградники повсеместно размещены на склоновых землях, так как долинные земли наиболее благоприятны для возделывания хлопчатника и других пропашных культур.

Режим орошения многолетних культур, в частности винограда, в условиях Таджикской ССР при разных способах полива изучался на каменистых почвах Самгарского массива Ленинабадской области (Н.К.Нурматов, I976), на склоновых землях

совхоза № 4 Яванского района и в промышленно-аграрном объединении "Шахринау" Гиссарского района (Р.Курбанов и Н.К.Нурматов, 1983), на каменистых почвах Ходжа-Бакирганского массива (И.П.Шерварли, 1968), при подпочвенном поливе в колхозе "Победа" Ленинского района (Х.П.Пиров, 1983).

В соответствии с постановлением Центрального Комитета Компартии Таджикистана и Совета Министров Таджикской ССР от 27 мая 1987 г. определены перспективные зоны виноградарства в республике. Принимая во внимание это постановление, используя гидромодульное районирование Х.Д.Домуллоджанова и обобщая результаты наших многолетних исследований, рекомендуются следующие поливные режимы виноградника для склоновых земель Таджикской ССР (табл.I.I2).

На серобурых каменистых почвах Ленинабадской зоны необходимо проводить 8-I2 поливов нормой 500-700 $м^3$/га с межполивным периодом от I0-I2 до 25 дней; в Гиссарской природно-хозяйственной зоне - 4-5 поливов нормой 900-I000 $м^3$/га с межполивным периодом 20-30 дней; в Кулябской зоне - 6 поливов нормой 900-I000 $м^3$/га с межполивным периодом 20-25 дней; для склоновых земель Вахшской долины 6-7 поливов нормой 800-I000 $м^3$/га с межполивным периодом 20-25 дней; в Гармской зоне и Файзабадском районе - 3-4 полива нормой I000 $м^3$/га с межполивным периодом 30-35 дней.

Учитывая различный тепловой режим склоновых земель и их экспозицию, необходимо дифференцировать поливные режимы сельскохозяйственных культур.

Таблица I.I2

Рекомендуемые поливные режимы виноградников для склоновых земель по природно-хозяйственным зонам Таджикской ССР (Н.К.Нурматов, Р.К.Курбанов, 1982 г.)

Природно-хозяйственные зоны	Период вегетации			Дата проведения первого полива	Суммарное водопотребление, $м^3/га$	Оросительная норма, $м^3/га$	Поливная норма, $м^3/га$	Число поливов	Объекты и годы исследований
	начало	конец	продолжительность, сут.						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Хатлонская область (Шаартузский, Кумсангирский, Джиликульский районы)	30.03	22.I0	206	20.05	7400	6700	800-I000	7	Совхоз № 4 Яванского района, I978-82 гг.
Хатлонская область (Коммунистический, Куйбышевский, Ильичевский, Яванский районы)	25.03	2.I0	I90	24.05	7200	6000	I000	6	-"-
Ленинабадская область (Канибадамский, Ходжентский, Аштский, Исфаринский районы)	3.04	I0.I0	I90	30.04	6650	6450	500-700	8-I2	Совхоз "Самгар" Ходжентского района, I963-72 гг.

Продолжение табл. I.I2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
Хатлонская область (Московский, Дангаринский, Советский, Восейский районы)	20.03	2.IO	I96	30.05	6800	6000	I000	6	
Хатлонская область (Дархарский, Куляб-ский, Ленинградский районы)	22.03	2.IO	I94	24.05	7000	4000-6000	I000	4-6	
Гиссарская зона (Гиссарский, Ленинский, Орджоникидзеабадский, Турсунзадевский районы)	2.04	2.IO	I85	6.06	6I00	5000-7500	I000	5-7	АПО "Шахринау" I98I-83 гг.
Ленинабадская область (Ура-Тюбинский, Ганчинский, Пенджикентский районы)	I2.04	9.IO	I80	4.06	5000	4000	I000	4	
Гармская группа районов и Файзабадский район	I0.04	7.IO	I80	I5.06	4500	3500-4500	I000	3-4	Совхоз "50 лет СССР" Файзабадского района, I980 г.

I.2.2. Существующая технология бороздкового полива на склоновых землях

В настоящее время в аридной зоне сельскохозяйственные культуры, возделываемые на склоновых землях, в основном орошаются по бороздам. Недостатки такого способа полива: неравномерность добегания поливных струй до конца поля вследствие разной шероховатости ложа борозд, влияние микрорельефа, неравномерное распределение воды в борозды и др. По этим причинам наблюдается неравномерное увлажнение почвы по длине борозды, наличие большого поверхностного сброса, ирригационная эрозия почвы и др.

С увеличением уклона орошаемого поля эти недостатки бороздкового полива проявляются в большей степени.

Исследованию бороздкового полива посвящены работы И.Г. Алиева, С.Н.Кривовяза, А.Н.Костякова, В.И.Буачидзе, В.А.Кутергина, Н.Т.Лактаева, А.Н.Ляшина, В.Ф.Носенко, В.А.Сурина, Г.Ю. Шейнкина, Б.А.Шумакова, Б.Б.Шумакова и др. В этих работах даны основные положения теории выбора элементов техники полива, обеспечивающие равномерное увлажнение орошаемого поля, уменьшение смыва почвы до возможно малой величины, недопущение потерь почвы и оросительной воды. В процессе исследований ими установлены оптимальные размеры элементов техники полива для различных почвенно-рельефных условий. Выявлены предельно допустимые значения поверхностного сброса, смыва почвы и коэффициента равномерности увлажнения. Разработаны способы и приемы воздействия на ложе борозды.

Н.Т.Лактаев (1978), приводя данные о бороздковом поливе на землях с большими уклонами, считает, что в условиях пони-

женной водопроницаемости почвы поверхностный сброс составляет 20-25 % при K_p = 0,7-0,8. Из этого количества сброса повторно используется лишь половина.

Для земель с большими уклонами, равными 0,04, коэффициент полезного действия техники полива, по его данным, составляет 0,52-0,68.

В.А.Сурин, С.С.Зухритдинов (1983), оценивая предложения ученых и практиков орошать склоновые земли по контурным бороздам, или бороздам, нарезанным поперек склона, считают, что на практике эти предложения не находят применения из-за сложности их технического осуществления. Кроме того, при переполнении отдельных поливных борозд происходит "лавинный эффект", в результате которого весь склон покрывается глубокими размывами и оврагами.

Г.Н.Павлов и др. (1982) приводят данные о том, что в предгорных условиях Узбекистана борозды нарезаются по наибольшему уклону местности и объясняют это необходимостью создания условия для работы пропашных тракторов. При боковом крене 12° или 0,20 и работе трактора поперек склона он может перевернуться. При меньших значениях крена работа трактора возможна, но резко снижается качество обработки.

Предельные уклоны применения поливных борозд рекомендуют: Б.А.Сурин (1984) - 0,30, О.И.Израильсон (1956) - 0,12, В.Ф.Носенко (1978) - 0,04, К.Д.Жарова (1961) - 0,06 и др.

Н.Т.Лактаев (1978), обобщая отечественный и зарубежный опыт, делает вывод о том, что с увеличением крутизны полей и усложнением рельефа бороздковый полив по наибольшему уклону следует заменить контурным орошением, а затем переходить на полив по террасам. Он считает пока неустановленными переходные

границы.

Как видно из вышеизложенного, при существующей технологии полива по бороздам нет единого мнения о пределах изменения уклона и допустимых их величинах.Эрозия почвы и поверхностный сброс могут наблюдаться при любом уклоне поля и зависеть от размера подаваемой струи.

По нашему мнению, за предельный уклон борозд следует принимать такую крутизну склона, при которой отсутствует эрозия почвы от естественных осадков и сельскохозяйственные машины могут работать более эффективно.

Обобщая материалы различных авторов по обработке ложа поливных борозд с целью выравнивания увлажнения и снижения поверхностного сброса, Н.Т.Лактаев (1978) отмечает, что основное преимущество обработки при этом состоит в возможности увеличения их длины. Учитывая различные факторы, влияющие на повышение КПД техники полива, он прогнозирует значение этого коэффициента на перспективу для склоновых земель, равным 0,81-0,95.

Г.Ю.Лейнкин (1970) на основе проведенных опытов в Гиссарской долине Таджикской ССР на склонах крутизной до 0,04 со средне- и тяжелосуглинистыми почвами определил время добегания струи по бороздам: при большой шероховатости - 10-15 ч, средней - 8-10 ч и малой шероховатости - 6,4-8,0 ч, т.е. время добегания возрастет в 1,36-1,83 раза. Примерно такие же данные получены В.А.Суриным и О.К.Камиловым (1986) и др.

Г.А.Безбородов, Я.В.Акопян (1980), проводя опыты в условиях Чимкентской области, выявили, что в бороздах, уплотненных колесами тракторов и в тех, где тракторы не проходят, скорость впитывания различается в 1,17-1,6 раза. Они для выравнивания

вшитывания предлагают полив по комбинированным бороздам.

В.Ф.Носенко (1978) на основе многолетних опытов установил, что при бороздковом поливе нормой добегания, то есть при отсутствии поверхностного сброса, коэффициент равномерности увлажнения составляет 0,1-0,5. При поливе постоянной струей коэффициент равномерности равен 0,6-0,8, поверхностный сброс составляет 20-70 %; при поливе переменной струей эти характеристики равны соответственно 0,7-0,9 и 0-10 %. Исходя из этого, он рекомендует технологию полива переменной струей.

Многочисленные авторы (А.Н.Костяков, 1960; С.М.Кривовяз, 1963; А.Н.Ляпин, 1965; Л.В.Скрипчинская, 1977; Б.А.Шумаков, 1956 и др.) считают, что при поливе по бороздам постоянной струей поверхностный сброс составляет 25-30 %, при поливе переменной струей - 10-15 % от водоподачи на поле. Предлагают также полив переменной струей с уплотнением верхней части борозды и щелеванием ее нижней половины.

А.Н.Костяков (1960) на землях с большими уклонами предлагал уменьшить размеры поливных струй и нарезать мелкие борозды; на водопроницаемых почвах с большими уклонами он рекомендует полив по зигзагообразным бороздам с постоянным шагом зигзага. Костяков А.Н. считал, что коэффициент использования оросительной воды при этом типе борозд тем больше, чем меньше проницаемость почвы.

Т.Сайведдинов (1976), проведя опыты в условиях Самаркандской области Узбекской ССР по неглубоким (h = 8 см) и глубоким (h = 28 см) бороздам на склоновых землях, установил, что смыв почвы за сезон при первом варианте нарезки составил 18,7 т/га, при втором - 240 т/га, что в 13 раз больше, чем в первом варианте. Результаты его опытов подтверждают необходимость

уменьшения поперечного сечения поливных борозд на склоновых землях.

I. Blair (1979) для условий США с целью уменьшения потерь воды на поверхностный сброс и повышения равномерности увлажнения рекомендует при поливе по бороздам длиной 800 м на уклоне 0,005–0,03 использовать изогнутые (извилистые) борозды. При этом изгиб борозд начинается на расстоянии 150–240 м от конца нижней границы поля; коэффициент извилистости равен 2,0. Этим приемом возможно уменьшить поверхностный сброс, но выровнить увлажнение полностью не удается.

Для равномерного увлажнения по длине борозд исследователи рекомендуют также импульсную подачу воды с непродолжительными перерывами.

И.Вырлев (1979) на землях с уклонами 0,01 рекомендует поливать постоянной струей непродолжительное время.

В.А.Глазьев, Б.С.Кривощеков, А.О.Билик (1981), Н.Р.Хамраев и Г.Ю.Ксупов (1980) предложили способ полива с прерывистой подачей воды в борозду. Причем продолжительность каждого последующего импульса увеличивают относительно первоначального значения на время добегания, а продолжительность паузы принимают равной продолжительности предыдущего импульса.

По мнению этих авторов, дискретная технология раздачи воды позволяет довести коэффициент равномерности увлажнения почвы ($K_р$) до 0,92–0,95. В то же время по данным В.А.Сурина и С.С.Зухритдинова (1984), импульсная подача воды в поливные борозды на склоновых землях не дала положительного эффекта ($K_р$ = 0,45). Такие же результаты получены нами на склоновых землях Таджикской ССР.

Подробный анализ влияния технологии нарезки поливных

борозд на равномерность увлажнения дают В.А.Сурин (1981), Г.Ю. Шейнкин (1985). Они приводят схемы нарезки поливных борозд культиваторами-растениепитателями КРХ-4 в агрегате с трактором Т-28Х и делают вывод, что при работе с культиватором КРХ-4 на поле формируются поливные борозды, резко отличающиеся по степени уплотнения и гидравлическому сопротивлению. Из пяти поливных борозд, нарезаемых при одном проходе трактора, 25 % сильно уплотнены двойными проходами заднего колеса трактора, 25 % - переднего колеса; 50 % борозд остаются рыхлыми (колеса тракторов по ним не проходят). Поэтому по-разному впитывается вода в уплотненных и неуплотненных бороздах. При подаче поливных струй одинакового размера, например поливным шлангом, наблюдается неравномерное добегание поливной струи и впитывание воды. Коэффициент неравномерности увлажнения по отдельным бороздам при этом равен 1,25-2,3.

С целью выравнивания увлажнения поля В.А.Сурин и др. рекомендуют чередование подачи воды в уплотненные и неуплотненные борозды (полив через борозду).

Г.Ю.Шейнкин (1970, 1986) приводит данные (табл.1.13),

Таблица 1.13

Время добегания струи в зависимости от шероховатости борозд (Шейнкин Г.Ю., 1970)

Опытные участки	Поливная струя, л/с	Длина борозды, м	Шероховатость борозды	Время добегания, ч	Коэффициент неравномерности добегания
С-з им.Ленина, Матчинского р-на Таджикской ССР	0,15	100	большая	22,0	7,0
			средняя	20,0	6,0
			малая	3,4	1,0
К-з им.Ленина, Пролетарского р-на Таджикской ССР	0,10	150	большая	23,0	3,6
			средняя	16,0	2,7
			малая	6,1	1,0

подтверждающие влияние разной шероховатости поливных борозд на добегание поливной струи по двум опытным участкам.

Приведенные материалы показывают, что разница во времени добегания по уплотненным и неуплотненным бороздам может быть 2,7-7,0 раз, что обусловливает неравномерность увлажнения поля, а следовательно и пестроту урожайности возделываемой сельскохозяйственной культуры.

Для выравнивания добегания поливной струи до конца гона ими рекомендуется технология дифференцированной подачи воды в борозды с постоянной в течение всего полива струей. При использовании этих приемов все же неизбежны неравномерность увлажнения и поверхностный сброс. Кроме этого, приходится укладывать параллельные трубопроводы, а также осложняется технология полива.

Один из основных недостатков бороздкового полива на склоновых землях - это смыв почвы. По данным Х.Хамдамова (1975), в условиях Самаркандской области Узбекской ССР за вегетационный период на уклонах 0,01...0,05 смыв почвы при поливах составил 1,5-61,0 т/га, потери азота - 1,1-56,0 кг/га, потери фосфора - 2,4-96,3 кг/га. По этой причине урожайность хлопчатника снижается на 8-53 %.

По данным К.П.Паганяс (1980), на склоновых землях Янгикальского района Узбекской ССР при вегетационных поливах на каждые 9 т смытой с одного гектара почвы приходилось 360 кг гумуса, 36 кг азота, 72 кг валового фосфора. В денежном выражении ущерб составляет 10 руб/га.

В.М.Буачидзе (1981) также отмечает, что смыв почвы в условиях Грузинской ССР достигает 100-120 т/га. При этом потери питательных веществ таковы: азота - 165 кг, фосфора - 110 кг,

калия - 161 кг. В денежном выражении ущерб составляет 100 руб/га.

По данным К.Мирзаханова и С.Майлибаева,(1974), при бороздковом поливе эрозия на склоновых землях составила 100 т/га в год. С почвой терялось более 100 кг/га усвояемого азота, 115 кг/га фосфора и других питательных веществ.

Р.С.Кабилов и В.А.Костенин (1978) в результате многолетних исследований существующего состояния орошения склоновых земель в Пархарском, Ленинском и Орджоникидзеабадском районах Таджикской ССР пришли к выводу, что на склонах крутизной 0,05-0,20 при любых размерах поливных струй интенсивно смывается верхний плодородный слой почвы.

При 5-7 поливах на типичных сероземах смыв почвы достигает 200-400 $м^3$/га, а при 4-5 поливах на коричневых карбонатных почвах - 110-1300 $м^3$/га.

Нашими исследованиями, проведенными на склоновых землях различных зон республики (табл. I.14), установлено, что поверхностный сброс составляет 40-60 % от водоподачи, смыв - 110-155 т/га.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что при существующей технологии полива склоновых земель происходит сильная ирригационная эрозия почвы. Поэтому исследователи попытались установить величину допустимого смыва почвы при бороздковом поливе.

По данным А.М.Расулова (1965), Г.В.Кимберга (1963), М.У. Умарова (1974) для сероземных легкосуглинистых почв при существующей технологии нарезки борозд в Каршинской степи Узбекской ССР размывающие скорости равны 6-9 см/с.

На основе исследований, проведенных на землях Каршинской

Таблица I.I4

Фактические элементы техники полива и смыв почвы при существующем бороздковом поливе (Н.К.Нурматов, А.Камолидинов)

Район и объект	Годы исследований	№ поливов	Продолжительность учета, ч	Размер поливной струи, л/с	Уклон	Длина борозды, м	Поверхностный сброс, %	Смыв почвы, т/га	
								за I полив	за сезон
Орджоникидзеабадский, к-з "Коммунизм", уч.Эски-Гузар	I973-77	3	4	0,02-0,I0	0,I0	I00	40-76	8-3I	40-I55
Гиссарский, к-з им.Жданова	I973-77	2	7		0,05-				
	I974	2	I9-46	0,04-0,08	0,I5	70	I4-28	2,5-I0	I2,5-50,0
	I975-76	3	3	0,045	0,I7	70	65	20	I00-I40
С-з им.Дзержинского	I979-80	I-5	3-I2	0,06	0,I0	80	50	I0-I4	50-70
Куйбышевский, с-з "XXIII партсъезд"	I973	3	3	0,I6	0,04	70	3I	2,5	I5
Ленинский, с-з"Хосилот"	I979-I982	I-4	I07	0,70	0,06-0,I0	80-2I0	35-46	22-30	II0-I50

степи с уклонами 0,005-0,01, М.С.Кузнецов (1981) дает величину возможного смыва почвы с верхних 50 м участков борозд. За 6 поливов нормой 1000 $м^3$/га для легких сутлинков она составила 29-60, для средних - 24-32, тяжелых - 3-19 т/га в год. Допускаемые расходы воды рекомендуется рассчитывать, исходя из допускаемой скорости потока, равной 0,80 размывающей скорости.

Ц.Е.Мирцхулава (1970) отмечает отрицательные влияния пересыхания грунтов на их противоэрозионную стойкость. По его данным в районах сухого климата пересыхание почвы понижает размывающую скорость примерно в 3,2 раза, в районах влажного климата в 2 раза.

М.С.Кузнецов (1981) считает, что при прочих равных условиях, объемная масса почвы влияет на ее противоэрозионную стойкость и повышает сопротивление смыву при уплотнении одного и того же грунта. Он приводит также данные о влиянии содержания гумуса и фактора дисперсности на размываемость почвы и показывает степень распыляемости ее в воде: чем выше фактор дисперсности, тем менее прочна микроструктура, а значит и структура почв. Наблюдается довольно выраженная обратная зависимость размывающей скорости от коэффициента дисперсности.

На основе многолетних исследований Х.М.Махсудов (1981) рекомендует полив по плоскодонным бороздам и по бороздам с предварительным смачиванием их небольшой струей.

О поливе по вдавленным бороздам дают сведения С.В.Саноян и Н.А.Нуриджанян (1956).

Как показали лабораторные опыты, проведенные М.С.Кузнецовым (1981), при вдавливании почвы плотность и доля межагрегатного сцепления увеличиваются. Для приближенных расчетов он рекомендует принимать значения коэффициента межагрегатного сцеп-

ления при плотности I,2–I,70 г/см^3 соответственно 0,00–0,040.

С увеличением объемной массы почвы уменьшается межагрегатная порозность, а следовательно, увеличивается доля межагрегатного сцепления в общем сцеплении.

Положительное влияние степени увлажнения почвы на ее противоэрозионную устойчивость отмечено в работах П.Василенко (I936), Б.И.Потапова (I966), C. F. Ceccuda (I954) C.R. Panabokke, J.P. Quirk, (I957), М.С.Кузнецова (I98I). По данным этих исследователей, эродируемость почвы с предварительным увлажнением до общей влагоемкости в I,5–2,0 раза ниже, чем эродируемость воздушно-сухой почвы. Таким образом, возможно повышать противоэрозионную устойчивость почвы от начала к концу полива.

Наиболее резкое увеличение противоэрозионной стойкости предварительно увлажненных образцов наблюдается сразу же после увлажнения. Уже через час скорость повышения противоэрозионной стойкости этих образцов уменьшается.

Для снижения смыва почвы при бороздковом поливе исследователи рекомендуют также обработку ложа борозд препаратами-структурообразователями К-4, К-6 и др.

Н.Ф.Матюнин (I965) испытал в полевых условиях полимер К-4 для борьбы с ирригационной эрозией на сероземных почвах и установил, что обработка слоя почвы в 4–5 см дозой 500 кг действующего начала на гектар (или 0,I % к массе почвы) уменьшает смыв в 3–7 раз.

К такому же выводу пришли К.П.Паганяс (I980), М.С.Кузнецов (I98I) и Х.М.Махсудов (I98I). Но следует отметить, что этот прием технологически трудно выполнимый и требует дополнительных затрат, не исключено также возникновение отрицательного его воздействия на окружающую среду.

На основе опытов, проведенных в условиях адырных земель Андиканской области Узбекской ССР, С.С.Зухритдиновым (1984) установлено повышение коэффициента равномерности увлажнения ($К_р$), при уменьшении уклона в концевой части борозды. Так, при отношении уклонов борозды в начале и в конце склона $i_н/i_к$ = 1,46, $К_р$ = 0,52, при $i_н/i_к$ = 2,4, $К_р$ = 0,76, т.е. равномерность увлажнения повышается на 24%. При коэффициенте равномерности $К_р$ = 0,5 урожай винограда в конце поливной борозды в 1,8 раза, при $К_р$ = 0,75 - в 1,55 раза меньше, чем в начальном участке. Эти данные подтверждают выводы, сделанные И.Вырлевым (1979).

Х.Д.Домуллоджанов (1983) на основе анализа многолетних опытов приводит данные о неравномерности формирования урожая хлопка-сырца по длине борозд при поливах заданной поливной нормой брутто (рис.1.6). По его данным максимальный урожай формируется в средней части борозды (15-62 м), в начальном участке ее (0-15) и конечном (62-100 м) - соответственно меньше на 9 и 25% по сравнению со средним урожаем, полученным на всей делянке. Эти данные показывают, что ущерб от неравномерности увлажнения при существующей технологии бороздкового полива значительный.

Приведенный краткий анализ существующего состояния бороздкового полива склоновых земель показал, что на этих землях неравномерно увлажняется корнеобитаемый слой, происходит сильная ирригационная эрозия почвы и большие поверхностные сбросы. Все это существенно влияет на снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Улучшая технологию бороздкового полива, можно в определенной степени выравнивать увлажнение и этим самым получить одинаковые урожаи сельскохозяйственных культур по длине склона.

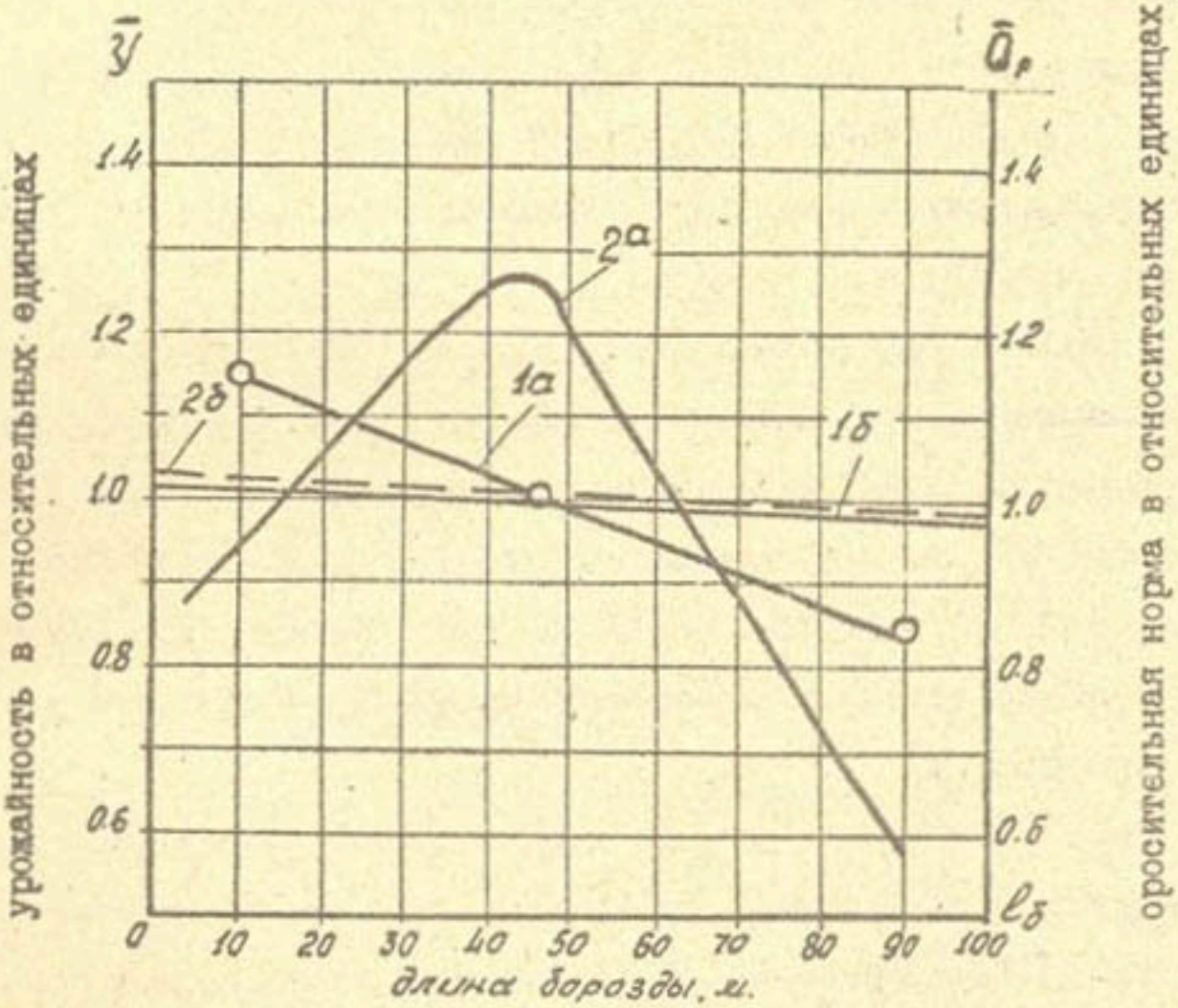


Рис. I.6. Изменение относительных величин урожайности $\bar{y}$ и оросительной нормы брутто. $\bar{O}_p$

Iа - оросительная норма для хлопчатника при поливе по обычным бороздам (данные Х.Д.Домуллоджанова, 1983); Iб - оросительная норма для виноградника при поливе по зигзагообразным микробороздам (данные автора и Р.Курбанова); 2а и 2б - соответственно урожайность в относительных единицах.

I.2.3. Опыт применения прогрессивных способов орошения

Полив дождеванием. Научные исследования по дождеванию сельскохозяйственных культур, проведенные с 1955 г. в Таджикистане многочисленными исследователями (Ф.Н.Бончковский, 1955; Х.Д.Домуллоджанов, 1981, 1984; Н.К.Нурматов, 1976; Г.Ю.Масевич, 1969; А.А.Тюряев, 1981; М.П.Харламов, 1965; Г.Ю.Шейнкин, 1981 и др.) свидетельствуют о том, что дождевание в определенных условиях дает положительный эффект.

В условиях аридной зоны полив сельскохозяйственных культур дождеванием имеет свои особенности. К ним относятся низкая водопроницаемость почвы, наличие значительных уклонов, засоленность почв, большое число поливов, потери воды на испарение и др. Кроме этого, необходимо учитывать агротехнику возделывания и биологические особенности основной сельскохозяйственной культуры - хлопчатника.

В табл. I.15 ориентировочно характеризуется применение отдельных видов дождевальных машин и аппаратов для почвенно-рельефных условий Таджикской ССР по результатам исследований перечисленных выше авторов.

Г.Ю.Шейнкин (1970) считает, что полив дождеванием на равнине в первую очередь нужно применять на землях с близким залеганием уровня пресных грунтовых вод, на хорошо водопроницаемых структурных почвах.

По данным Таджикского НИИ земледелия (Х.Д.Джуманкулов и Х.Д.Домуллоджанов, 1978), сезонная выработка дождевальной машины "Волжанка" в условиях Таджикской ССР не превышает 30-35 га. На землях с большими уклонами и сильнопересеченным рельефом с

травостоем Г.Ю.Шейнкин и другие ученые рекомендуют дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100 и синхронное импульсное дождевание (СИД). Мы придерживаемся этой же точки зрения.

Одним из факторов, ограничивающих применение дождевания, является бесструктурность почв аридной зоны.

Таблица I.I5

Условия применения некоторых типов дождевальных машин и аппаратов для условий Таджикской ССР

Дождевальные машины и аппараты	Сельскохозяйственные культуры	Уклон и рельеф	Поливная норма, $м^3$/га	Площадь, обслуживаемая 1 машиной, га
ДДН-70, ДДН-100	Плодовые (с травостоем) и травы	0,0-0,4	300-100	50-70
ДИП "Волжанка"	Овощные и кормовые культуры, зерновые	0,0-0,02 спокойный	700-500	30-35
"Фрегат"	Овощные и кормовые	0,0-0,02	700-500	50-70
Синхронное импульсное (СИД)	Плодовые и кормовые	на крутых склонах и в сложных рельефных условиях	по дефициту водопотребления	подкомандная

Опыты, проведенные А.М.Бурыкиным (1973) на склоновых землях Таджикистана и г.Сочи, показали, что при одной и той же интенсивности дождя, смыв почвы на склонах Таджикистана с бесструктурными почвами в 5-10 раз больше, чем во влажных субтропиках г.Сочи.

Для исследований впитывающей способности почвы при поливе дождеванием нами в 1973-1975 гг. проводились опыты в полевых.

условиях на склоновых землях шести характерных районов республики. Для этой цели применялись обычные опрыскиватели и дождевальная машина ДДН-70. Интенсивность дождя регулировалась количеством одновременно работающих опрыскивателей.

Результаты опытов показали (табл.I.I5), что на склонах крутизной 0,04-0,20 при поливе дождевателями с хорошим качеством дождя (диаметр капли менее I мм) в большинстве случаев удается без образования стока подавать поливные нормы 400-800 $м^3$/га. Но следует отметить, что создание такого качества дождя требует частой распределительной сети, короткоструйных насадок, работающих при напорах (25-30 м), что связано с большими энергозатратами и капиталовложениями.

Для сравнения в табл.I.I6 приведены результаты опытов по дождеванию склонов мелкокапельной насадкой и машиной ДДН-70.

Таблица I.I6

Впитывание воды в почву при поливе дождеванием в Иванском районе (Н.К.Нурматов, I976)

Состояние поверхности почвы	Уклоны	Интенсивность дождя, мм/мин	Диаметр капель дождя, мм	Впитывалось воды без образования луж и стока, $м^3$/га
Непрерывное дождевание мелкокапельной насадкой				
почва, рыхленная на глубину 20-25 см	0,2	0,66	менее I мм	I720
Почва, не рыхленная, покрытая сухой естественной растительностью	0,2	0,80		480
	0,3	0,48		360
Прерывистое дождевание машиной ДДН-70				
Почва, рыхленная на глубину 20-25 см	0,2	4,5	более 5 мм	II8
	0,25	4,5	-"-	80

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что для бесструктурных почв Яванского района качество дождя (крупность капель и его интенсивность) является основным фактором, определяющим применение дождевания.

На основе опытных поливов машиной ДДН-70 для условий Яванского района - типичного для склоновых земель юго-восточных районов республики, зависимость величины поливной нормы без стокообразования от крутизны склона при работе дождевальной машины ДДН-70, влажности почвы 65 - 70 % НВ и при i_c = 0,0I - 0,3 выражается так:

$$m_{cm} = \frac{1}{0{,}075 \cdot i_c}, \qquad (I{,}5)$$

где m_{cm} - поливная норма, впитавшаяся в почву до стокообразования, $м^3$/га;

i_c - уклон склона.

Полив дождеванием плодовых культур связан с использованием дальноструйных и среднеструйных аппаратов. На землях со значительными уклонами необходимо создание поперечных стокособирающих борозд или же естественного травостоя. С целью исключения стокообразования рекомендуется также прерывистое дождевание (А.А. Тюряев), при котором поливная норма 450 - 600 $м^3$/га дается за несколько часов отдельными порциями, например, I0 - 20 $м^3$/га с перерывами по I0 мин.

В последние годы в республике начаты опыты по применению синхронного импульсного дождевания на склоновых землях на посевах люцерны и травосмеси (А.К.Касимов, Г.Д. Шейнкин, Р.М. Муртазин, I98I). При этом виде дождевания поливы проводят ежедневно поливной нормой , равной суточному водопотреблению , что создает

благоприятные условия для развития надземной массы растений. В течение вегетационного периода проводится от I22 до I50 поливов нормами 25-98 $м^3$/га.

По данным Р.М.Муртазина (I984), при поливе дождеванием в Гиссарской долине на склонах различной крутизны комплектом синхронного импульсного дождевания (КСИД-I0), получены следующие показатели равномерности распределения дождя по площади (табл. I.I7).

Таблица I.I7

Равномерность распределения дождя по площади при поливе КСИД-I0 в долях (Р.М.Муртазин, I984)

Коэффициенты увлажнения	Уклоны	
	0,07	0,I5
Избыточного увлажнения (> I,25)	0,I60	0,I60
Недостаточного увлажнения (< 0,75)	0,I20	0,I00
Эффективного полива (0,75-I,25)	0,720	0,740

При этом способе дождевания 72-74 % площади поливается эффективно, остальная избыточно или недостаточно, т.е. наблюдается низкий коэффициент равномерности увлажнения.

Применение КСИД-I0 связано с большими капиталовложениями и эксплуатационными расходами, в несколько раз превышающими аналогичные величины для поверхностного орошения. При этом происходит непроизводительный расход воды на испарение и оросительная норма брутто остается на уровне бороздкового полива.

Из результатов анализа следует, что полив дождеванием на склоновых землях Таджикской ССР имеет ограниченное применение и требует дальнейшего совершенствования.

Внутрипочвенное орошение. Внутрипочвенное орошение обеспечивает значительную экономию оросительной воды и является перспективным.

Исследования на склонах крутизной 0,02–0,30 проводили Х.Г. Широв, 1983; Г.Ю.Шейнкин, В.Б.Гордеев, 1986; Г.И.Карпий, 1977, Г.И.Воронина,1983;М.С.Григоров,1985 и др.Ими сделаны выводы о необходимости сокращения расстояния между ярусами поливных трубопроводов, то есть для равномерного увлажнения и исключения избыточных напоров надо уменьшить длину увлажнителя.

Внутрипочвенный способ полива в специфических условиях (наличие водоупора на глубине 1,5–2,0 м)на уклонах 0,20 оказался эффективным на склонах Крыма (Г.И.Карпий, 1977). Опыты, проведенные Х.Г.Шировым (1983) и В.Б.Гордеевым (1983) на склонах крутизной 0,02–0,03 в колхозе "Победа" Гиссарского района, показали, что расход воды на единицу урожая снизился до 30–40 % по сравнению с поливом по бороздам. В то же время ими отмечено снижение удельного впитывания воды примерно в два раза за 9 лет применения внутрипочвенного орошения (ВПО) из-за самоуплотнения лессовидных почвогрунтов.

Научно-экспериментальное обоснование систем внутрипочвенного орошения дается в работе М.С.Григорова (1985). Он считает, что этот способ полива наиболее приемлим для садов и виноградников, возделываемых на склоновых землях.

Однако, несмотря на положительные результаты применения внутрипочвенного орошения в условиях аридной зоны, в настоящее время этот способ не нашел широкого применения. Одна из причин - неравномерность увлажнения почвы, сложность эксплуатации системы ВПО и большие капитальные затраты.

Капельное орошение. В настоящее время капельное орошение

рекомендуется для высокоинтенсивных и доходных сельскохозяйственных культур, в условиях когда применение других способов орошения затруднено. В частности, склоновые земли считаются наиболее подходящими для капельного способа орошения (СНИП 2.06.03-85).

Этот способ на микротеррасах шириной 0,8-I,5 м в условиях Таджикской ССР изучен Г.Ю.Шейнкиным и Н.П.Митяниным (I98I). Ими исследован режим орошения виноградников, а также эксплуатационные показатели различных капельниц. В частности, установлены интенсивность подачи воды, контуры увлажнения и другие элементы.

Одним из перспективных способов орошения является капельное. Этот водосберегающий способ получил широкое развитие в мировой практике.

С учетом этого, в республике запроектированы и строятся опытно-производственные участки на больших площадях. Здесь будут изучены работоспособность различных типов капельниц, схемы расположения распределительной и поливной сети и другие вопросы, связанные с этим способом.

Первые опыты по капельному орошению проводились на равнинных землях. Однако затраты на строительство и эксплуатацию систем капельного орошения оказались довольно высокими. Кроме этого, наблюдалось частое засорение капельниц. Согласно СНИП 2.06.03-85 такие системы эффективны только на неудобных землях, где традиционные способы полива не пригодны.

Учитывая особенности рельефа склоновых земель, необходимо разработать низконапорные капельные системы, позволяющие использовать перепад местности. Они должны иметь упрощенные элементы сети и капельниц, удобные в эксплуатации.

Принимая во внимание почвенно-рельефные и климатические условия склоновых земель республики, качество оросительной воды и другие факторы, применение капельного орошения требует осторожного подхода.

I.3. Обобщение существующих методик расчета элементов техники полива по обычным бороздам

Разработкой теории бороздкового полива занимались Л.Б.Бунятян (1958), А.Н.Костяков (1960), С.М.Кривовяз (1966), В.А.Кутергин (1956), Н.Т.Лактаев (1978), Р.М.Киладзе (1980), В.Ф.Носенко (1978), В.А.Сурин и И.В.Маслов (1977), Г.Е.Тугуши (1984), Г.Ю.Шейнкин (1970) и другие.

Основная задача расчета по их данным сводится к установлению расхода поливной струи и длины борозд, исключающих эрозию почвы и обеспечивающих высокий коэффициент равномерности увлажнения по длине борозды и минимальный поверхностный сброс.

Размеры поливных струй и длины борозд в основном зависят от гранулометрического состава почв, водопроницаемости и уклона орошаемого участка.

Учитывая изменчивость скорости впитывания во времени, ими предложены ряд теоретических и эмпирических зависимостей, которые приемлемы для конкретных почвенно-рельефных условий.

Не останавливаясь подробно на этих зависимостях, анализируем существующие методики расчета элементов техники полива на склоновых землях.

А.Н.Костяков (1960) предложил формулу для расчета равномерности увлажнения:

$$K_p = \frac{m_к}{m_н} = \frac{\chi_к}{\chi_н} \left(\frac{t_к}{t_н} \right)^{1-\alpha}, \qquad (I.6)$$

$m_к$ – поливная норма в конце борозды; $м^3/га$

$m_н$ – то же в начале борозды;

$\chi_к$, $\chi_н$ – активные смоченные периметры в начале и конце борозды; м;

$t_н$ и $t_к$ – продолжительность впитывания воды в начале и конце поливного участка; ч;

α – показатель степени, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности.

И.П.Айдаров, Ю.Н.Никольский (1975) приводят данные о том, что при поливах добеганием $K_р$ в зависимости от водопроницаемости почвы составляют: при $\alpha = 0{,}20$ $K_р = 0{,}15 - 0{,}40$; при $\alpha = 0{,}8$ $K_р = 0{,}65 - 0{,}79$. Они для оценки поверхностных сбросов и сопоставления фактических и расчетных данных рекомендуют использовать безразмерный расход:

$$\bar{q} = \frac{K_{ср} \cdot l_x}{q} \cdot \frac{t_д}{t_п}, \qquad (I.7)$$

и

$$\bar{q}_{сбр} = 1 - \bar{q}^{1-\alpha}\left[1 - (1 - \bar{t})^{1-\alpha}\right], \qquad (I.8)$$

$$\bar{t} = \frac{t_д}{t_п}, \qquad (I.9)$$

где $K_{ср}$ – средняя скорость впитывания, м/ч;

l_x – длина борозды, м;

q – расход поливной струи, $м^3/ч$;

$\bar{q}$ – безразмерный расход;

$t_д$ – время добегания, ч;

$t_р$ – время полива, ч;

$\bar{t} = 1$ – при поливе добеганием;

$\bar{q}_{сбр}$ – безразмерный сброс.

Принимая во внимание влияние различных факторов на сочетание элементов техники полива, они отмечают "существенное воздействие сельскохозяйственных орудий и машин на водно-физические свойства почвы и состояние поверхности, дающие возможность сформулировать четкие требования к рабочим органам и к самим методам обработки почв в условиях орошаемого земледелия".

На основе многолетних исследований элементов техники полива по обычным бороздам в условиях Таджикской ССР В.А.Сурин, Г.Ю.Шейнкин, Е.Н.Горбунова (1965), В.А.Сурин (1978) рекомендуют следующие размеры поливных струй (табл.I.I8).

Таблица I.I8

Рекомендуемые значения допустимых поливных струй для мелкоземистых непросадочных почв

Уклоны	0,0I	0,02	0,03	0,06	0,08	0,I0	0,I5	0,20
Поливные струи, л/с	0,I2-0,I0	0,07-0,05	0,05-0,045	0,04-0,035	0,03 0,025	0,025 0,02	0,02-0,0I5	0,0I5

Необходимую продолжительность добегания поливной струи до конца борозды В.А.Сурин (1978) рекомендует вычислять по формуле:

$$t_g = \frac{h_{нт}}{V_y}\left(\frac{1}{K_p} - 1\right), \qquad (I.I0)$$

где t_g - время добегания поливной струи, ч;

V_y - установившаяся скорость впитывания воды в поливной борозде, м/ч;

$h_{нт}$ - поливная норма в метрах слоя воды;

K_p - коэффициент равномерности увлажнения.

Эту зависимость можно использовать лишь для приближенных расчетов.

В.Ф.Носенко (1978) для почв различной сопротивляемости

размыву экспериментально установил зависимость приведенного расхода воды в борозды от уклона их дна при условии $i > 0{,}003$:

$$q_{пр} = \frac{\bar{q}}{i}, \quad л/с. \qquad (I.II)$$

где $q_{пр}$ – предельно допустимая поливная струя, л/с;

$\bar{q}$ – приведенный расход, равный 0,004 л/с для почв средней и слабой сопротивляемости размыву, для почв повышенной сопротивляемости он равен 0,005 л/с;

i – уклон борозды.

Исходя из этого, он рекомендует следующие размеры поливных струй при различных уклонах и почвах (табл.I.I9).

Таблица I.I9

Допустимые расходы поливных струй , л/с
(В.Д.Носенко, I978)

Сопротивляемость почв	Уклоны			
	0,0I5	0,030	0,050	0,I00
Средняя и слабая	0,27	0,I3	0,08	0,04
Повышенная	0,33	0,I7	0.I0	0,03

В действительности при этих размерах поливных струй снижается эрозия почвы и поверхностный сброс, но не улучшается равномерность увлажнения.

На основе изучения распределения влаги по длине И.Вырлев (I966, I979) установил оптимальные профили поливных борозд, которые обеспечивают наилучшее увлажнение поля. Эмпирическое уравнение продольного профиля при поливе постоянной струей, он представил в виде:

$$i_x = i_н \left[1 - \frac{1}{2(0.6 - 0.4A)^{\beta}}\right]^{2} \cdot \left[1 + \frac{1}{A}\right]^{\frac{2}{\Delta}(1-\alpha)}, \qquad (I.I2)$$

где $$A=\left(\frac{\beta}{\infty}\right)\frac{1}{\beta}\left(\frac{i_{\infty}}{i_{\delta}}\right)^{c}, \qquad (I.I3)$$

i - уклон борозды на расстоянии ∞ от начала;

$i_н$ - уклон борозды в начале;

i_x - средний уклон всей борозды:на отрезке $[o,\infty]$;

$i_б$ - средний уклон всей борозды;

α,β - параметры, характеризующие скорость впитывания;

Δ,B,C - степенные показатели, определяемые опытным путем.

Наилучший продольный профиль поля, по его мнению - с постоянно уменьшающимся к концу поля (борозд) уклоном, создаваемым при планировке земель. По нашему мнению, этот прием выравнивания увлажнения трудно выполним и требует больших затрат труда и средств на проведение планировок.

В.А.Сурин (I984), анализируя результаты исследований разных авторов - Е.С.Акопова (I98I), М.В.Бабаева (I962), Р.Г. Джереная (I980), К.А.Жаровой(I96I), Б.Ф.Камбарова (I972), С.М.Кривовяза (I966), Ц.Е.Мирцхулавы (I965), В.Ф.Носенко (I974) - рекомендует расход поливной струи определять по формуле:

$$q_{min}=K\cdot q_{y}=K\frac{V_{y}\cdot\rho\cdot l_{б}}{3{,}6}, \text{ л/с} \qquad (I.I4)$$

где V_y - установившаяся скорость впитывания, м/ч;

q_{y} - установившийся расход впитывания, л/ч;

ρ - смоченный периметр, м;

$l_б$ - длина борозды, м;

K - коэффициент запаса, равный I,03-I,055.

Нашими специальными опытами установлено, что такой подход оправдан лишь для сведения ирригационной эрозии к минимуму, но не учитывает равномерность увлажнения почвы и является недостаточным.

Расчету величины смыва почвы при бороздковом поливе посвящены работы Ц.Е.Мирцхулавы (1970). Им учтены скорость движения воды, длина борозды, объемная масса почвы, диаметр отрывающихся частиц.

Имеются эмпирические формулы для расчета смыва почвы, предложенные Б.Ф.Камбаровым для условий Ферганской долины, Ю.П.Поляковым и А.Д.Савченко для европейской части СССР. В них учитываются уклон, расход воды, длина борозды и коэффициенты, характеризующие почву.

М.С.Кузнецов (1981, 1985) рекомендует допустимые расходы поливных струй в воздушно-сухие борозды (табл. I.20). Он считает, что на почвах легкого гранулометрического состава величина их в среднем в 1,4 раза меньше, чем на тяжелых почвах.

Таблица I.20

Допустимые размеры поливных струй, л/с
(М.С.Кузнецов, 1981)

Пункт	Почва	Уклоны		
		0,04	0,02	0,01
Кашкадарьинская область, вторая очередь освоения Каршинской степи	Супесчаная и легкосуглинистая	0,03	0,04	0,13
	Средние и тяжелые суглинистые	0,03	0,06	0,17
Ташкентская область, Янгиюльский район	Среднесуглинистые	0,03	0,06	0,15

Он для расчета интенсивности выноса почвы применил уравнение транспортирующей способности потока, предложенное З.Н.Гончаровым

$$q_т = \gamma \frac{1-\varphi}{880} \cdot d \cdot v_н \left(\frac{v_к}{v_н}\right)^{4,53}, \qquad (I.15)$$

где q_x - расход твердого стока на расстоянии x от начала борозды, кг/м^3 с;

γ - плотность частиц, кг/м^3;

d - крупность частиц, м ;

$v_н$ - неразмывающая средняя скорость потока, м/с;

v_x - средняя скорость потока, в створе x, м/с;

φ - параметр турбулентного поведения частиц, зависящий от их размера: 880 и 4,33 - эмпирические коэффициенты.

На основе этого уравнения он предлагает формулу для расчета потерь почвы за год при поливах по бороздам:

$$Q_x = 3.6 \cdot 10^{-1} q_x \cdot t_n \cdot N \cdot B_x , \qquad (I.16)$$

где Q_x - потери почвы с участка длиной x , т/га за год;

B_x - суммарная ширина потока воды в створе x , замыкающем снизу площадь в I га, м;

t_n - длительность транзита воды через створ за один полив, ч;

N - количество поливов,; остальные обозначения даны в формуле (I.15).

По результатам полевых опытов они установили допустимые размеры элементов техники полива.

Анализ показал, что при имеющихся способах защиты почв от ирригационной эрозии на склоновых землях необходимо обращать внимание на правильный подбор элементов техники полива, на выполнение комбинированных борозд, на отструктурирование почв различными химическими препаратами и разработку технологии полива тактами с импульсной подачей воды, а также переменной струей в течение полива и др. Одни способы требуют дополнительных капитальных вложений, другие трудно выполнимы технологически, но они комплексно не решают поставленную задачу.

Главный недостаток существующих технологий бороздкового полива - неравномерность увлажнения по длине поля. Поэтому на практике для повышения равномерности увлажнения увеличивают продолжительность полива, что приводит к значительному поверхностному сбросу и ирригационной эрозии.

Из этого следует, что для обеспечения равномерного распределения воды по орошаемой площади, снижения поверхностного сброса и ирригационной эрозии, необходимо разработать радикальные методы и технологические приемы орошения, приспособленные к сложным почвенно-рельефным условиям склоновых земель.

I.4. Пути совершенствования технологии орошения склоновых земель

При совершенствовании технологии орошения следует принимать во внимание основные критерии: минимальные размеры смыва почвы, равномерное увлажнение поля и снижение поверхностного сброса.

Для дальнейшего развития оросительной мелиорации в условиях аридной зоны, ограничивающими факторами служат дефицит водных, энергетических и материальных ресурсов. Учитывая эти предпосылки, намечаются следующие пути совершенствования технологии орошения склоновых земель.

По поверхностному орошению. Принимая во внимание то, что поверхностно-бороздковый способ полива остается для аридной зоны основным и альтернативы ему не предвидится, к нему предъявляются следующие требования: довести коэффициент равномерности увлажнения до 0,85-0,90, поверхностный сброс - 10-15 %, допустимая эрозия почвы 1-20 т/га в год; производительность труда поливальщика 10-15 га/смену; КПД внутрихозяйственной

сети 0,90–0,93, КЗИ внутрихозяйственной сети 0,92–0,94; уровень механизации 55–60 % (В.А.Сурин, I988).

Основные условия качественного проведения полива – планировка поверхности, разработка технологии нарезки поливных борозд с воздействием на их ложе, создание новых технологических приемов и технических средств полива, позволяющих равномерно распределять воду на орошаемом поле с учетом рельефа местности и качества оросительной воды. Они должны работать самонапорно с минимальными трудовыми и материальными затратами.

Для этой цели разработаны поливные машины типа РТШ, АШУ, ТКП-90, ТАП-I50 и др., предназначенные для полива сельскохозяйственных культур по бороздам.

Успешно внедряется в производство трубчатая оросительная сеть, предложенная И.А.Шаровым и Г.Ю.Шейнкиным и усовершенствованная другими авторами.

На существующих трубчатых оросительных системах с увеличением уклона трассы возникают большие статические напоры, требующие применения высоконапорных труб, сложных конструкций гасителей статического напора, затрудняющих их эксплуатацию.

Разработаны также оборудование и устройства для дискретной подачи воды по бороздам, автоматизирующие процесс полива.

Как видно из краткого анализа, существующие приемы и технологии бороздкового полива комплексно не решают поставленную задачу регулирования водного режима и не отвечают предъявляемым к нему требованиям.

Для удовлетворения вышеуказанных требований, необходимо разработать новую технологию нарезки поливных борозд и усовершенствовать конструкции трубчатой распределительной и поливной сети применительно к склоновым землям.

При поливе дождеванием особенности склоновых земель требуют создания таких технологий, дождевальных систем и аппаратов, которые могли бы без образования стока равномерно увлажнять подкомандную площадь, работать самонапорно с использованием перепада местности. Для склоновых земель наиболее соответствует синхронно-импульсное дождевание (СИД), но оно требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Капельное орошение. К системам капельного орошения как наиболее перспективному способу предъявляются следующие основные требования (пособие, 1986): допустимая мутность воды до 0,1 г/л, крупность наносов 0,15 мм, рабочие напоры -5-60 м, равномерность расхода капельниц 0,8-0,9, уровень автоматизации 100 %, коэффициент надежности 0,8-0,9, производительность труда поливальщика (оператора) - 10-15 га/смену, удельные капитальные вложения 3-5 тыс. руб./га. Существующие капельные системы не в полной мере обеспечивают эти требования. Наиболее существенными их недостатками являются закупоривание водовыпускных отверстий капельниц, несовершенство конструкций, отсутствие эффективных способов и устройств тонкой очистки воды. Поэтому решающим направлением в развитии капельного орошения следует считать разработку конструктивных элементов и устройств, обеспечивающих самонапорную работу систем, надежность в эксплуатации. Капельные отверстия должны быть большого диаметра, что делает систему не требовательной к очистке воды.

Для склоновых земель со сложным рельефом потребуется разработать капельницы с саморегулирующим расходом воды, раздающие ее равномерно независимо от перепада местности. С целью обеспечения надежной работы капельной системы следует создать упрощенные конструкции фильтров и устройств для очистки.

Принимая во внимание требования, предъявляемые к технологиям бороздкового полива и капельного орошения, в процессе исследований автором теоретически обоснованы, разработаны и внедрены новые, более совершенные технологические приемы и элементы оросительной сети применительно к этим способам орошения пропашных культур и многолетних насаждений на склоновых землях.

I.5. Методика исследований

В основу наших исследований положен системный подход. Еще А.Н.Костяков (1951, 1960) писал: "Сельскохозяйственные мелиорации в СССР представляют собой систему организационно-хозяйственных и технических мероприятий, входящих в общий план преобразования природы и имеющих задачей коренного улучшения неблагоприятных природных условий мелиорируемых территорий, путем надлежащего изменения и регулирования водного и связанного с ним воздушного, пищевого и теплового режимов, в целях успешного хозяйственного использования этих территорий, прогрессивного повышения плодородия почв, обеспечения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, в сочетании с соответствующей системой агротехнических мероприятий".

В связи с этим, технология полива должна рассматриваться как составная часть технологии возделывания сельскохозяйственной культуры.

Учитывая вышеизложенное, в работе изучен комплекс вопросов: - почвенно-рельефные условия и водно-физические свойства почв и их влияние на режим орошения и технику полива по картографическим материалам и прямыми полевыми замерами. На основе полученных данных произведено количественное и качественное .

обоснование выбранных опытно-производственных участков с использованием вероятностных оценок. Для изучения технологии и техники полива склоновых земель выполнялись теоретические, лабораторные, полевые и производственные исследования на характерных для Таджикской ССР объектах - Гиссарский, Гармский, Восейский, Орджоникидзеабадский, Файзабадский, Пролетарский, Зафаробадский, Аштский и другие районы. Оценивалась эффективность различных способов орошения: бороздкового (по обычным и микробороздам) и капельного орошения. На опытных участках изучались: равномерность увлажнения почвы, поверхностный сброс, эрозия почвы, а также учитывалась урожайность сельскохозяйственных культур при различных технологиях орошения. Наряду с этим,на участках проводились государственные и ведомственные испытания катков-бороздоделов для нарезки микробороздл.

На больших производственных площадях изучались: работоспособность,технико-эксплуатационные показатели и надежность предлагаемых конструкций трубчатой оросительной сети как для бороздкового, так и для капельного орошения. Проведением хронометражных наблюдений за строительством, испытанием и эксплуатацией оросительной сети дана оценка материальных, энергетических и трудовых затрат. Полученные данные позволили научно обосновать эффективные решения по выбору оптимальных вариантов техники и технологии полива, а также параметров распределительной и поливной сети для орошения склоновых земель на примере Таджикской ССР. Блок-схема исследований представлена на рис. I.7.

Ниже дается детализация отдельных положений методики исследований и обработка экспериментальных данных с учетом их специфики.

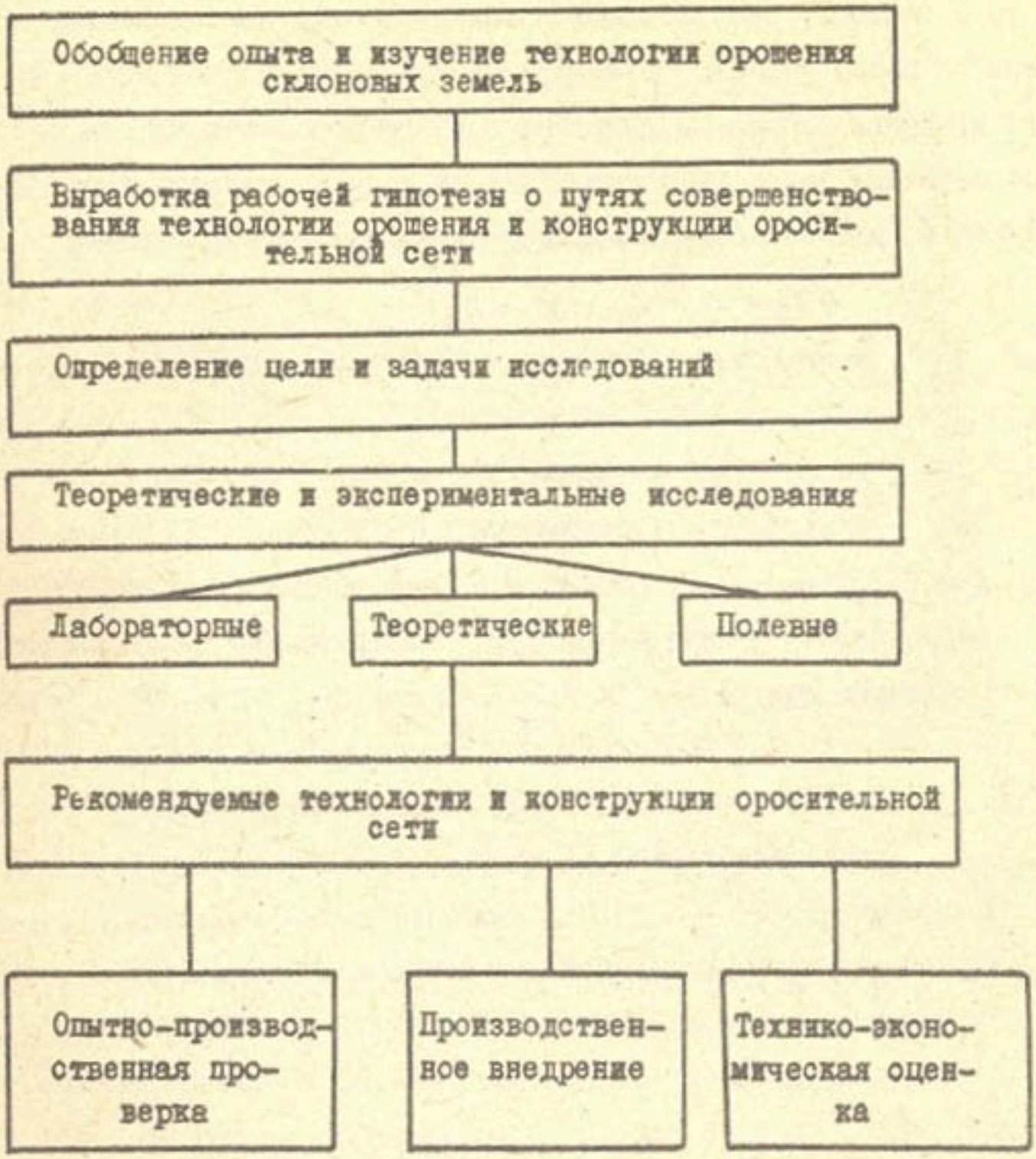


Рис.I.7. Блок-схема проведения исследований по технологии орошения склоновых земель.

В полевых, лабораторных и теоретических исследованиях применялся метод водного баланса, основанный на уравнении (I.4). Для изучения процессов движения воды по борозде и впитывания использовалось также уравнение баланса воды на участке борозды длиной l или по всей длине борозды за промежуток времени t :

$$\Delta q = q_n - q_c - E - q_в \quad , \text{м}^3 , \qquad (I.17)$$

где $q_в$ - количество впитавшейся воды в почву, м^3 ;

q_n - объем поступившей воды, м^3;

q_c - то же сбросной воды, м^3;

E - испарение с поверхности воды, м^3;

Δq - объем воды оставшейся в борозде, м^3.

Для микроборозды с сечением в форме квадратичной параболы можно определить так:

$$\Delta q = 4/3 A h \sqrt{\frac{h}{A}} \cdot l \quad , \text{м}^3 \qquad (I.18)$$

где h - глубина воды, м; l - длина микроборозды;

A - параметр параболы, м$^{1/2}$.

В опытах q_n и q_c определялись объемным способом.

Величина $q_в$ определялась из уравнения баланса (I.17), а также по данным регулярных измерений влажности почвы.

В полевых условиях измерялись геометрические параметры поливной струи, глубина воды h и смоченный периметр χ . Расчетом оценивалась величина испарения с поверхности воды E в процессе полива. Потери воды (q) на глубинный сброс, входящие в уравнение водного баланса (I.4), рассчитывались по формуле Ю.Н.Никольского (1973), которая(с учетом поправки Голованова А.И. 1974) относительно зависимости коэффициента влагопроводности почвы от ее влажности имеет вид:

$$q = K_\phi \left(\frac{W - MГ}{\rho - MГ} \right)^5 \cdot B_{уд} \cdot T_{вос} \cdot l \quad , \text{м}^3$$

где W – объемная влажность в расчетном слое почвы за вегетационный период;

$МГ$ – максимальная гигроскопичность;

ρ – пористость;

$K_ф$ – коэффициент фильтрации, м/сут;

$B_{ув}$ – ширина контура увлажнения после смыкания или расстояние ние между смежными бороздами или микробороздами;

$T_{вег}$ – продолжительность вегетационного периода, сут.

Элементы техники полива изучались на лотке с переменным уклоном и непосредственно в производственных условиях по методикам, описанным А.Н.Костяковым (1960); С.М.Кривовязом (1966); Н.Т.Лактаевым (1978); В.Б.Гуссаком (1945); М.С.Кузнецовым (1981) и другими авторами.

При поливе по обычным бороздам и микробороздам изучались контуры увлажнения.

Испарение с поверхности почвы рассчитывалось по формуле А.И.Будаговского (1964):

$$E_п = E_п^{o} \left(\frac{W - ВЗ}{W_п - ВЗ} \right), \qquad (I.19)$$

где $E_п$ - фактический расход воды на испарение с поверхности почвы;

$E_п^о$ - испарение с поверхности почвы при полном ее насыщении водой, рассчитываемое по известной формуле Н.Н.Иванова с поправкой Л.А.Молчанова (1941, 1958);

$W_н$ - влажность почвы, равная НВ;

W - средняя влажность почвы за вегетационный период;

$ВЗ$ - влажность завядания.

Учет поступления и сброса воды с поливных борозд проводился объемным способом. Для этого поливные площадки разделялись на 3-4 участка, длиной 25-33 м. В местах замера устанавливались лоточки и выкапывались приямки для размещения мерного сосуда. Одновременно с замерами расходов воды брались пробы ее на мутность сразу после добегания через 0,5; 1,0; 2,0 и далее через каждые три часа. Эти пробы фильтровались, высушивались, взвешивались. Смоченный периметр борозд измерялся специальным шаблоном с мерными делениями через 1 мм. Глубина воды измерялась тонкой металлической линейкой и шпицензмасштабом.

Скорость впитывания изучалась на горизонтальных отрезках длиной 2,0 и на участках склона длиной 25 и 33 м при трех характерных уклонах - 0,05; 0,10; 0,20.

Контура увлажнения при подаче различных поливных норм устанавливались откопкой шурфов и отбором проб почвы из них на влажность до глубины 1,6 м. Для фиксации динамики изменения контура увлажнения опыты проводились также в грунтовом ящике с прозрачной стенкой.

Для более детального анализа процессов продвижения воды по поверхности борозды и впитывания ее в почву применен также

математическое моделирование. Закономерности формирования контуров увлажнения в зависимости от частоты расположения ветвей зигзагообразных микроборозд на скорость впитывания воды рассчитывались по известной методике А.И.Голованова (1974) и А.М.Зейлигера (1983, 1987). Основой этой методики является численное решение двумерного дифференциального уравнения влагопереноса применительно к прямоугольной области размером $0 \le z \le L; 0 \le y \le B;$

$$C \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(K_w \frac{\partial H}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_w \frac{\partial H}{\partial y}\right), \quad (I.20)$$

где B – половина расстояния между смежными бороздами;

H – полное давление (напор) почвенной влаги, складывающийся из гравитационной z и капиллярной Ψ составляющих: $H = z - \Psi$, м;

C – коэффициент дифференциальной влагоемкости, связывающий влагосодержание в малом объеме почвы с изменением капиллярного напора в нем, 1/м;

L – толщина расчетного слоя почвы, м;

z – глубина от поверхности почвы, м;

K_w – коэффициент влагопроводности, м/сут;

y – горизонтальное расстояние от оси борозды, м;

t – время от начала полива, сут.

Уравнение (I.20) решалось при следующих граничных условиях.

I. На поверхности почвы во время полива по микробороздам с глубиной наполнения H_0 учитывалось испарение между смежными бороздами.

Граничными условиями являлось: $z = 0; 0 \le y \le B;$

$$K_w \cdot \frac{\partial H(z,y,t)}{\partial z} = -E \quad , \quad (I.21)$$
$$H = h; z = 0; 0 < y < y_6 \ldots,$$

где $y_б$ - половина ширины борозды по урезу воды в ней.

2. Расчет велся до глубины L, равной 2,0 м, где влажность по профилю почвы изменялась незначительно, так как грунтовые воды были расположены ниже 10 м от поверхности.

3. В середине, между смежными бороздами с расстоянием от борозды $y = B$ и в слое $0 \le z \le L$

$$K_w \frac{\partial H(z, y, t)}{\partial y} = 0. \qquad (1.22)$$

За начальное условие при решении уравнения (1.20) принимались известные из опыта профили распределения влажности по глубине почвы.

Зависимость коэффициента влагопроводности от влажности почвы рассчитывалась по известному уравнению С.Ф.Аверьянова с поправкой А.И.Голованова (1974):

$$K_w = K_\phi \left(\frac{W - МГ}{\sigma - МГ} \right)^5, \text{ м/сут.}, \qquad (1.23)$$

где K_ϕ - коэффициент фильтрации, м/сут;

σ - пористость;

W - объемная влажность;

Зависимость капиллярного давления от влажности почвы выражается формулой (А.И.Голованов, 1974):

$$\frac{W - МГ}{\sigma - МГ} \; e^{-\left(\frac{\psi}{D}\right)^c}; \qquad (1.24)$$

где D, C – эмпирические коэффициенты, зависящие от строения порового пространства почвы, устанавливаемое в зависимости от гранулометрического состава.

ψ – капиллярное давление (при $W < m$ условно принимается $\psi > 0$);

МГ – максимальная гигроскопичность.

При расчете принималась следующая схема, рис.I.8.

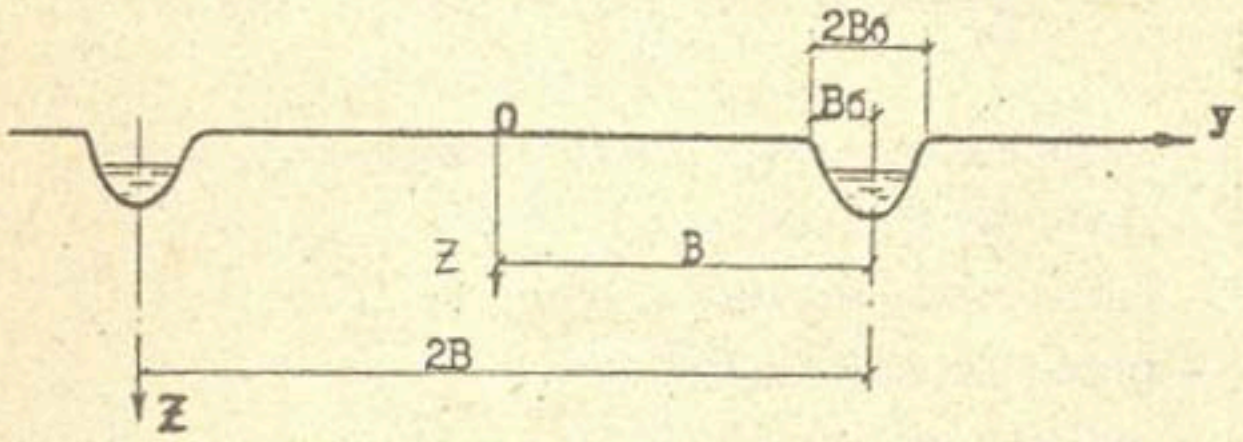


Рис.I.8. Расчетная схема

Гидродинамический расчет элементов техники полива по микроборозда м проводился по методике, разработанной в Агрофизическом институте (С.В.Нерпин, Т.А.Неусыпина). При расчете принято, что форма периметра микроборозды описывается квадратичной параболой. Тогда площадь живого сечения потока и в микроборозде выражается уравнением (I.I8), в котором A = 0,05 $м^{I/2}$.

Смоченный периметр аппроксимировался приближенной зависимостью вида: $\chi_б = a_0 \cdot h^{c_0}$, м (I.25)

где $a_0 = 0,9$; $c_0 = 0,625$;

h – глубина воды, м.

Для описания движения воды в микроборозде использовано уравнение сохранения массы, дополненное уравнением Шези:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \bar{q}_n}{\partial x} = -\bar{q}_в\,(x), \qquad (I.26)$$

$$\bar{q}_n = c\omega\sqrt{I \cdot R}, \ м^3/с \qquad (I.27)$$

где t – время с начала подачи воды в микроборозду;

I – уклон дна борозды;

$\bar{q}_n$ – расход в любом сечения, $м^3/с$;

R – гидравлический радиус, м;

C – коэффициент Шези., $м^{1/2}/с$;

$q_в(x)$ – расход воды, впитавшийся на единицу длины на расстоянии x от начала борозды.

Используя зависимость скорости впитывания А.Н.Костякова и учитывая, что $\partial\omega/\partial t$ значительно меньше остальных двух членов, уравнение (I.27) записано Т.А.Неусыпиной (I985, I988) в виде:

$$\partial\bar{q}_n/\partial x = k_0 \cdot \chi/(t - t_g)^{\alpha}, \qquad (I.28)$$

где χ – смоченный периметр, м;

$t_g(x)$ – время добегания фронта потока до сечения x;

k_0 – скорость впитывания в конце первого часа, м/ч.

α – показатель степени, зависящий от свойств почв $(0{,}2 \leq \alpha \leq 0{,}8)$.

При расчете микроборозда с монотонно увеличивающейся извилистостью принимается как прямолинейная, но с переменным уклоном, определяемым по формуле:

$$J = J_0 \cdot \frac{dx}{dl}, \qquad (I.29)$$

где l - длина микроборозды;

x - длина склона;

J_0 - уклон склона;

J - уклон микроборозды.

Величина коэффициента извилистости является линейной функцией длины:

$$K_{изв} = dl/dx \geq 1 \qquad (.I.30)$$

или

$$K_{изв} = 1 + \mu l, \qquad (I.3I)$$

где $\mu = const$, $1/\mu$ и $J = J_0/(1+\mu l)$

Для прямолинейной микроборозды $K_{изв} = I$ и $\mu = 0$. Вместо уравнения (I.27) имеем:

$$q_n = c\omega\sqrt{J_0 \cdot R/(1+\mu l)}, \ м^3/с \qquad (I.32)$$

При определении $K_{изв}$ используются средние величины dl/dx.

Для решения уравнений (I.26)и(I.27) с помощью Т.А.Неусыпиной были разработаны алгоритмы и программа, позволяющие определить время и норму добегания воды, а также ее количество, впитавшейся в любом сечении и со всей длины микроборозды, в целом за все время полива. В каждый момент времени в выбранных сечениях микроборозды вычисляются уровень воды, продольный и фильтрационный потоки в почву, а также суммарный сброс в конце микроборозды. Для выполнения расчетов использовались заданные параметры ($\bar{q}_n$, $\mathcal{I}$, $\ell_к$, b_n, K_*, α). Коэффициент шероховатости "n" определялся в численных экспериментах на модели из сопоставления измеренного в опытах и рассчитанного времени добегания воды. Для установления воздействия катков на структурно-агрегатный состав почвы производились анализы по методу Н.И.Саввинова.

Проведена классификация склоновых земель. Она выполнена по методике М.Ф.Фисуна (1982) и В.А.Сурина (1988). Эксплуатационные, энергетические показатели и надежность рабочих органов для нарезки микроборозд оценивались по методике Госкомсельхозтехники СССР, рекомендуемой для испытания машин.

Исследования совместного движения воды и воздуха в низконапорных оросительных трубопроводах с частыми вертикальными изгибами проведены в лабораторной установке с переменным уклоном и в полевых условиях с использованием стеклянных труб.

Гидравлические характеристики новых конструкций трубчатой оросительной сети и капельной системы определены в лабораторных и натурных условиях - по общепринятой методике. Расчет критической скорости по удалению воздуха из распределительно-

поливного трубопровода с вертикальными изгибами в местах подачи воды производился на ЭВМ по методике Ленинградского института железнодорожного транспорта (В.С.Дикаревский и Н.А.Черников и др. 1958, 1978, 1973).

Обоснование применения капельного орошения для почвенно-рельефных условий Таджикской ССР выполнено по методике, разработанной И.П.Айдаровым и Ф.В.Унгуряну (1983).

Районирование способов и технологии орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях проведено с использованием методик, разработанных А.Н.Костяковым (1960), Н.Т.Лактаевым (1978), В.Ф.Носенко (1974), В.А.Суриным (1983) и Г.Ю.Шейнкиным (1970). Материалы исследований обрабатывались с применением методов математической статистики. Расчет экономической эффективности выполнен согласно Инструкции (1979) с учетом уточнений, предложенных сотрудниками кафедры экономики МГМИ.

Изучение состояния растений на участках с разным способом орошения проводилось в соответствии с "Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур", МСХ СССР, Мичуринск, 1973. Дополнительно проводилось определение влажности листьев, а также их биомассы общепринятым (весовым) методом. Учет урожайности проводился сплошным методом с последующим пересчетом на 1 га (В.А.Доспехов, М., 1979).

Государственное и ведомственное испытания катков и поливной техники проводились на Среднеазиатской и Таджикской машинно-испытательных станциях при непосредственном участии автора. При этом привлечены накопленные материалы многолетних исследований, полученных при его научном руководстве и непосредственном участии.

На основе хронометража проведена оценка трудовых, материальных и энергетических затрат.

Глава 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО МИКРОБОРОЗДАМ

2.I. Обоснование технологии полива по микробороздам

Теория и практика орошения склоновых земель при бороздковом поливе показывает, что с увеличением крутизны возрастает ирригационная эрозия, снижается равномерность увлажнения и растет поверхностный сброс.

Для исключения этих отрицательных явлений, исследователями разработан ряд приемов и предложений (табл.2.I).рис.2.I. Они включают воздействие на ложе борозд (уплотнение различными орудиями и оструктуривание химическими препаратами), изменение направления поливных борозд (нарезка борозд под острым углом к горизонталям), изменение расхода поливной струи в течение полива (переменные струи и импульсная подача воды). Эти приемы способствуют снижению ирригационной эрозии почвы и поверхностного сброса, улучшают равномерность увлажнения. Однако они технологически трудно выполнимы, требуют значительных трудовых и материальных затрат и в полной мере не решают поставленных задач.

Равномерное увлажнение и снижение поверхностного сброса можно обеспечить постепенным увеличением смоченной площади борозды по мере удаления от начала поливной площадки к ее концу.

Для снижения ирригационной эрозии необходимо уплотнить дно борозды и уменьшить его уклон. Для этого нужно было найти возможность ограничения геометрических размеров борозды, которые были бы адекватны расчетным размерам струи. Так родилась

Таблица 2.I

Существующие приемы улучшения качества бороздкового полива

Приемы	Сущность приема	Авторы	Недостатки
Воздействие на ложе борозды	Укрепление химическими препаратами. Уплотнение и щелевание. Предварительная замочка	Н.Ф.Матюнин К.П.Паганяс С.М.Кузнецов Х.М.Махсудов Г.Дадаев А.А.Разумовский и др.	Большие материальные и трудовые затраты
Создание оптимального уклона борозд	Нарезка борозд наискось горизонталям, планировка площади с постепенно убывающим уклоном, изогнутые борозды	А.Н.Костяков Н.Т.Лактаев В.А.Сурин В.М.Буачидзе Б.Ф.Камбаров И.Вырлев и др. J.Blair	Большие объемы планировочных работ
Регулирование расхода воды, подаваемой в борозды	Изменение размера струи после добегания. Импульсная подача расхода. Чередование подачи воды на различные типы борозд	А.Н.Костяков Н.Т.Лактаев В.А.Сурин Г.Ю.Шейнкин Н.Х.Хамраев Г.Ю.Юсупов А.О.Билик В.Ф.Носенко и др.	Сложность технологии

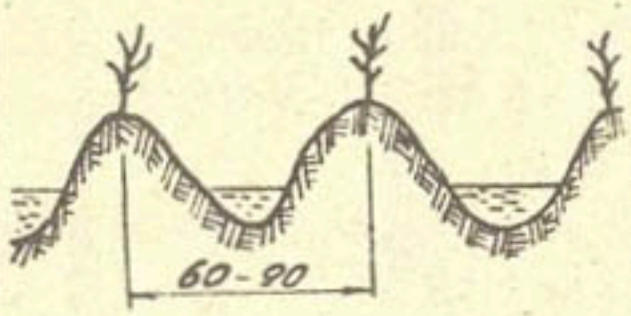
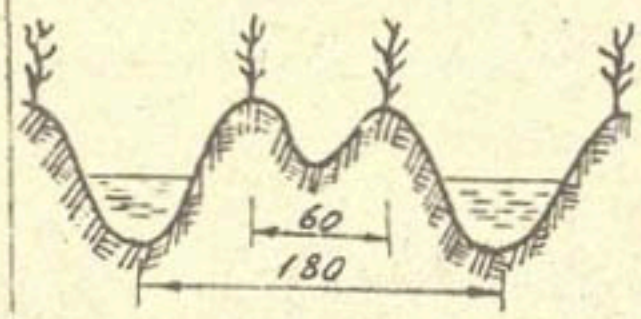
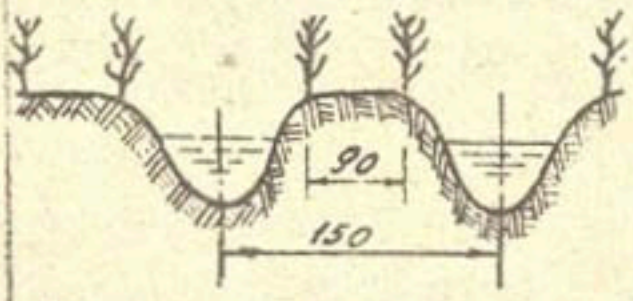
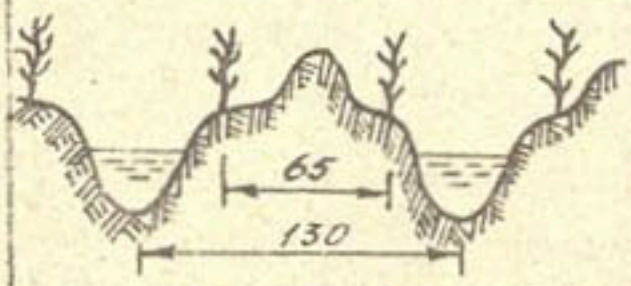
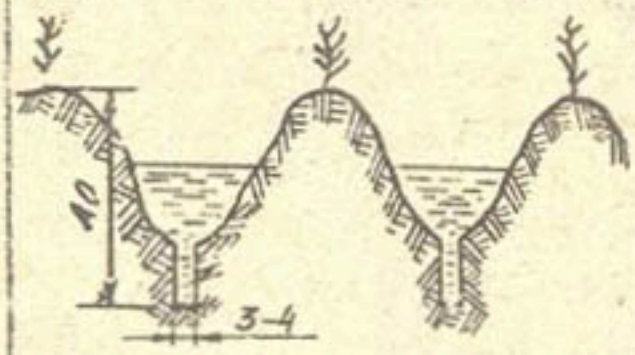
Тип борозд	Схема (размеры в см)	Область применения
Обычные борозды		Ширина междурядий: 60 см на почвах с повышенной водопроницаемостью; 90 см на почвах с пониженной водопроницаемостью; уклоны 0,005...0,025 при уклонах более 0,02 ширина междурядий принимается равной 120 см
Борозды с ленточным посевом (двухстрочный полив)		Длина борозд до 350м Повышение производительности труда на поливе и при междурядных обработках в 1,5...2 раза, экономия воды до 50% по сравн.с обычн.бороздами. Глубина борозд до 25 см
Борозды с широкими грядками		Полив хлопчатника и других культур при экономии до 50% оросительной воды
Террасированные борозды		Полив с/х культур на тяжелых бесструктурных почвах с уклонами i = 0,005...0,01
Борозды-щели		Используются для влагозарядковых и вегетационных поливов большими расходами на уклонах 0,008...0,01. Глубина промачивания почвы увеличивается в два раза. Нарезаются щелерезами или фрезами.
Формированные (прикатанные) борозды		Прикатываются в головной части для уменьшения утечек и повышения транспортирующей способности; щелевание на концевом участке борозды проводится для повышения равномерности увлажнения

Рис. 2.1. Существующие типы поливных борозд.

идея перехода на микроборозлковий полив. Поскольку прямолинейная микроборозда не решает полностью вопроса снижения поверхностного сброса и равномерности увлажнения, решено было их выполнить зигзагообразно в плане, что позволило уменьшить уклон борозды.

При выполнении микроборозд методом вдавливания уплотняется её дно. В зависимости от гранулометрического состава почвы, ширины междурядий и крутизны склона, микроборозды могут быть прямолинейными, прямолинейными с боковыми лунками, зигзагообразными с постоянным или же с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости (рис.2.2).

При этой технологии рабочие органы рыхлят почву в междурядьях на глубину до I5 см и на ширину несколько больше захвата катка. Идущие сзади катки своей цилиндрической поверхностью укатывают и слегка сглаживают полосу шириной 200–600 мм по центру междурядья, а выступы катков вдавливают на поверхности полосы прямолинейные или зигзагообразные микроборозды глубиной и шириной 3–5 см. Некоторое уплотнение дна и стенок микроборозд препятствует их размыву и обеспечивает интенсивное впитывание воды, а также способствует равномерному увлажнению почвы как по ширине, так и по длине поля.

По этой технологии для пропашных культур в уплотненных колесами трактора междурядьях увеличивают путь движения потока воды, нарезая зигзагообразные микроборозды, коэффициент извилистости которых принимают в зависимости от степени уплотнения междурядий колесами трактора.

Если поливают участки с почвой низкой водопроницаемости, то в междурядьях, где не проходят колеса трактора (тип В), также нарезают зигзагообразные микроборозды, но с меньшим

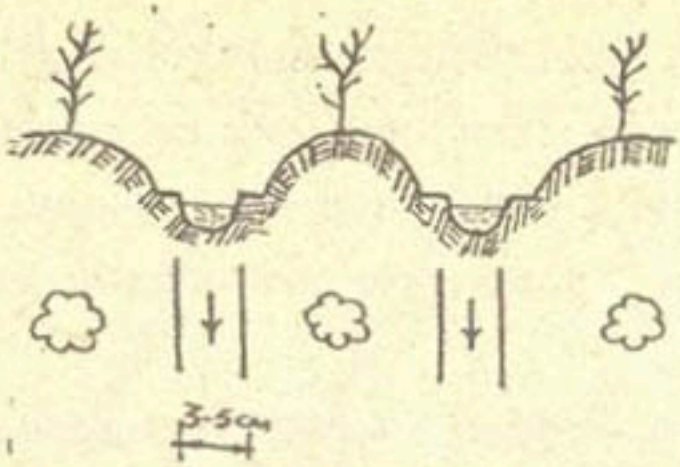
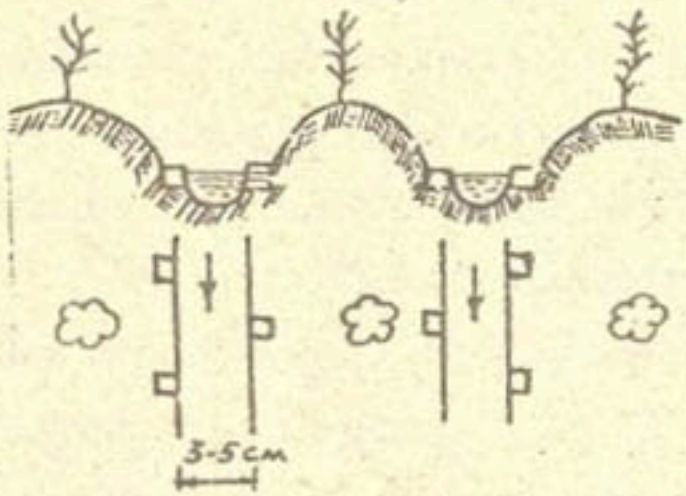
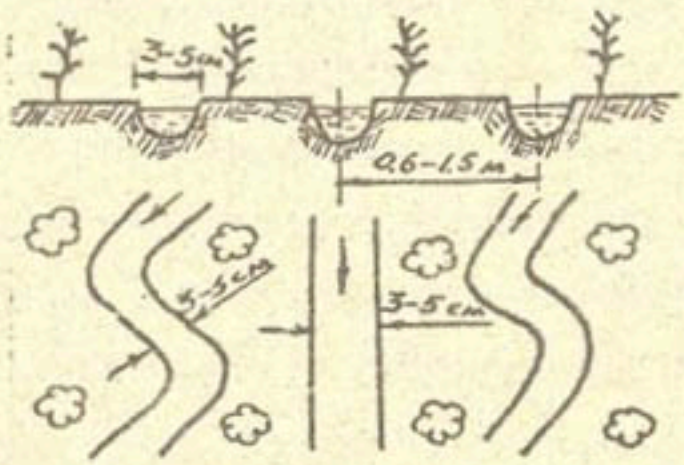
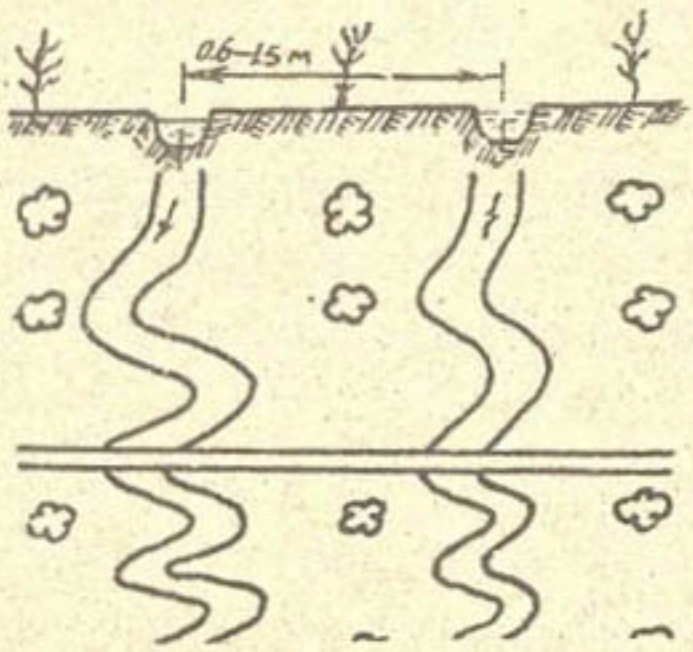
Тип борозд		Область применения
а) Борозды, формированные катками с прямолинейными выступами		На склоновых землях с сильно водопроницаемыми почвами, крутизной 0,01...0,04
б) То же с дополнительными поперечными выступами		На слабо водопроницаемых почвах при поливах в каждую борозду на землях с уклонами 0,01...0,04
в) Борозды, формированные комплектами катков с прямолинейными и зигзагообразными выступами с Кизв = 1,25 ...1,50		На пропашных культурах, на землях с уклонами 0,04 ... 0,10 при поливах в каждую борозду
г) Борозды, формированные специальным орудием с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости по длине		Преимущественно на садах и виноградниках на землях с уклонами 0,10...0,2

Рис.2.2. Рекомендуемые типы поливных борозд.

коэффициентом извилистости, чем для уплотненных колесами междурядий (тип А и Б).

В междурядьях, уплотненных крайними колесами трактора (тип А), нарезают зигзагообразные микроборозды с большим коэффициентом извилистости, чем для междурядий, уплотненных передним колесом трактора (тип Б). При хорошей водопроницаемости почвы в междурядьях, не уплотненных колесами трактора, выполняют прямолинейные микроборозды. Благодаря различной извилистости микроборозд струя воды в разной степени уплотненных междурядьях имеет одинаковую скорость добегания, что улучшает равномерность увлажнения поля.

На рис.2.3 показаны поперечные сечения борозд и микроборозд, выполняемые различными рабочими органами: обычные, нарезаемые окучниками (а), обычные с прикатыванием (б) и микроборозды (в), нарезаемые катками и специальными орудиями, работающими от гидросистемы трактора.

Обычная борозда (рис.2.3а) на уклонах больше 0,01 размывается в первые же минуты пуска воды из-за рыхлости почвы, оснавшейся после прохода рабочих органов. Вынос почвы за один вегетационный период при этом достигает 150 т/га (см.гл.I).

В обычной с прикатанным дном борозде (рис.2.3б) вода слабо впитывается в почву. Продолжительность полива при нормах 700-1000 $м^3$/га достигает 7-10 сут, так как дно борозды размещено близко к ненарушенному горизонту почвы и дополнительно уплотняется рабочим органом трактора.

Микроборозда, одновременно с культивацией (рис.2.3в) вдавливается специальными катками, масса которых выбирается в зависимости от гранулометрического состава почвы, необходимого размера микроборозды и коэффициента извилистости. У прямолинейной

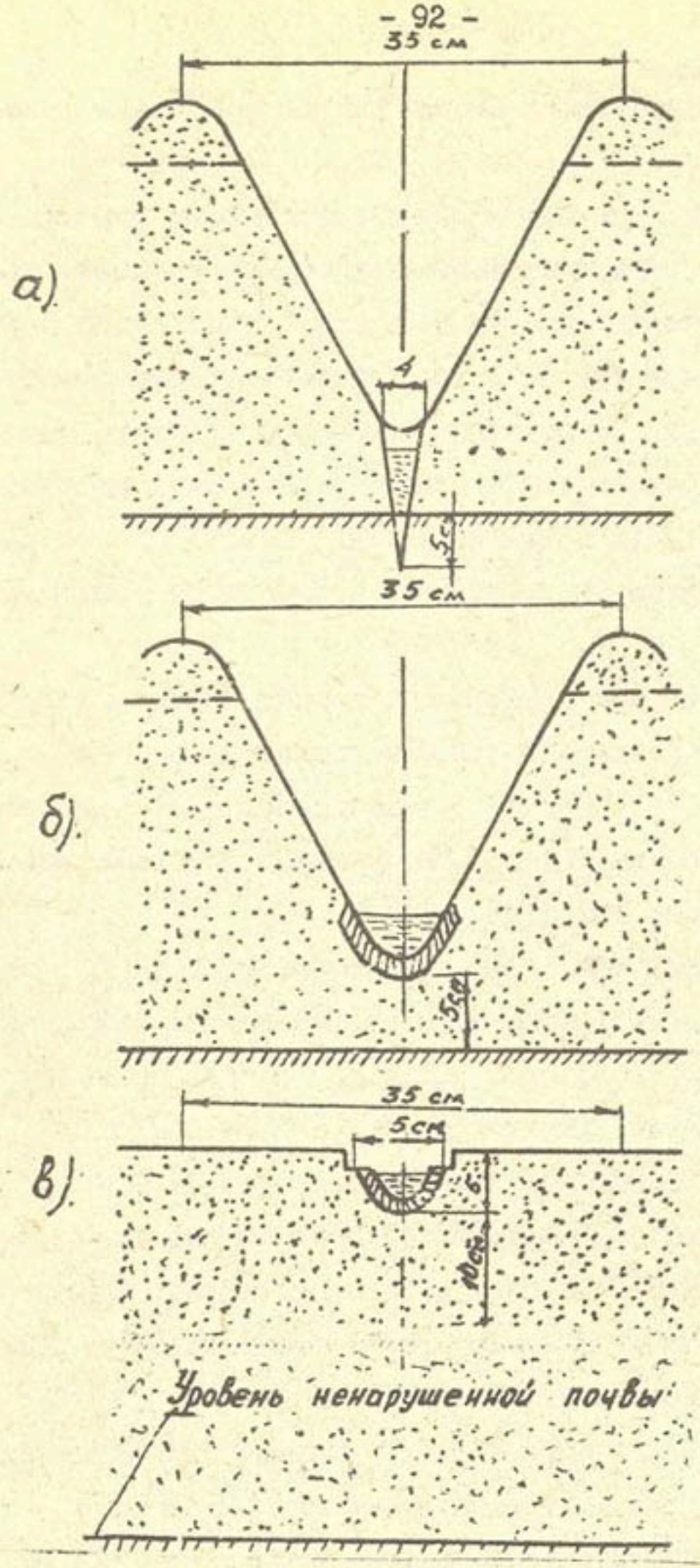


Рис.2.3.Поперечное сечение поливных борозд: а - обычная, нарезанная окучником НЮ-27А; б - обычная с прикатанным дном; в - микроборозда, вдавленная катками.

микроборозды уклон дна равен уклону склона $i_д = i_с$. У зигзагообразной - в несколько раз меньше $i_д < i_с$. Такая микроборозда размещается в верхнем слое почвы и имеет уплотненное дно толщиной 3-5 см, которое препятствует размыву. Под дном микроборозды имеется сравнительно рыхлый слой почвы, толщиной 10-12 см, который интенсивно впитывает воду. В то же время сравнительно быстро происходит добегание воды до конца борозды и достигается равномерность увлажнения почвы как по ширине междурядий, так и по длине поля.

Если при поливе по обычным бороздам допустимый из условия минимальной эрозии уклон $i_д$ = 0,005-0,05, то при поливе по прямолинейным микробороздам благодаря уплотнению ложа, его можно увеличить до $i_д$ = 0,1.

При определении предельной крутизны склона для нарезки микроборозд нами учитывалась возможность работы существующих тракторов, которые могут быть использованы на склонах не круче 0,15-0,20.

Выполнение микроборозд нетрудоемко. Перед поливом проводят обычную культивацию, но вместо окучника-бороздодела на культиватор за рыхлителями устанавливают катки с выступами или специальный рабочий орган.

Для пропуска поливного расхода 0,03-0,20 л/с достаточно иметь микроборозды с площадью поперечного сечения 2-10 $см^2$, что обеспечит полив на расчетную длину 60-100 метров. Следовательно, высота выступа катка или рабочего органа должна быть в пределах 30-50 мм.

Для улучшения равномерности увлажнения орошаемого поля и снижения поверхностного сброса с учетом технологии проведения агротехнических работ, уклона орошаемого поля и динамики впиты-

вания воды при бороздковом поливе, нами предложен вариант нарезки микроборозд с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости, применительно к широкорядным культурам.

Коэффициент извилистости ($K_{изв}$) представляет собой отношение длины зигзагообразной микроборозды к длине поливной площадки (склона) по прямой.

Предельные значения монотонного изменения коэффициента извилистости, а следовательно, площади дополнительной смоченной поверхности, устанавливаются в каждом конкретном случае, исходя из водопроницаемости и гранулометрического состава почвы, ширины поливной площадки и др. (рис. 2.2,г).

А.Н.Костяков (1961) поливной площадкой называет ту "определенным образом ограниченную от соседних площадь орошаемого поля, на которую сразу выпускается одна поливная струя"[1]. Принимая во внимание это определение, полоса, на которой нарезается зигзагообразная микроборозда, нами названа поливной площадкой".

Ниже даются результаты исследования равномерности увлажнения склоновых земель по предлагаемой технологии нарезки микроборозд.

2.2. Исследование равномерности увлажнения склоновых земель при поливе по микробороздам

Принимая за основу расчета полива по микробороздам результаты исследований А.Н.Костякова (1960), И.Вырлева (1979), Ц.Е. Мирцхулавы (1970) и др., а также наших исследований на склоновых землях крутизной 0,01–0,20 предлагается:

– поливные микроборозды нарезать вдоль склона специальными катками и орудиями;

[1] Костяков А.Н.Научные труды.–Т.I.–М.: Сельхозгиз,1960.– С.35.

- для выравнивания увлажнения по длине поливной площадки и исключения поверхностного сброса на широкорядных культурах выполнять микроборозды с коэффициентом извилистости, монотонно нарастающим от начала к концу поливной площадки, а следовательно с уменьшающимся уклоном. На такие микроборозды подаются постоянные поливные струи в течение всего полива.

- на узкорядных культурах подавать переменные расходы воды, а микроборозды выполнять катками с различным коэффициентом извилистости или с дополнительными боковыми лункообразователями.

При поливе склоновых земель по обычным бороздам из-за малого размера поливной струи (0,02-0,20 л/с) и, как следствие, малых размеров живого сечения, расчетные поливные нормы 700-1000 $м^3$/га впитываются в почву за время полива ($t_п$ = 50-140 ч). Время добегания их до конца 100-метровой борозды составляет $t_д$ = 12-30 ч, т.е. соотношение времени полива к времени добегания $t_п / t_д$ = 4-7.

Поэтому основная часть поливной нормы впитывается за период после добегания, в результате чего происходит большой поверхностный сброс.

В обычных бороздах в верхней части поливной площадки вода в течение всего полива впитывается при постоянном значении гидравлических элементов струи, глубины воды h, смоченного периметра x и скорости v. Здесь скорость впитывания постепенно снижается. На нижнем концевом участке борозды, начиная с момента добегания струи, постепенно увеличивается глубина воды и смоченный периметр, что способствует, до определенного предела, повышению расхода впитавшейся воды. Одновременно с этим, увеличивается поверхностный сброс. После определенного времени

снижается скорость впитывания воды. На рис.2.4 схематически показаны графики расхода впитавшейся воды на начальном (а) и конечном (б) участках обычной борозды.

На начальном и конечном участках борозды (поливной площадки) почва будет равномерно увлажняться, если соблюдается условие:

$$\bar{q}_в^н \cdot t_п = \bar{q}_в^к (t_п - t_д) , \qquad (2.I)$$

где $\bar{q}_в^н$, $\bar{q}_в^к$ – средний взвешенный за время полива расход воды на впитывание на длину I м, соответственно в начале и в конце поливной площадки.

При нарезке прямолинейных поливных борозд обычными окучниками такое равенство не достигается, так как начальный участок дольше находится с водой, а глубина воды и смоченный периметр здесь значительно больше, чем на конечном участке борозды. Поэтому переувлажняется начальный участок и недоувлажняется конечный участок борозды.

Для доувлажнения конечного участка борозды необходимо продолжать полив, увеличивая при этом поливные нормы брутто. Это приводит к переувлажнению начального участка борозды, большому поверхностному сбросу, а на склоновых землях – к увеличению смыва почвы.

Поэтому исследователи и практики рекомендуют многократно изменять размер поливной струи после добегания до конца борозды, т.е. поливать переменной во времени струей.

Такая технология полива способствует некоторому снижению поверхностного сброса, но не позволяет выравнить увлажнение по длине борозд.

Если поливные борозды (микроборозды) нарезать катками с

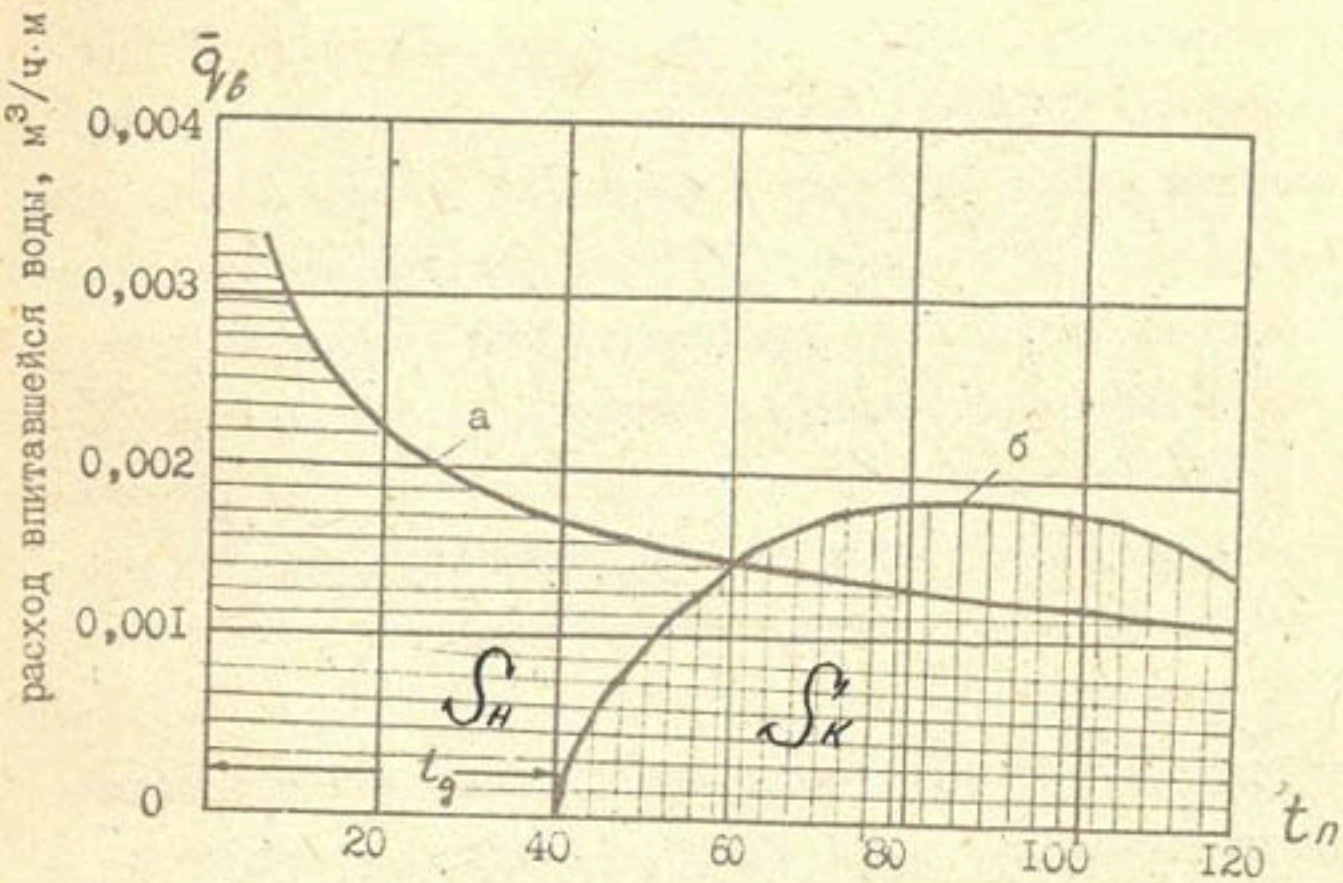


Рис. 2.4. Изменение удельного расхода впитавшейся воды ($м^3$/ч·м) на начальном $\bar{q}_в^н$ (а) и конечном $\bar{q}_в^к$ (б) участках поливной площадки при поливе по обычным бороздам. Площади под кривыми а и б соответствуют объемам воды $S_н$, $S_к$ ($м^3$/ч·м) впитавшейся в начале и в конце борозды.

прямолинейными выступами методом вдавливания, то дно их слегка уплотняется и слабо фильтрует воду. Вода будет впитываться, в основном, через боковые поверхности. На рис.2.5 изображена эпюра распределения давлений в поперечном сечении ложа микробороздз, выполненных катками, где линия одинаковых давлений имеет вид эллипсов, вытянутых вниз большой осью, как в случае действия сосредоточенной нагрузки на грунт (Н.А.Цытович, 1983). На такой микроборозде вода будет в основном впитываться через капилляры боковой поверхности, что способствует расширению зоны увлажнения и некоторому уменьшению глубины увлажнения, следовательно, снижаются потери воды на глубинный сброс. Зона уплотнения (I) мало фильтрует воду и не размывается при скоростях движения воды 0,2-0,3 м/с, оказывая противоэрозионное сопротивление.

В зависимости от водопроницаемости почвы и величины поливных норм изменяется отношение $B_{уд}/H_{в}$ (рис 2.5) Так, для слабоводопроницаемых почв оно больше, для сильноводопроницаемых - меньше единицы.

На такой микроборозде струя воды сравнительно быстро добегает до конца поливной площадки, в силу уплотненного, сравнительно гладкого её дна.

График удельных расходов воды, впитавшейся на начальных и конечных участках прямолинейной микробороздз, имеет близкое очертание к эпюрам впитывания воды в обычных бороздах, нарезаемых окучниками НКУ-27А (рис.2.4), но наблюдается его выравнивание во времени.

Из-за лучшего впитывания воды боковыми поверхностями, особенно на конечном участке, где расход воды нарастает во времени, несколько улучшается равномерность увлажнения по длине микро-

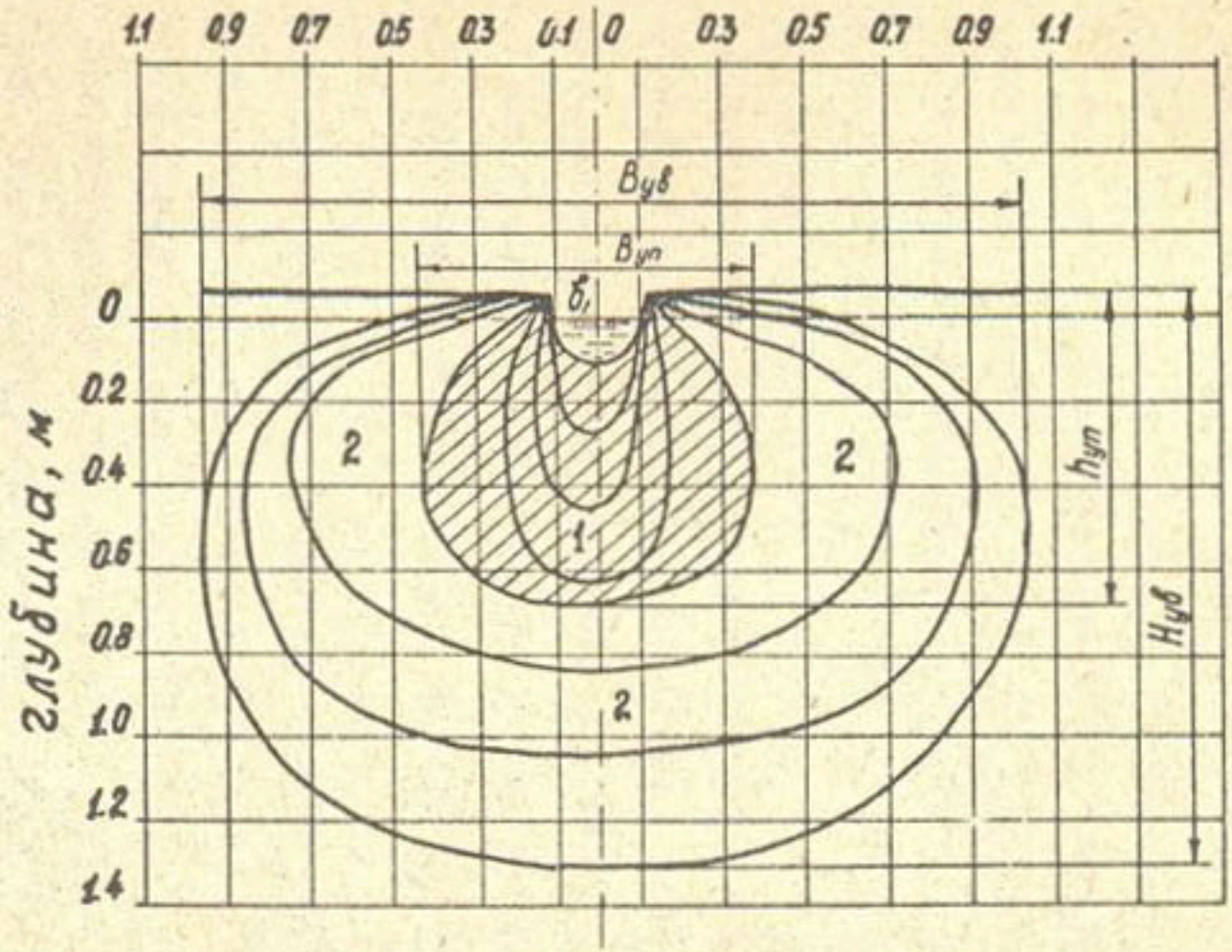


Рис. 2.5. Характер зоны уплотнения (I) и контуров увлажнения (2), при поливах по микроборозда: b_1 - ширина зеркала воды: $B_{уп}$, $B_{ув}$ - соответственно ширина зоны уплотнения и увлажнения; $h_{уп}$ и $H_{ув}$ - глубина зоны уплотнения и увлажнения.

борозд и снижается поверхностный сброс.

Для снижения поверхностного сброса до минимального значения требуется несколько уменьшить размер струи после добегания ее до конца поливной площадки.

При такой технологии нарезки микроборозд и подаче переменного во времени расхода воды также не удается полностью исключить переувлажнение начального участка поливной площадки. Здесь необходимо установить степень изменения поливной струи после добегания, из условия снижения поверхностного сброса. При нарезке микроборозд с поперечными лунками и постоянным коэффициентом извилистости, дополнительные лунки и зигзаги позволяют несколько снизить скорости движения воды и смыв почвы, тем самым до определенного предела выравнить увлажнение по длине поливной площадки и в какой-то мере сократить поверхностный сброс.

Такие типы микроборозд обеспечивают выравнивание добегания воды на междурядьях с различной шероховатостью, образующейся при работе трехколесных тракторов на пропашных культурах, в частности на хлопчатнике. Для этого по следу колеса трактора нарезаются микроборозды с большим количеством боковых лунок или большим коэффициентом извилистости, чем на междурядьях, где не проходят колеса тракторов. На таких микроборозднах расчетным путем устанавливается количество лунок и коэффициент извилистости для междурядий с различным коэффициентом шероховатости.

Особый интерес представляет микроборозда, вдавленная специальным орудием, позволяющим монотонно увеличить коэффициент извилистости от начала к концу поливной площадки. Такая микроборозда нарезается по обе стороны от центра междурядия. Края полосы нарезки должны располагаться на расстоянии 0,5–0,6 м от

рядов растений (см.приложение П.I).

На верхней начальной части поливной площадки она имеет минимальный коэффициент извилистости ($K^{к}_{изв} = 1,0-1,5$) , а в конце - максимальный, например ($K^{к}_{изв} = 2,0-4,0$).

Таким образом, по мере удаления от начала поливной площадки к её концу, монотонно увеличивается удельная поглощающая поверхность. При этом пропорционально извилистости снижается уклон дна микроборозды, что способствует лучшему наполнению и впитыванию воды в почву. На концевом участке поливной площадки, благодаря большему значению коэффициента извилистости, а следовательно, большей площади соприкосновения воды с почвой, создается условие для впитывания большей части стока.

Удельный расход впитавшейся воды на единицу длины склона на этом участке постепенно возрастает. По мере повышения горизонта воды, включается во впитывание все большая площадь боковых поверхностей микроборозды с активными капиллярами. Поэтому, сброс на конце поливной площадки почти отсутствует и достигается выравнивание увлажнения по всей длине склона.

Для обеспечения равномерности увлажнения и снижения ирригационной эрозии почвы при обычном бороздковом поливе, элементы техники полива принимаются в зависимости от уклона склона. В частности, чем больше уклон поверхности, тем меньше расход поливной струи и длина борозды.

На первый взгляд, при поливе по зигзагообразным микроборозадам коэффициент извилистости ($К_{изв}$) как бы должен зависеть от уклона склона: с увеличением уклона он должен расти.

Но теоретический анализ и эксперименты показали, что увеличение $К_{изв}$ с повышением уклона, особенно в начальном участке склона, может привести к нарушению равномерности увлажнения по

длине склона. Поэтому, на зигзагообразных микробороздах расход поливной струи и длина поливной площадки как и на обычных бороздах назначается в зависимости от уклона поля, а коэффициент извилистости - от водно-физических свойств почвы. От уклона он зависит косвенно, так как начальный участок рационально выполнить с минимальным (I,0-I,5) коэффициентом извилистости.

Основная задача расчета полива по зигзагообразным микробороздам состоит в подборе коэффициента извилистости, обеспечивающего равномерность увлажнения и минимальный поверхностный сброс, значение которого в конце поливной площадки можно выразить следующей функциональной зависимостью:

$$K^{к}_{изв} = f(K_o, \alpha, l_c, b_{пн}, m), \qquad (2.2)$$

где $K^{к}_{изв}$ - коэффициент извилистости микроборозд в конце поливной площадки;

K_o - скорость впитывания воды в почву в конце первого часа, м/ч;

α - показатель степени затухания скорости впитывания, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности;

l_c - длина поливной площадки, зависящая от уклона склона, м;

$b_{пн}$ - ширина полосы нарезки, м;

m - расчетная поливная норма, $м^3/га$.

Элементы техники полива по прямолинейным микробороздам без боковых лунок рассчитывают по известным формулам А.Н.Костякова.

При наличии боковых лунок в эти формулы вводится коэффициент " $K_л$ ", учитывающий площадь боковых лунок, приходящуюся на расчетную длину микроборозды:

$$K_л = \frac{\omega'_л}{\omega_м}, \qquad (2.3)$$

где $\omega_м^1$ - смоченная площадь микроборозды с боковыми лунками;

$\omega_м$ - смоченная площадь микроборозды без боковых лунок.

Время добегания поливной струи применительно к такой микроборозде рассчитывается по формуле А.Н.Костякова:

$$t_g = \left(\frac{K_0 \cdot \bar{x} \cdot l_к}{\bar{q}_0}\right)^{\frac{1}{2}} ; \qquad (2.4)$$

где $l_к$ - длина микроборозды, м;

$\bar{x}$ - осредненний смоченный периметр, с учетом лунок, м;

$\bar{q}_0$ - расход поливной струи, $м^3/с$.

Зигзагообразная микроборозда в плане нарезается по синусоидальной кривой (рис. 2.6), что обеспечивает наибольшую устойчивость русла. Уравнение её при постоянной коэффициенте извилистости можно записать так:

$$y = b_{пн}/2 \, Sin K_з \pi x , \qquad (2.5)$$

где y - расстояние от оси x до края полосы нарезки микроборозды, м;

$b_{пн}$ - ширина полосы для нарезки микроборозд, м;

x - расстояние от начала поливной площадки, м;

$K_з$ - коэффициент, характеризующий извилистость микроборозды.

При монотонно возрастающей извилистости $K_з = C_1 x$, где коэффициент C_1 1/м зависит от ширины полосы нарезки и коэффициента извилистости. Тогда формула синусоиды принимает вид:

$$y = \frac{b_{пн}}{2} \cdot Sin C_1 \pi x^2 . \qquad (2.6)$$

Для расчета алементов техники полива необходимо определить фактическую длину зигзагообразной микроборозды (l_x) на любом

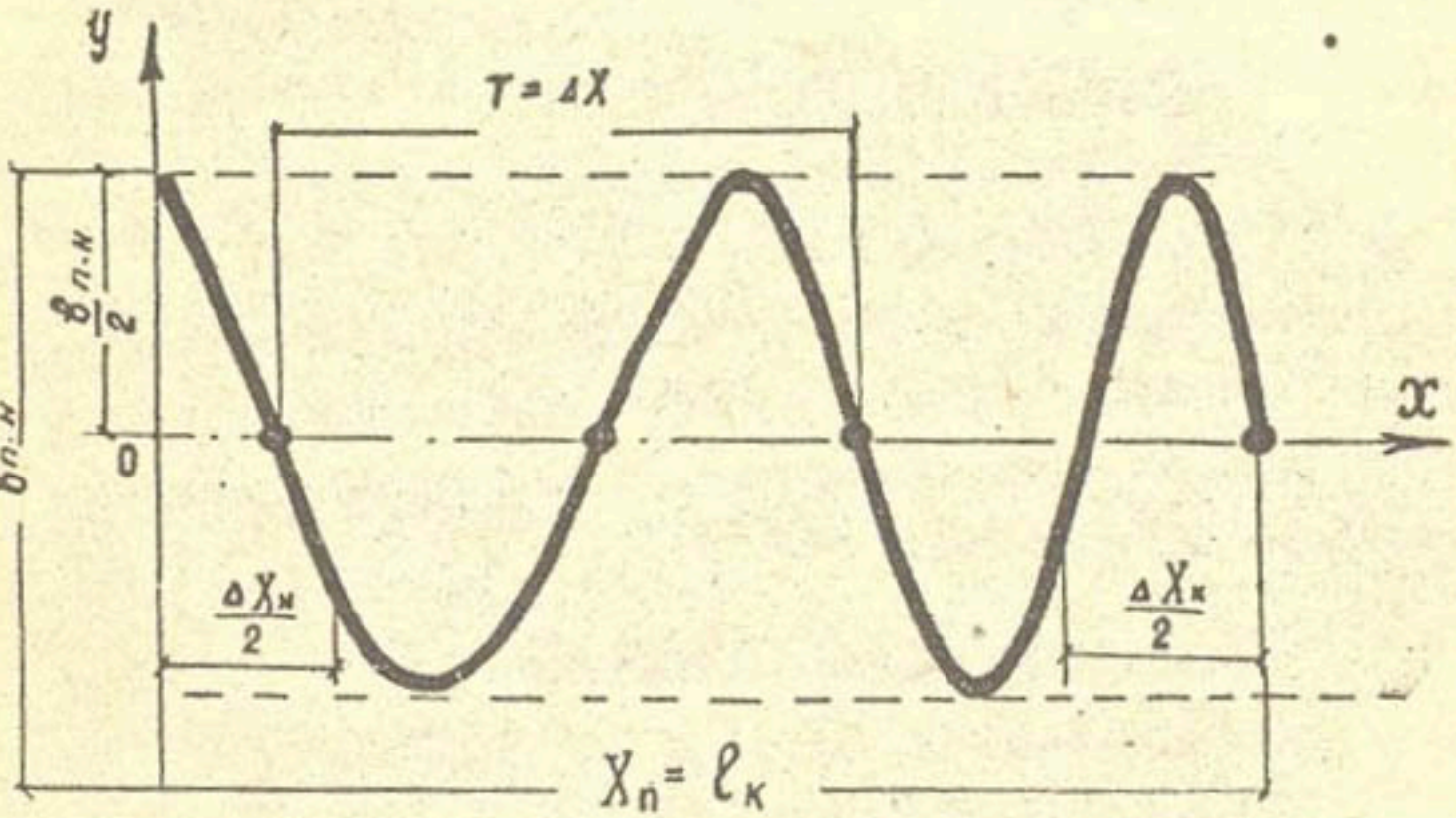


Рис. 2.6. Схема зигзагообразной микроборозды с монотонно увеличивающимся $K_{изв}$ (в плане).

расстоянии от начала поливной площадки, коэффициент извилистости ($K_{изв}$), расстояние между полными периодами (Δx), число периодов (n_c) и др.

Длина зигзагообразной микроборозды вычисляется по формуле (2.7), получаемой путем интегрирования (2.6) по длине склона

$$l_к = x + \frac{(C_1 \pi b_{пн})^2}{4} x\left[\frac{x^2}{3} + \frac{1}{4C_1\pi} Sin\, 2C_1\pi x^2\right] - \frac{b_{пн}^2 \pi \sqrt{C_1}}{16} \cdot S(\sqrt{2C_1\pi x}); \qquad (2.7)$$

где $l_к$ – длина микроборозды, м; x – длина поливной площадки, м; S – синус интеграла Френеля, численное значение которого берутся в справочниках (Градштейн И.С., Рыжик И.М., 1962); C_1 – параметр, подбираемый в зависимости от $b_{пн}$ и $K_{изв}$ (Приложение 2).

Для определения коэффициента извилистости делим левую и правую части равенства (2.7) на x, тогда:

$$\bar{K}_{изв} = 1 - \frac{(C_1 \pi b_{пн})^2}{4}\left[\frac{x^2}{3} + \frac{1}{4C_1\pi} Sin\, 2C_1\pi x^2\right] - \frac{b_{пн}^2 \pi \sqrt{C_1}}{16} \cdot \frac{S(\sqrt{2C_1\pi x})}{x}; \qquad (2.8)$$

в зависимости от $K_{изв}$, $b_{пн}$ и x, значение коэффициента колеблется в пределах C_1 = 0,0035–0,041 1/м. Расстояние между полными периодами кривой микроборозды (Δx) можно найти по формуле:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{1}{2C_1}(1+4n_c)} - \sqrt{(4n_c - 3)}; \qquad (2.9)$$

где n_c – число полных периодов на длине поливной площадки x;

$$n_c = (2C_1 x_п^2 + 3)/4; \qquad (2.10)$$

Расстояние кратное полным периодом $x_п$, определяют по формуле:

$$x_n = \sqrt{\frac{1}{2C_1}\left[1+4(n_c-1)\right]} \quad ; \qquad (2.11)$$

Одним из важных элементов зигзагообразной микроборозды, исходя из условий смыкания контура увлажнения, является расстояние между полупериодами $\Delta x/2$. В табл. 2.2. приведены его значения при различной ширине полосы нарезки и разных коэффициентах извилистости в начале и конце склона, длиной 100 м.

За основу расчета элементов техники полива по зигзагообразным микробороздам нами принята формула А.Н.Костякова(1960). На склоновых землях, учитывая эрозионную опасность, размер поливной струи ($\bar{q}_n$) рекомендуется устанавливать в зависимости от уклона и водопроницаемости почвы на основе опытных данных. Длина поливной площадки принимается в пределах 60-100 м.

Исходя из принятых размеров $\bar{q}_n$ и l_c, ставится задача равномерного распределения расхода воды по всей длине поливной площадки. Для этого необходимо установить продолжительность полива t_n, оптимальные значения времени добегания (t_g) и коэффициента извилистости ($K_{изв}$) в конце поливной площадки.

При известных m, b_n, l_c и $\bar{q}_n$ продолжительность полива вычисляется по формуле:

$$t_n = \frac{m b_n l_c}{3600\,\bar{q}_n \cdot 10^4} \quad ; \qquad (2.12)$$

где t_n - продолжительность полива, ч;

m - расчетная поливная норма, $м^3/га$;

b_n - ширина поливной площадки, м;

l_c - длина поливной площадки, м;

$\bar{q}_n$ - расход поливной струи, $м^3/с$.

Для установления объемов впитавшейся воды используются эпюры впитавшихся расходов воды на элементарных участках полив-

Таблица 2.2

Элементы зигзагообразной микроборозды при различной ширине полосы нарезки и коэффициенте извилистости (при длине склона 100 м)

Коэффициент извилистости в конце поливной площадки $K^{к}_{изв}$	Ширина полосы нарезки 0,50				I,0				I,5				2,0			
	число полупериодов n_c	полупериоды $\Delta x/2$, м начало	конец	длина микроборозды, м $l_к$	число полупериодов n_c	полупериоды $\Delta x/2$ начало	конец	длина микроборозды, м $l_к$	число полупериодов n_c	полупериоды $\Delta x/2$ начало	конец	длина микроборозды, м $l_к$	число полупериодов n_c	полупериоды $\Delta x/2$ начало	конец	длина микроборозды, м $l_к$
I,5	25,6	6,I	I,0	I20	I2,8	I2,2	2,0	I20	8,5	I8,36	3,0	I20	6,4	24,5	4,I	I20
2,0	34,2	5,3	0,8	I33	I7,I	I0,6	I,6	I33	II,4	I5,90	2,3	I33	8,5	2I,2	3,I	I33
3,0	50,4	4,4	0,5	I64	25,2	8,7	I,0	I64	I7,3	I3,08	I,5	I64	I2,6	I7,4	2,0	I64
4,0	67,6	3,7	0,4	2I0	33,8	7,5	0,7	2I0	22,5	II,28	I,I	2I0	I6,5	I5,0	I,4	2I0

ной площадки длиной $\Delta x = 1м$ в начале (I) и в конце (2) склона (рис.2.7). При расчете сделано допущение, что расстояние между ветвями зигзагов в конце поливной площадки принято большое и поэтому в течение полива не влияет на снижение скорости впитывания воды в почву. Равномерное увлажнение поливной площадки ($K_p = 1.0$) по всей длине происходит при равенстве площадей эпюр или объемов впитывающейся воды $S_н$ и $S_к$.

Для установления значения коэффициента извилистости ($K^{к}_{изв}$) составляются балансовые уравнения объемов воды, впитавшейся на начальном и конечном участках поливной площадки. При этом учитывают изменчивость скорости впитывания воды в почву и известные значения $t_п$ и t_g .

Объемы воды, впитавшейся за время полива в начале и конце поливной площадки, устанавливается уравнениями

$$S_н = \int_0^{t_п} \bar{q}^{н}_{в} \cdot dt = \int_0^{t_п} \left(\frac{K_0 \cdot \chi_н \cdot \Delta x}{t^{\alpha}}\right) dt \ , \qquad (2.I3)$$

$$S_к = \int_{t_g}^{t_п} \bar{q}^{к}_{в} \cdot dt = \int_{t_g}^{t_п} \left(\frac{K_0 \cdot \bar{\chi}_к \cdot \Delta x}{t^{\alpha}}\right) dt \ , \qquad (2.I4)$$

где $\bar{q}_в$ – расход воды, впитавшейся на отрезке Δx , $м^3/ч$;

K_0 – скорость впитывания в конце первого часа, м/ч;

Δx – длина отрезка поливной площадки равная I м;

$\chi_н, \bar{\chi}_к$ – активные смоченные периметры микроборозды в начале и конце поливной площадки;

$t_п$ – продолжительность полива, ч;

После интегрирования объем впитавшейся воды на I м длины, (Δl) склона будет равен:

$$S = \frac{K_0}{1-\alpha} (t_п - t_g)^{1-\alpha} \cdot K_{изв} \cdot \chi \cdot \Delta l, \ м^3 \qquad (2.I5)$$

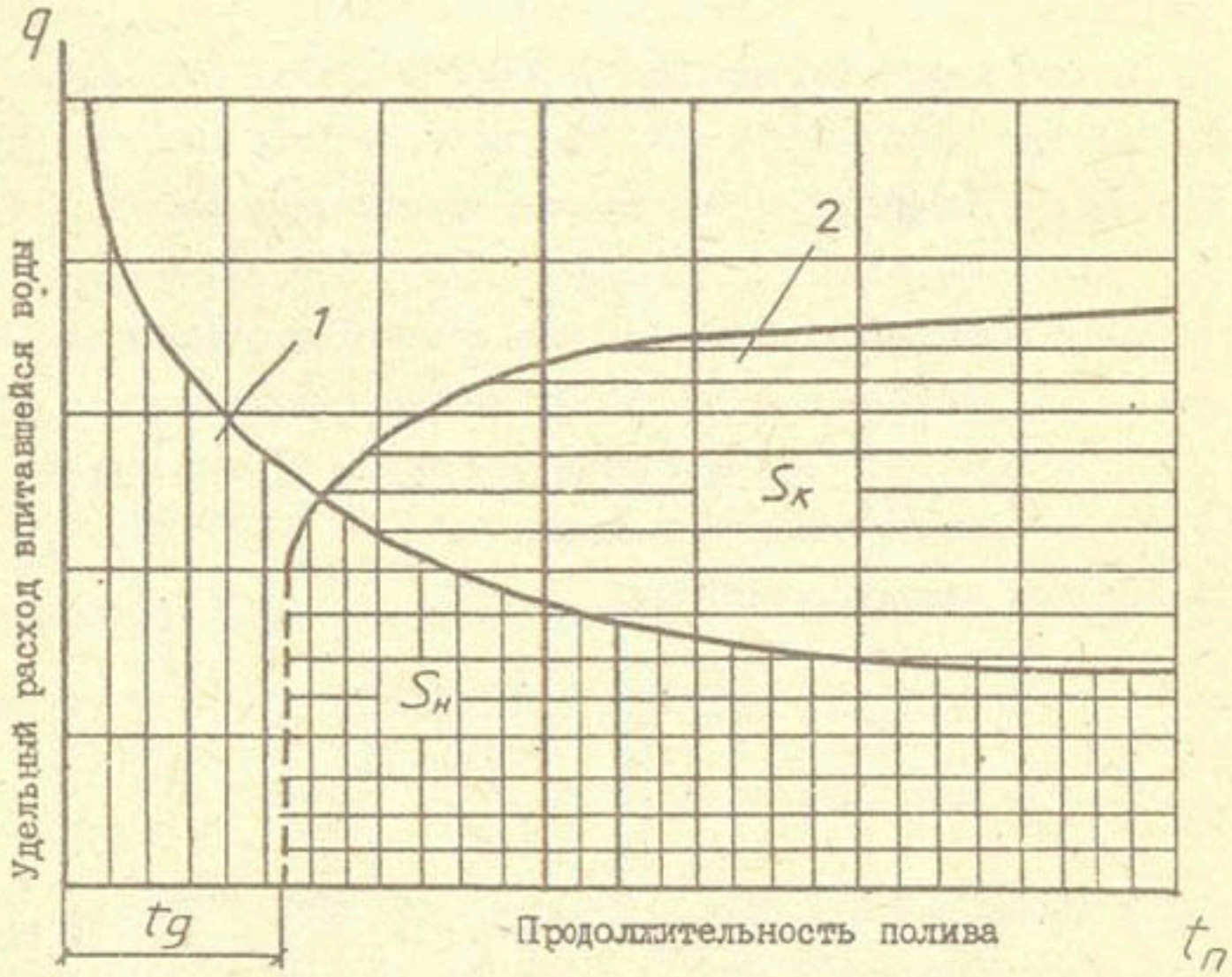


Рис. 2. Изменение удельного расхода впитавшейся воды по зигзагообразной микроборозде с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости: I - в начале поливной площадки; 2 - в конце поливной площадки; $S_н$ и $S_к$ - соответственно объем впитавшейся воды, в начале и конце склона.

где $K_{изв}$ – коэффициент извилистости микроборозд в рассматриваемом створе.

В начале поливной площадки когда $t_g \to 0$

$$S_н = \frac{K_0 \cdot t_п^{1-\alpha} \cdot \chi_н \cdot K_{изв}^{н} \cdot \Delta l}{1-\alpha}, \quad м^2 \qquad (2.16)$$

В конце поливной площадки при $x = l$

$$S_к = \frac{K_0 \cdot (t_п - t_g)^{1-\alpha} \cdot K_{изв}^{к} \cdot \bar{\chi}_к \cdot \Delta l}{1-\alpha}, \quad м^2 \qquad (2.17)$$

где $K_{изв}^{к}$ – коэффициент извилистости в конце поливной площадки;

K_0 – скорость впитывания воды в конечном участке микроборозды в конце первого часа поливной площадки, м/ч;

$\bar{\chi}_к$ – средневзвешенный смоченный периметр микроборозды в конце поливной площадки.

Коэффициент равномерности равен:

$$K_р = \frac{S_к}{S_н} = \frac{(t_п - t_g)^{1-\alpha} \cdot K_{изв}^{к} \cdot K_0' \cdot \bar{\chi}_к}{t_п^{1-\alpha} \cdot \chi_н \cdot K_0}, \qquad (2.18)$$

При $K_р = 1$

$$K_{изв}^{к} = \frac{t_п^{1-\alpha} \cdot K_0 \cdot \chi_н}{(t_п - t_g)^{1-\alpha} \cdot K_0' \cdot \bar{\chi}_к}, \qquad (2.19)$$

Зависимость (2.19) справедлива для случая, когда зигзагообразная микроборозда нарезана на широкой полосе, ветви её расположены далеко и слабо влияют друг на друга.

Как показывают экспериментальные данные о равномерности увлажнения в условиях склоновых земель Гиссарской долины Таджикской ССР, при ограниченной ширине полосы нарезки микроборозд и длительном поливе необходимо учитывать взаимное влияние ветвей

зигзагов на скорости впитывания. Следует учитывать и другое обстоятельство, что впитывание воды улучшается при медленном нарастании расхода струи на концевых участках поливной площадки.

Оптимальные условия равномерного увлажнения и снижения поверхностного сброса создаются, когда $\Delta x/_2 \geq H^{o}_{ув}$, где $H^{o}_{ув}$ – расчетная глубина увлажнения, м. Исходя из данных экспериментов для среднесуглинистых почв Гиссарской долины, при расчетной глубине увлажнения $H_{ув}$ = I,0 м, получены следующие предельные значения $K^{*}_{изб}$ в зависимости от ширины полосы нарезки микроборозд ($b_{пн}$), табл.2.3.

Таблица 2.3

Предельные значения $K_{изб} = f(b_{пн})$ при $H^{o}_{ув}$ = I,0 м

Ширина полосы нарезки, м	0,50	I,0	I,5
Коэффициент извилистости $K_{изб}$	I,5	3,0	4,0

2.3. Расчет влагопереноса в почвах (по модели МГМИ)

Для более детального выяснения характера впитывания воды с поверхности почвы и формирования контура увлажнения при поливах по зигзагообразным микроборознам, были выполнены с помощью ЭВМ расчеты влагопереноса по известным моделям (А.И.Голованов и А.М.Зейлигер). Для этого, исходя из гранулометрического состава почвы, были рассчитаны такие гидродинамические характеристики, как давление капиллярного потенциала ψ и коэффициент влагопроводности K_{ψ} от влажности почвы W . При этом были использованы расчетные функции (I.2I) и (I.22).

Влагоперенос для среднесуглинистых почв Гиссарской долины Таджикской ССР рассчитывался при следующих исходных данных (В.В.Чарбарь, 1980): K_{φ} = 0,025 м/ч, пористость σ = 0,48, максимальная гигроскопичность $W_{гг}$ = 0,09, объемная влажность W =0,15.

Продолжительность полива задавалась из условия подачи расчетной поливной нормы 1000 м^3/га в пределах 80-100 ч. Расстояние между осями микроборозд принималось от 0,3 до 1,8 м. Смоченный периметр при расходе поливной струи 0,06 л/с - χ = 0,06 м.

Результаты расчета, проведенного совместно с Зейлигером А.М., представлены на рис. 2.8а. Анализ полученных материалов показывает, что с уменьшением расстояния между ветвями микроборозд скорость впитывания воды стабилизируется быстрее. Это связано со смыканием контуров увлажнения, что способствует передвижению влаги в глубину. В результате достигается выравнивание увлажнения почвы по длине поливной площадки. Аналогичные результаты получены в полевых экспериментах (рис. 28б, 28в).

Однако, по данным численного расчета, скорость впитывания воды в почву устанавливается несколько быстрее, чем в экспериментах, проведенных в полевых условиях. Это обстоятельство связано с принятым в расчете постоянным значением смоченного периметра, тогда как в конце поливной площадки в опыте он изменяется от минимального значения в начале до максимального к концу полива.

Таким образом, результаты численных расчетов подтверждают влияние частоты расположения ветвей зигзагообразных микроборозд на увеличение глубины увлажнения, полученные при полевых экспериментах (рис. 2.9). Зависимость глубины увлажнения ($H_{ув}$) от коэффициента извилистости микроборозд ($K_{изв}$) по результатам численных расчетов имеет вид:

$$H_{ув} = 0{,}5 \cdot \ell_n K_{изв} + 0{,}3, м \qquad (2.20)$$

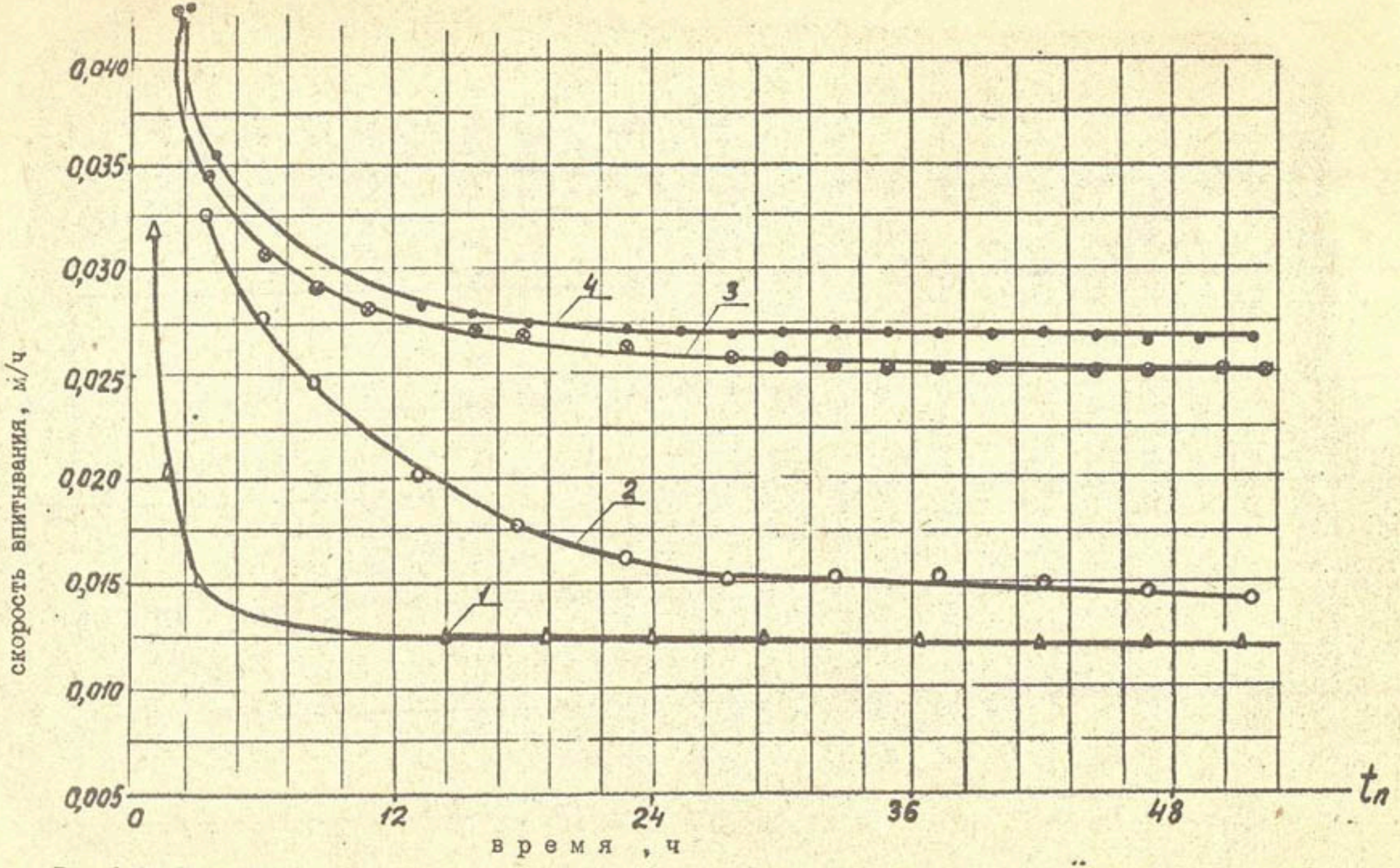


Рис.2.8. Изменение скорости впитывания воды во времени при различных расстояниях между микробороздами по данным численных расчетов на ЭВМ: I- при в =0,30; 2 -0,5; 3-I,0; 4 - I,8 м. (А.М.Зейлигер, I987).

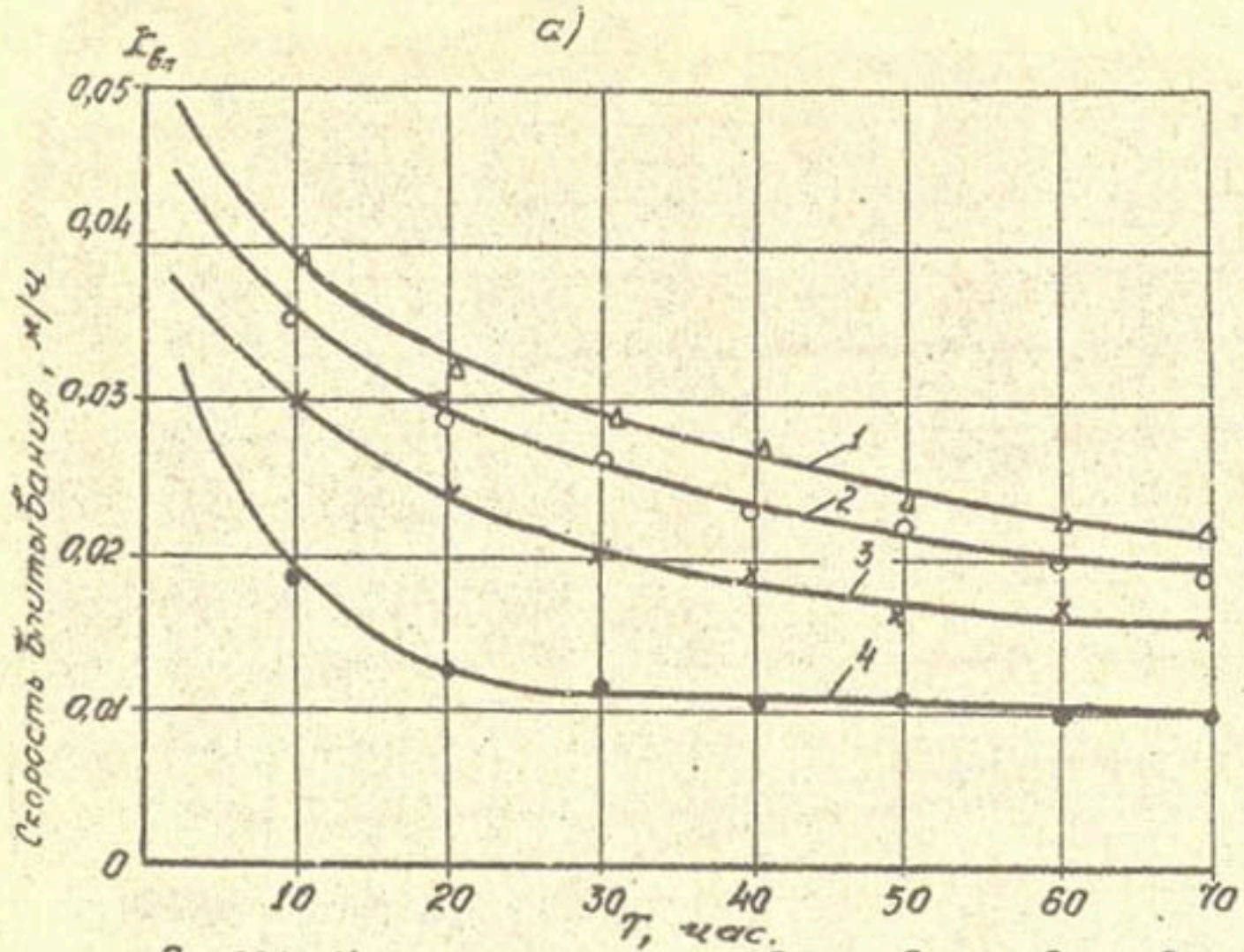


Рис.28б Изменение скорости впитывания воды в почву во времени при различных коэффициентах извилистости микроборозд по данным полевых экспериментов. ($l_{опт}$=25м; $i_{сеп}$=0,20; $q_з$=0,05л/с; 1- при $K_{изв}$=1,0; 2-1,5; 3-2,8; 4-4,0)

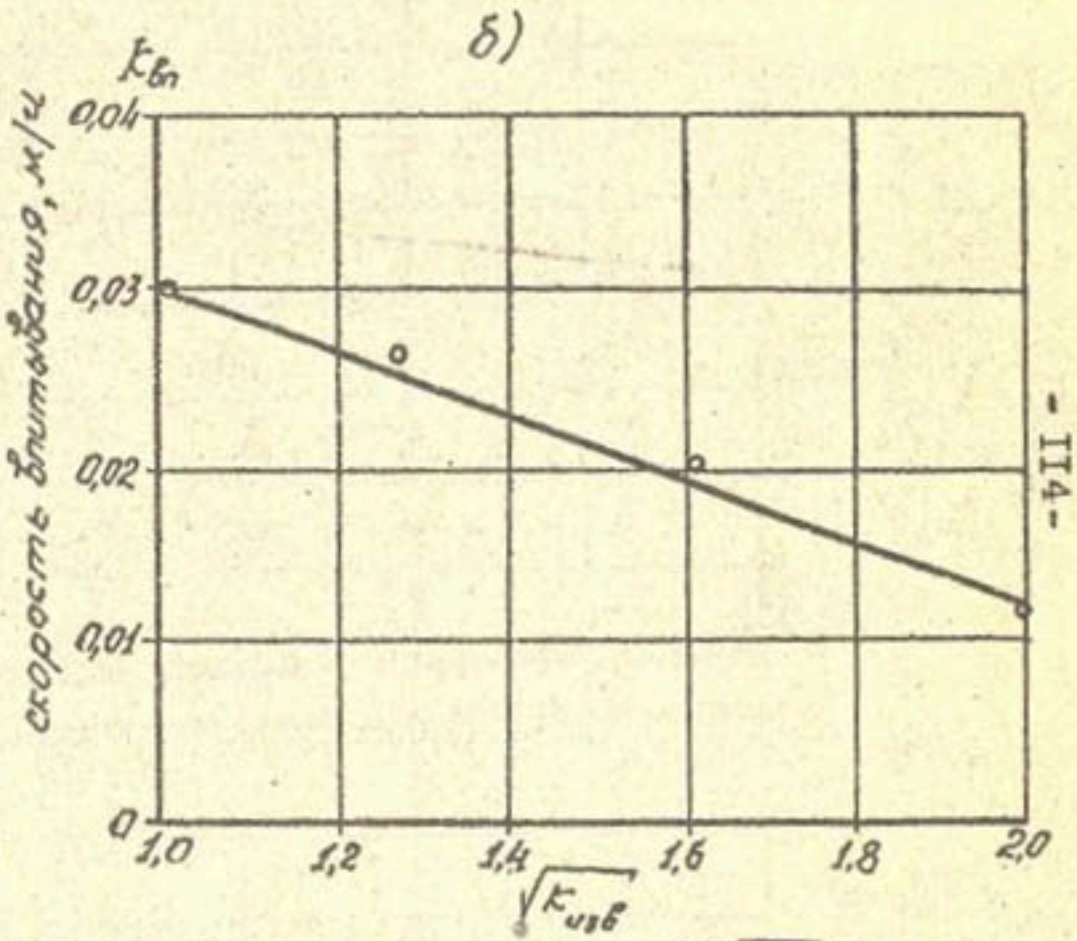


Рис.28в Зависимость $K_в = f(\sqrt{K_{изв}})$, при t=30ч

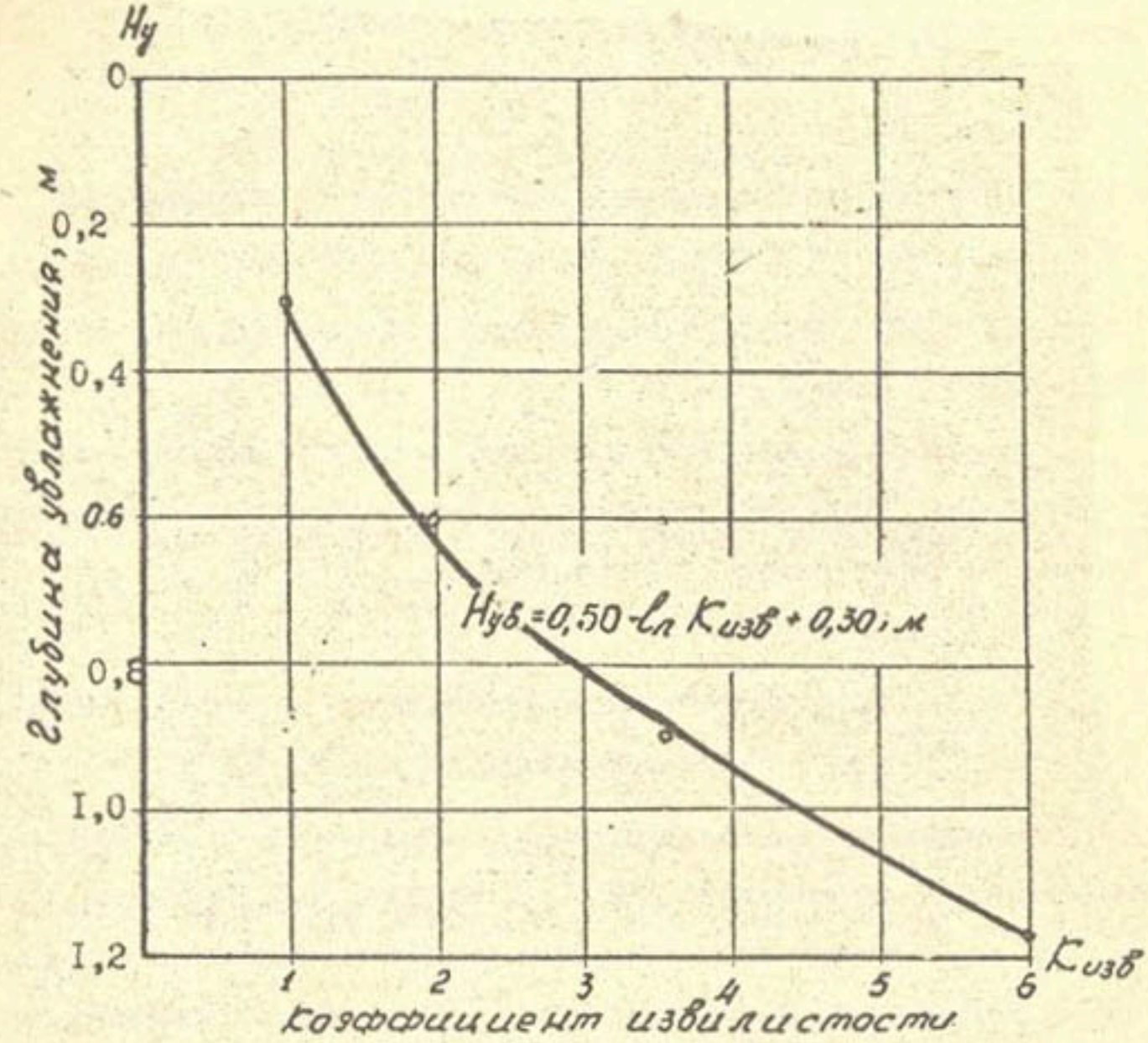


Рис. 2.9. Зависимость $H_{ув} = f(K_{изв})$.

Пользуясь данными рис. 2.8.б можно приблизительно выразить связь между скоростью впитывания (K_o') и коэффициентом извилистости ($K_{изв}$)

$$K_o' = K_o / \sqrt{K_{изв}}, \qquad (2.21)$$

где K_o - скорость впитывания для прямолинейной микроборозды;

K_o' - скорость впитывания в зигзагообразной микроборозде.

Формула (2.2I) отражает замедляющее действие смежных ветвей зигзагообразной микроборозды.

Таким оброзом, результаты расчета по модели влагопереноса МГМИ позволили качественно оценить влияние частоты расположения ветвей зигзагообразных микроборозд на характер изменения скорости впитывания и передвижения влаги в глубину.

2.4. Расчет элементов техники полива по микробороздам по методу АФИ

Закономерности движения струи и впитывания ее в микроборозде устанавливались по методике АФИ (С.В.Нерпин, Т.А.Неусыпина, I985).

При этом учитывалось изменение уклона и смоченного периметра по длине поливной площадки, вызванное монотонным увеличением коэффицента извилистости микроборозд .

Для этой цели использовано уравнение сохранения массы, дополненное уравнением Шези (I,26) и (I.27). Для решения системы уравнений на ЭВМ их можно записать в виде системы конечно-разностных уравнений.

В каждый момент времени в выбранных сечениях микроборозды вычисляются уровень, поток воды по поверхности почвы, а также интенсивность впитывания воды в почву.

Суммарное количество впитавшейся воды вычисляется по

формуле:

$$S = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} K_{ti}^{i} \cdot \Delta y \cdot x_{i}^{i} \cdot \Delta t, \quad м^3 \qquad (2.22)$$

где n - число отрезков по координате y, соответствующее полной длине микроборозды ($l_к$);

m - число временных интервалов счета.

Рассчитывалось также количество впитавшейся воды:

на начальном метре поливной площадки

$$S_н = \sum_{j=1}^{m} K_{t_1}^{j} \cdot x_{1}^{j} \Delta t, \quad м^3 \qquad (2.23)$$

в середине

$$S_ф = \sum_{j=1}^{m} K_{n/2}^{j} \cdot x_{n/2}^{j} \cdot \Delta t, \quad м^3 \qquad (2.24)$$

на последнем метре поливной площадки

$$S_к = \sum_{j=1}^{m} K_{t\,n-1}^{j} \cdot x_{n-1}^{j} \cdot \Delta t, \quad м^3 \qquad (2.25)$$

Кроме этого определялся суммарный сброс в конце микроборозды

$$Q_{сбр} = \sum_{j=1}^{m} \bar{q}_{к}^{j} \cdot \Delta t \quad , \quad м^3 \qquad (2.26)$$

где $\bar{q}_{к}^{j}$ - расход струи в конечном сечении микроборозды.

Устанавливался коэффициент сброса в процентах

$$K_{сбр} = \frac{Q_{сбр}}{Q_п} \cdot 100\% \qquad (2.27)$$

$$Q_п = \sum_{j=1}^{m} q_п \cdot \Delta t \quad , \quad м^3 \qquad (2.28)$$

где $q_п$ - расход воды в начальном сечении микроборозды.

Коэффициент равномерности увлажнения рассчитывался по формуле:

$$K_p = m_к / m_н . \qquad (2.29)$$

Для расчета по приведенным формулам были заданы следующие параметры: $q_п$, $l_к$, γ, $b_п$, $K_о$, α, n.

Учитывая трудность определения коэффициента шероховатости борозд в полевых условиях, его значение определялось в численных экспериментах на модели из сопоставления заданного и расчетного времени добегания.

Для извилистой микроборозды определили длину $l_и$ в зависимости от расстояния x вниз по склону путем численного интегрирования по формуле (2.7).

Поскольку снижение скорости на поворотах извилистой микроборозды незначительно, то для расчета можно пользоваться формулами, предложенными для прямолинейной микроборозды, внеся в них следующие изменения: I) вместо задаваемого для прямолинейной микроборозды шага по координате Δy подставлено вычисленное для извилистой микроборозды Δl_i ; 2) учтено влияние извилистости на скорость впитывания. Так как при поливе по извилистым микробороздам смыкаются контуры увлажнения для смежных соседних ветвей зигзагов, то скорость впитывания в фиксированном горизонте при этом снижается тем больше, чем больше извилистость. Для учета этого явления, для каждого расчетного сечения извилистой микроборозды вычисляется α_i , зависящее от коэффициента извилистости в этом сечении:

$$K_{изв\,i} = \frac{dl_i}{dx_i} \qquad (2.3I)$$

$$\alpha_i = \alpha + K(K_{изв\,i} - 1) , \qquad (2.32)$$

где K - const.

После достижения скорости впитывания, равной некоторой величине K_{min}, она считалась постоянной. При медленном росте уровня воды в данном сечении прямолинейной или извилистой микроборозды скорость впитывания на разной глубине будет существенно отличаться. При численном решении это обстоятельство можно учесть снижением значения α для средней по периметру скорости впитывания по формуле:

$$\alpha_i = \alpha - \frac{\alpha_0}{(t/t_{gi})\,St \cdot K_{изб\,i}} , \qquad (2.33)$$

где t_{gi} - время добегания до i -го сечения: α_0 - постоянный коэффициент; St - модельный параметр $0 \leq St \leq 1$

Для учета неравномерности впитывания по периметру, связанной с разной степенью уплотнения дна и стенок микроборозды, вводилась ступенчатая функция как для прямолинейной, так и для извилистой микроборозды:

$$K_0 = \begin{cases} 0 & \chi \leq \chi_{min} \\ K_0 & \chi > \chi_{min} \end{cases}$$

Для сопоставления совместно с сотрудниками Агрофизического НИИ проводились параллельные расчеты элементов бороздкового полива по уравнениям Сен-Венана и Шези. Результаты расчета (приложение П. 3) показывают, что относительная разность составила 8-I4 %. Это доказывает полную правомерность применения формулы Шези.

В табл.2.4 представлены результаты расчетов для I6 вариантов геометрических характеристик потока, которые сравнивались с опытными данными. Все расчеты проводились для заданного времени полива, необходимого для подачи расчетной поливной нормы 900-I000 $м^3$/га.

Таблица 2.4

Сравнение экспериментальных и расчетных значений элементов техники полива по микробороздам на среднесуглинистых почвах Гиссарского района Таджикской ССР при i_c = 0,20, l_c = 100 м

Размер поливной струи, л/с	Длина микроборозды, м		Время добегания, ч		Продолжительность полива, ч		Коэффициент извилистости микроборозд		Коэффициент равномерности увлажнения		Поверхностный сброс, %	
	опытн.	расчет	опытн.	расчет	опытн.	расчет	опытн.	расчет	опытн.	расчет	опытн.	расчет
Прямолинейные микроборозды												
0,036	100	100	16,0	14,9	200	200	1,0	1,0	0,88	0,84	21	22
0,051	-"-	-"-	8,0	8,0	129	129	1,0	1,0	0,90	0,86	20	27
0,075	-"-	-"-	6,0	5,4	89	89	1,0	1,0	0,90	0,89	16	28
Зигзагообразные микроборозды												
0,032	156	161	25,0	29,7	180	180	2,50	2,44	0,97	0,90	2,1	9,6
0,051	156	161	19,0	18,1	114	114	2,50	2,44	0,97	0,95	6,7	10,3
0,075	156	161	12,0	12,2	75	75	2,50	2,44	0,98	0,93	5,6	9,9
0,032	230	233		67,3		220	4,0	3,94		0,96		5,2
0,051	230	233		41,0		133	4,0	3,94		0,95		5,1
0,075	230	233		27,6		90	4,0	3,94		0,97		

Как видно из приведенных результатов, опытные и расчетные данные имеют небольшие отклонения. Отсюда также видно, что применение извилистых микроборозд с монотонно увеличивающейся извилистостью позволяет выравнить увлажнение почвы по длине склона, повысить эффективность использования воды на поле и урожайность сельскохозяйственных культур.

2.5. Результаты полевых экспериментов

Опыты проводились на склоне крутизной 0,I0–0,20, длиной I00 м, на наиболее распространенных в республике среднесуглинистых почвах совхоза "Шахринау" Гиссарского района на виноградниках. При всех опытах расходы воды, подаваемые в микроборозды в течение полива, были постоянными.

Результаты экспериментов позволили выявить характер изменения скорости впитывания воды на различных типах борозд (рис. 2.I0–2.I2). Они показывают, что на начальных участках всех типов борозд, где гидравлические элементы струи в течение всего полива постоянные, характер изменения скорости впитывания почти одинаков и выражается формулой А.Н.Костякова:

$$K_t = K_0 / t^{\alpha}. \qquad (2.34)$$

Значение показателя степени α для среднесуглинистых почв равно 0,30–0,38, при корреляционном отношении 0,96. В средней части поливной площадки, где изменение гидравлических элементов струи в течение полива незначительноэ, характер изменения скорости впитывания в обычной борозде без прикатки дна и прямолинейной микроборозде отличается незначительно и

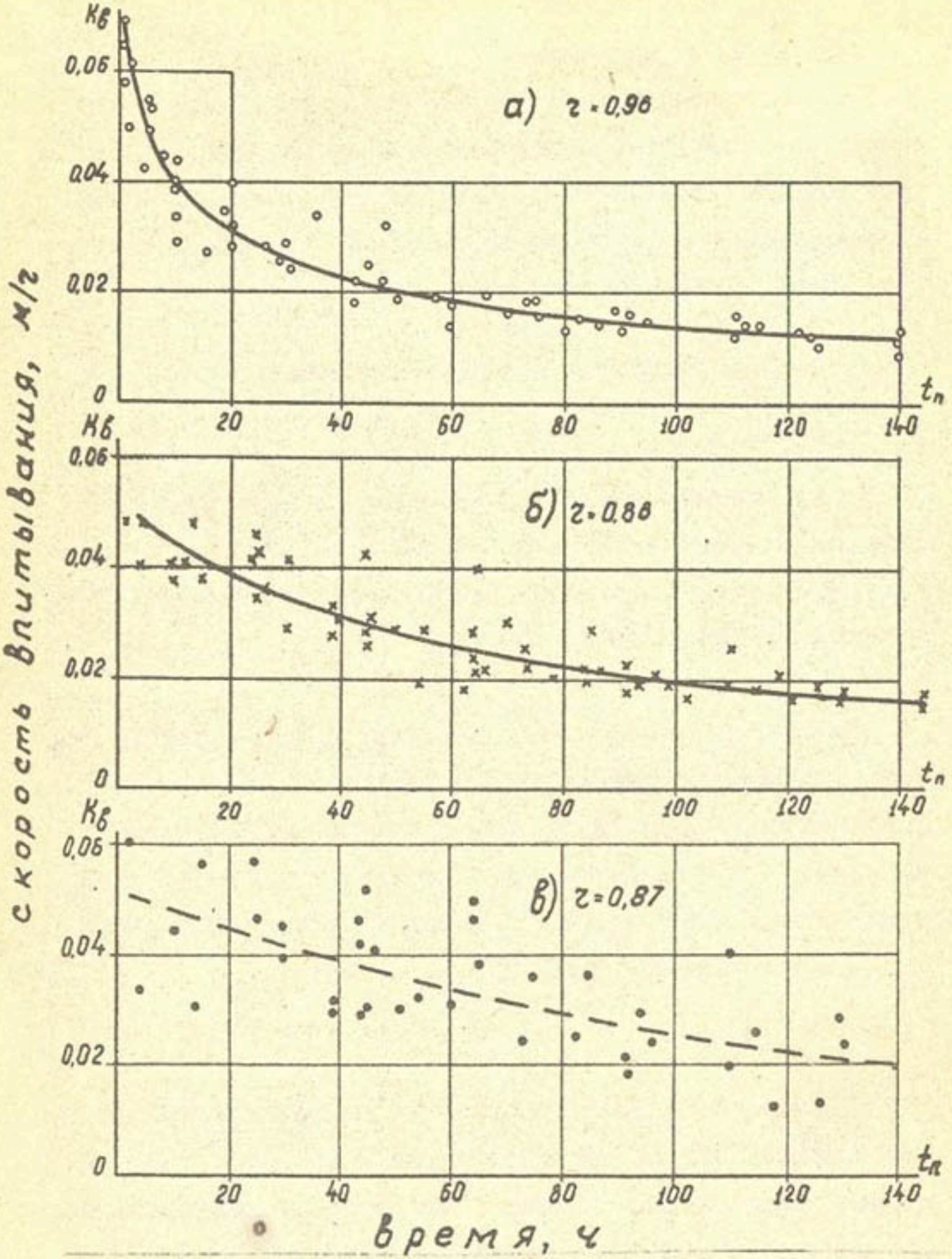


Рис. 2.I0. Характер изменения скорости впитывания воды во времени на различных участках обычных борозд: а- начало; б - середина; в - конец, r - коэффициент корреляции.

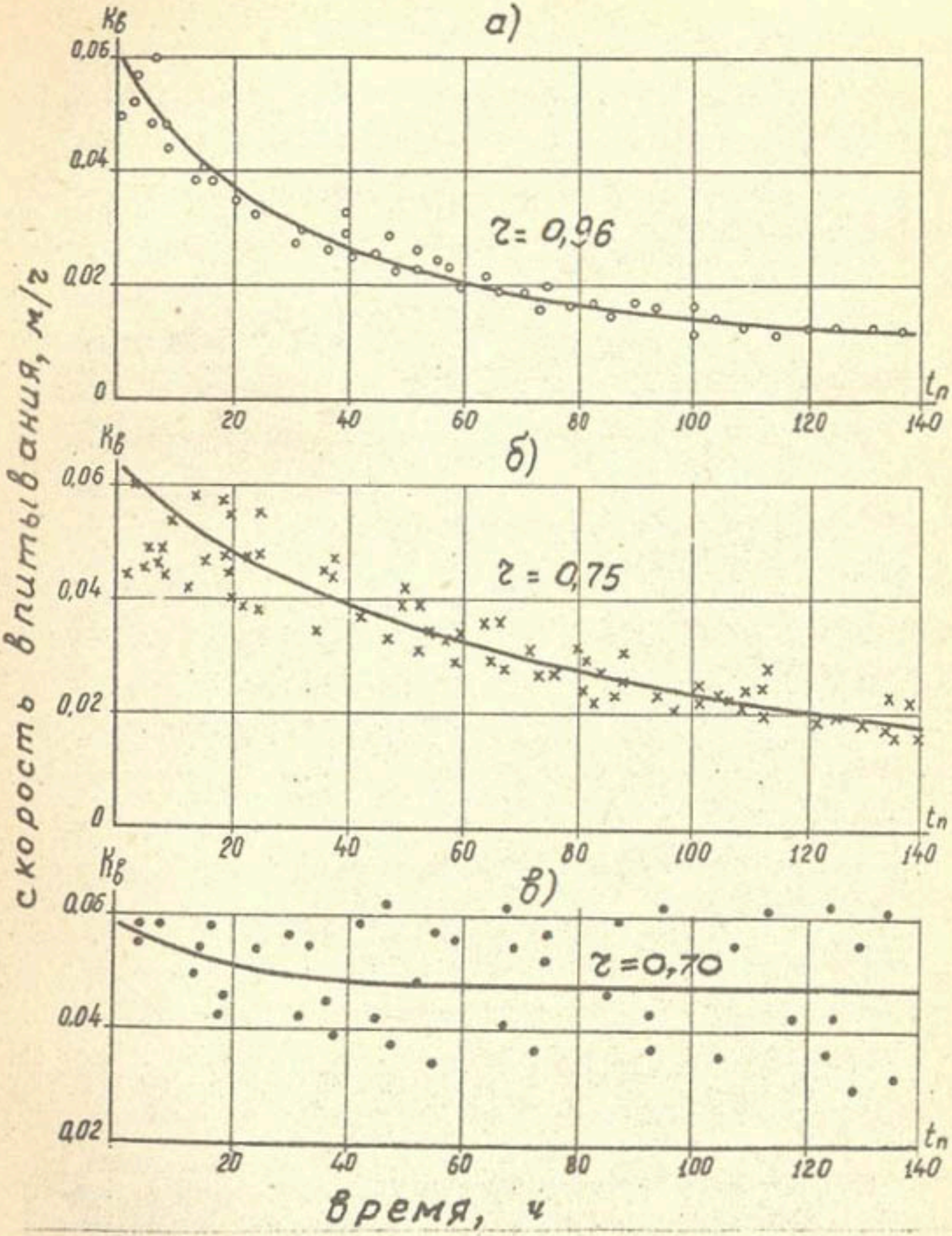


Рис. 2.II. Характер изменения скорости впитывания воды во времени на различных участках прямолинейной микробороздны : а – начало; б – середина , в – конец, r – коэффициент корреляции.

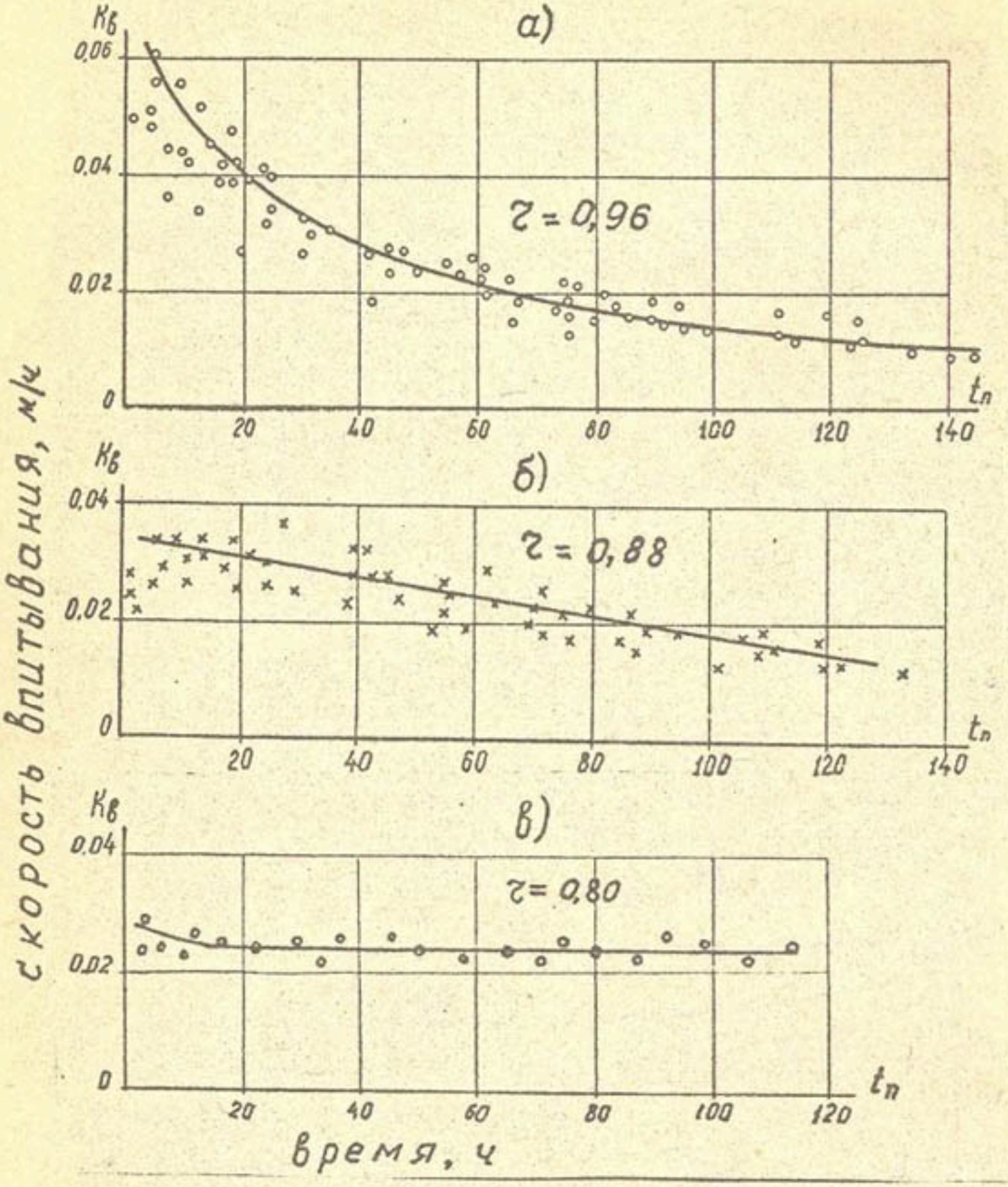


Рис. 2.12. Характер изменения скорости впитывания воды во времени на различных участках зигзагообразной микробороздны (а - в начале $K_{изв}$=1,0; б - середине, $K_{изв}$ = =1,5; в - в конце $K_{изв}$ = 2,5, r - коэффициент корреляции).

α = 0,22...0,25.

В средней части поливной площадки, в которой проложены микроборозды с коэффициентом извилистости $K_{изв}$ = 1,5, скорость впитывания в конце первого часа несколько ниже, чем на прямолинейной микроборозде и α = 0,13. Такое явление можно объяснить взаимным влиянием контуров увлажнения ветвей зигзагообразных микроборозд. Анализируя скорость впитывания воды у двух типов борозд в конце поливной площадки, можно отметить следующее (см.также табл.2.5). В обычной борозде, без прикатки дна, скорость впитывания в течение полива снижается медленнее, чем на начальных участках, α = 0,16. На участке, где нарезана прямолинейная микроборозда скорость впитывания снижается еще медленнее (α = 0,10). В варианте, где нарезаны зигзагообразные микроборозды с $K_{изв}$ = 2,5, средняя скорость впитывания на концевой части поливной площадки устанавливается быстрее. Это является результатом осреднения скорости впитывания по периметру микроборозды в условиях, когда по мере подъема уровня воды в процесс впитывания вовлекаются части периметра, характеризующиеся более высокими скоростями впитывания.

Медленное нарастание горизонта воды в конце поливной площадки приводит к снижению деформации ложа и включению во впитывание боковой поверхности, менее уплотненной и обладающей большой впитывающей способностью. В то же время на зигзагообразной микроборозде с большей извилистостью, кроме того, сказывается замедляющее впитывание и взаимное влияние контуров увлажнения в соседних ветвях зигзагов.

Таким образом, одновременное взаимодействие трех факторов: постепенное включение во впитывание более проницаемых боковых поверхностей, взаимное влияние зигзагов, снижение во времени

скорости впитывания на каждой элементарной площадке в соответствии с формулой А.Н.Костякова, приводит к тому, что осредненная по периметру скорость впитывания на концевой части поливной площадки быстрее стремится к стабилизации.

Кроме того, следует принять во внимание различную скорость впитывания в конце первого часа на различных участках поливной площадки и изменчивость коэффициента α . Суммарное влияние всех этих факторов следует учитывать с помощью K_{α} .

В таблице 2.5 даны показатели скорости впитывания на начальных, средних и концевых участках различных типов борозд, полученные по данным полевых опытов.

Таблица 2.5

Изменение K_0 , α на разных типах борозд

Типы борозд	Поливные площадки								
	начало			середина			конец		
	K_0	α	K_{α}	K_0	α	K_{α}	K_0	α	K_{α}
Обычная (без прикатки дна)	0,067	0,30	I,0	0,064	0,22	0,73	0,06I	0,I6	0,53
Микроборозда (прямолинейная)	0,067	0,38	I,0	0,067	0,25	0,66	0,037	0,I0	0,26
Микроборозда зигзагообразная с I,0...2,5	0,067	0,38	I,0	0,037	0,05	0,I3	0,020	0	

На основе полевых экспериментов установлено, что при поливах по микробороздам из-за медленного нарастания расхода воды и изменения уклона в конце поливной площадки, средневзвешенное значение смоченного периметра за период полива при $K_{шб}$= I,0... 4,0, соответственно в I,23 и I,60 раза меньше, чем в начале

поливной площадки.

На рис. 2.I3 и представлены контуры увлажнения при различной технологии нарезки поливных борозд через 24 часа после подачи расчетной поливной нормы брутто I000 $м^3$/га. Из рис. видно, что в начале I00-метровой поливной площадки, при всех вариантах нарезки, влажность, равная 77% НВ близкая к допустимой предполивной, наблюдается на глубине I30...I40 см.

По середине поливной площадки более глубокое увлажнение получено в варианте нарезки микроборозд с монотонно изменяющейся извилистостью. Достаточно глубокое (I,4 м) увлажнение по этому варианту наблюдается в концевой части поливной площадки, для прямолинейной микроборозды - I,2 м, а при поливе по обычной борозде всего 0,9 м.

Для доувлажнения концевого участка обычной борозды необходимо было продолжить полив, что привело бы к большим потерям воды ниже корнеобитаемой зоны на начальном участке ее и значительному поверхностному сбросу. Соответственно увеличивалась бы поливная норма брутто.

Таким образом, при нарезке микроборозды с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости наблюдается выравнивание увлажнения по всей площади полива ($\bar{K}_\rho$ = 0,90 - 0,98).

2.6. Сравнение расчетных и экспериментальных значений элементов техники полива по микробороздам

Элементы техники полива, полученные в полевых экспериментах сравнивались с данными численных расчетов на ЭВМ (табл.2.6)

Материалы таблицы показывают, что для равномерного увлажнения I00-метровой длины поливной площадки в зависимости от водопроницаемости почвы, необходимо нарезать микроборозды в начале площадки прямолинейно или с коэффициентом извилистости

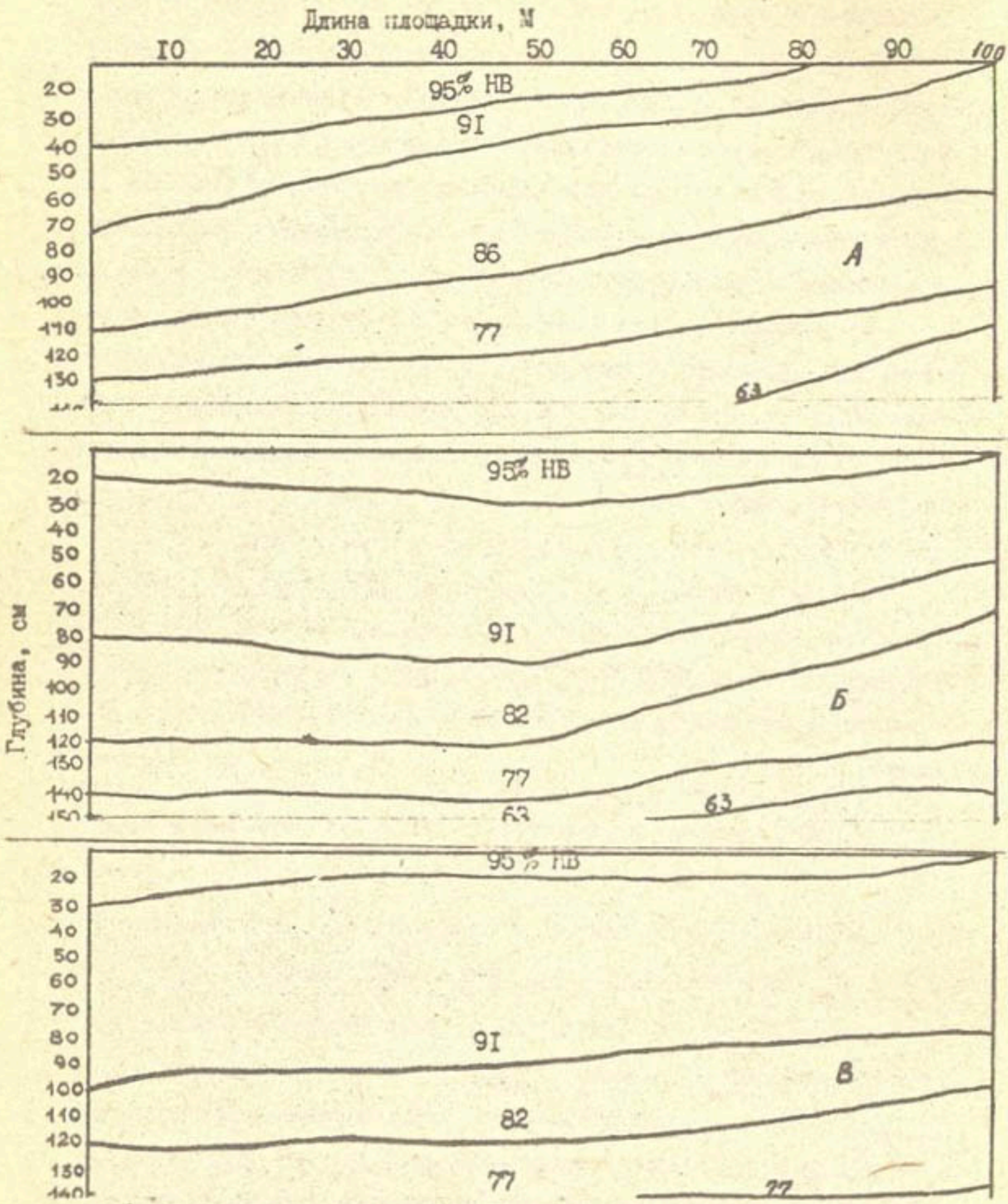


Рис. 2.I3. Контуры увлажнения по длине I00-метрового склона при разной технологии полива (А - по обычным бороздам; Б- по прямолинейным микробороздам; В - по зигзагообразным микробороздам).

Таблица 2.6

Ориентировочные значения элементов техники полива по микробороздам при K_p = I,0, $l_м$ = I00 м (вычисленные по зависимостям 2.I9, 2.37)

Показатель степени	Скорость впитывания, м/ч за первый час, K_0	Время, ч		Отношения $x/x_к$	Поливная струя, л/с $q_п$	Коэффициент извилистости ($K_{изв}$)			Длина микроборозды, м по формуле (2.7)
		Добегания полива				в начале $K''_{изв}$	в конце $K''_{изв}$		
		$t_д$	$t_п$				(2.I9)	(2.37)	
0,20	0,II	I7	55	I,50	0,I0	I,0	3,7	4,0	230
0,30	0,08	27	II0	I,47	0,05	I,0	3,I	2,9	I80
0,50	0,06	30	I40	I,40	0,04	I,0	2,05	2,2	I48
0,70	0,03	50	I90	I,23	0,03	I,0	I,69	I,9	I38

Примечания: При расчете, исходя из фактических замеров смоченных периметров, их отношение в начале и в конце микроборозды принято при прямолинейной микроборозде I,23, при загзагообразной с $K''_{изв}$ = 3,7 принято I,50

$K''_{изв}$ = I,25 и далее монотонно увеличивать извилистость и довести её в конце площадки до $K''_{изв}$ = I,69 ÷ 3,7.

На основе многочисленных опытов и численных расчетов нами была установлена (2.2I)степенная зависимость средневзвешенной скорости впитывания воды в почву от $K_{изв}$, которая для концевого участка,имеет вид:

$$K'_0 = \frac{K_0}{\sqrt{K''_{изв}}} . \qquad (2.35)$$

Принимая это во внимание и учтя влияние частоты расположения ветвей зигзагообразных микроборозд на скорость впитывания воды в почву, обнаруженную при полевых экспериментах и численных расчетах, зависимость (2.I9) можно представить в виде

$$K''_{изв} = \frac{t_n^{1-\alpha} \cdot \chi_n \cdot K_0}{(t_n - t_g)^{1-\alpha} \cdot \bar{\chi}_n \cdot K_0 \sqrt{K''_{изв}}} \cdot K_p , \qquad (2.36)$$

или после преобразования

$$K''_{изв} = \left[\frac{t_n^{1-\alpha} \cdot \chi_n}{(t_n - t_g)^{1-\alpha} \cdot \bar{\chi}_n} \right]^2 . \qquad (2.37)$$

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что значение $K''_{изв}$, вычисленные по зависимости (2.36), на 7 ÷ I3 % больше, чем по (2.I9).

На рис.2.I4 приведены результаты сравнения расчетных и фактических значений K_p при различных значениях $K''_{изв}$ для среднесуглинистых почв Гиссарской долины Таджикской ССР. Результаты сравнения показали, что отклонения расчетных значений от фактического, составляют от +I0 до -3 %.

Отсюда также прослеживается, что с увеличением коэффициента извилистости микроборозд к концу поливной площадки повышается коэффициент равномерности увлажнения и приближается к единице.

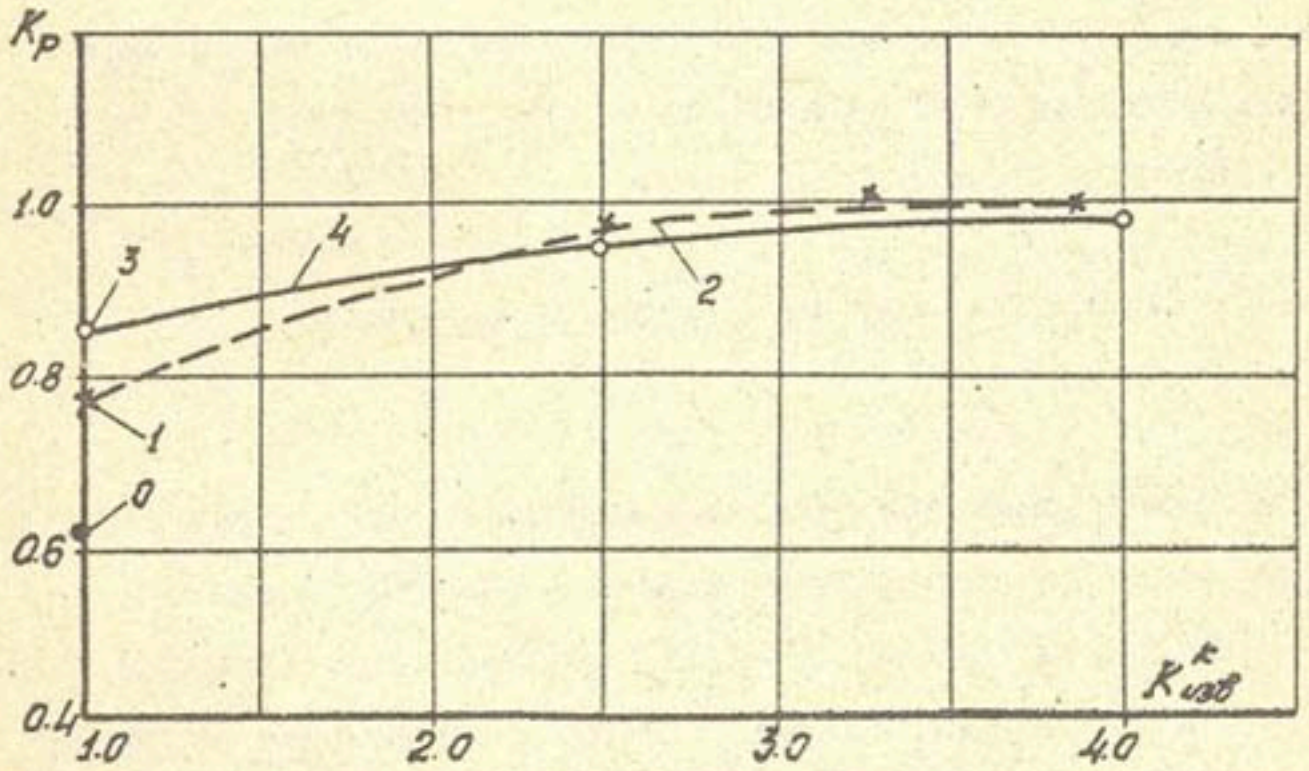


Рис. 2.I4. Зависимость $K_p = f(K^{к}_{изв})$
0 - обычная борозда, I - прямолинейная микроборозда; 2 - зигзагообразная микроборозда (данные полевых экспериментов); 3 - прямолинейная микроборозда; 4 - зигзагообразная микроборозда (расчет на ЭВМ по методике АФИ).

На рис.2.I5 и 2.I6 показаны зависимости K_p и $K'_{изв}$ от степени водопроницаемости почв. Из рисунков видно, что для равномерного увлажнения слабоводопроницаемых почв (α = 0,7) достаточно выполнить $K'_{изв}$ = I,69 - I,90, для средневодопроницаемых - (α = 0.3); $K'_{изв}$ = 2,9 - 3,I и сильноводопроницаемых (α = 0.2); $K'_{изв}$ = 3,7 - 4,0.

Обобщая материалы исследований, можно сделать вывод, что монотонное увеличение коэффициента извилистости микроборозды от начала к концу поливной площадки позволяет максимально использовать потенциальные возможности впитывающей способности почвы и выравнивать увлажнение склона.

2.7. Разработка рабочих органов и механизмов для нарезки микроборозд

В настоящее время для нарезки поливных борозд на равнинных землях применяются различные навесные рабочие органы (КРН-4,2, КРН-2, 8Д, КРН-4, КРН-2,8А, КОЛ-2 и др.). Наиболее распространен бороздодел НКУ-27А, которым прокладывают поливные борозды для пропашных культур. Для нарезки поливных борозд на тяжелых по гранулометрическому составу почвах применяют щелерезы различных конструкций. Используют также катки-бороздоделы типа ФБУ-7 (А.А.Разумовский, I979).

Для снижения эрозии почвы И.А.Гайшун (I975) предлагает рабочие органы для формирования мелких лунок при вспашке на склонах. Этот прием предохраняет от эрозии, вызываемой ливневыми дождями.

Для дополнительного прикатывания ложа поливных борозд, с целью выравнивания увлажнения, предложены катки различных

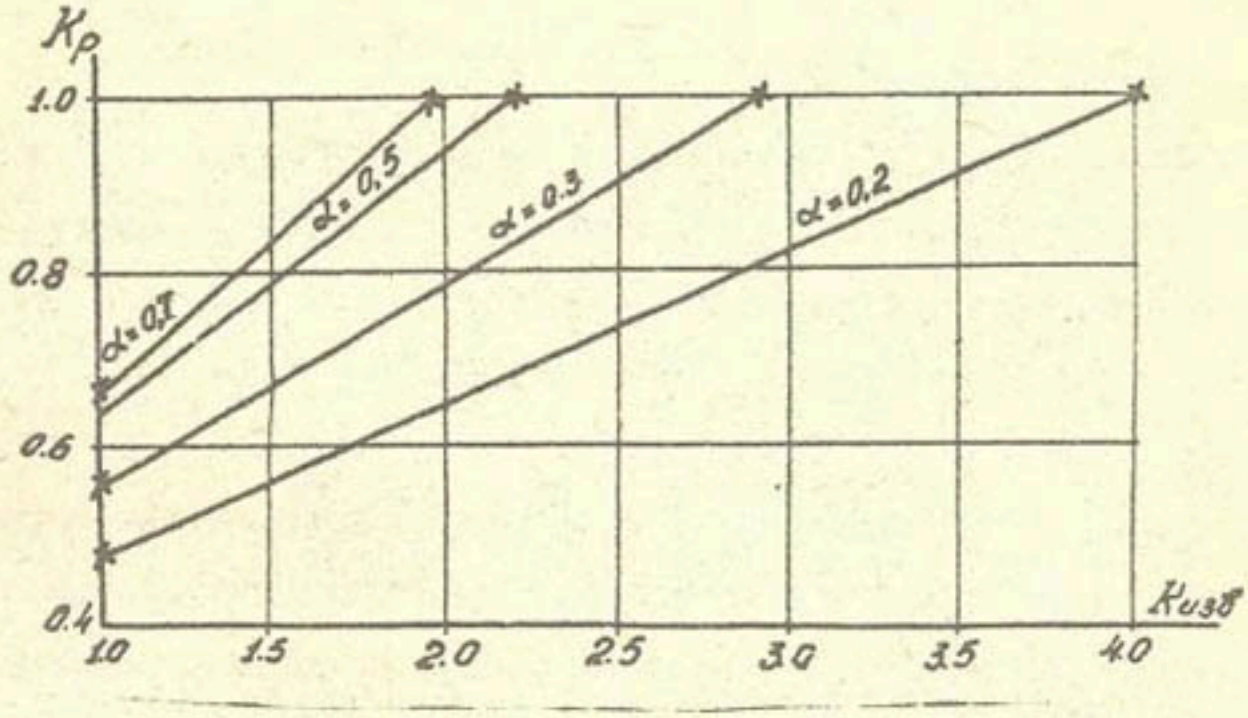


Рис.2.15.Зависимость $K_p = f(\alpha, K^{\kappa}_{изб})$

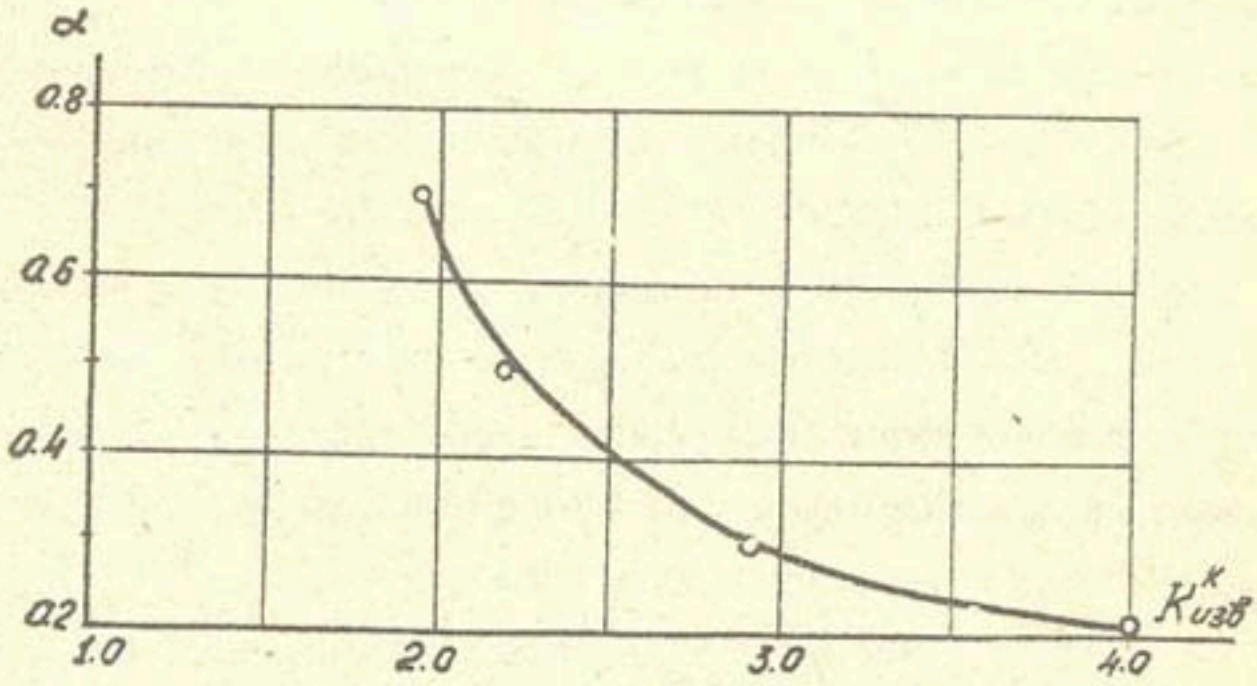


Рис.2.16Зависимость $K^{к}_{изб} = f(\alpha)$.

конструкций. Поливные борозды для полива садов и виноградников рекомендуется нарезать навесными агрегатами ПРВН-2,5,ПРВН-3,0, ПРВН-4,0. Ими обрабатывают полосу шириной соответственно I,65 м, 2,20 и 3,I0 м.

Перечисленные рабочие органы из-за отсутствия специальных орудий вынуждены применять также для нарезки поливных борозд на склоновых землях. С их помощью формируют ложе борозд методом резания. При этом дно борозды уплотняется, на него с боковых поверхностей сползает разрыхленная почва с комочками, что является базисом эрозии почвы и основной причиной неравномерного добегания поливной струи. Комочки создают дополнительное сопротивление, препятствуя продвижению поливной струи, постепенно разрушаясь, вместе с рыхлой почвой выносятся за пределы поливной площадки.

С целью лучшего продвижения поливной струи и снижения ирригационной эрозии почвы, нами было предложено нарезать поливные борозды небольшого размера (микроборозды) методом вдавливания специальными рабочими органами в виде катков с выступами и шара, связанного с механизмами для изменения коэффициента извилистости (а/с № 650565, № 303877, № 938763).

Микроборозды на пропашных культурах нарезают комплектами катков КБ-I, КБ-2, КБ-3, на винограднике комплектами КБ-4. Микроборозды с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости выполняют специальным механизмом, работающим от вала отбора мощности или от гидросистемы трактора.

Каток для нарезки микроборозд представляет собой стальной цилиндр диаметром 300-400 мм и шириной 200 и 600 мм с осью и рамой для крепления в грядилях культиватора стандартными замками. Каток КБ-I (рис.2.I7) устанавливается взамен окучника-

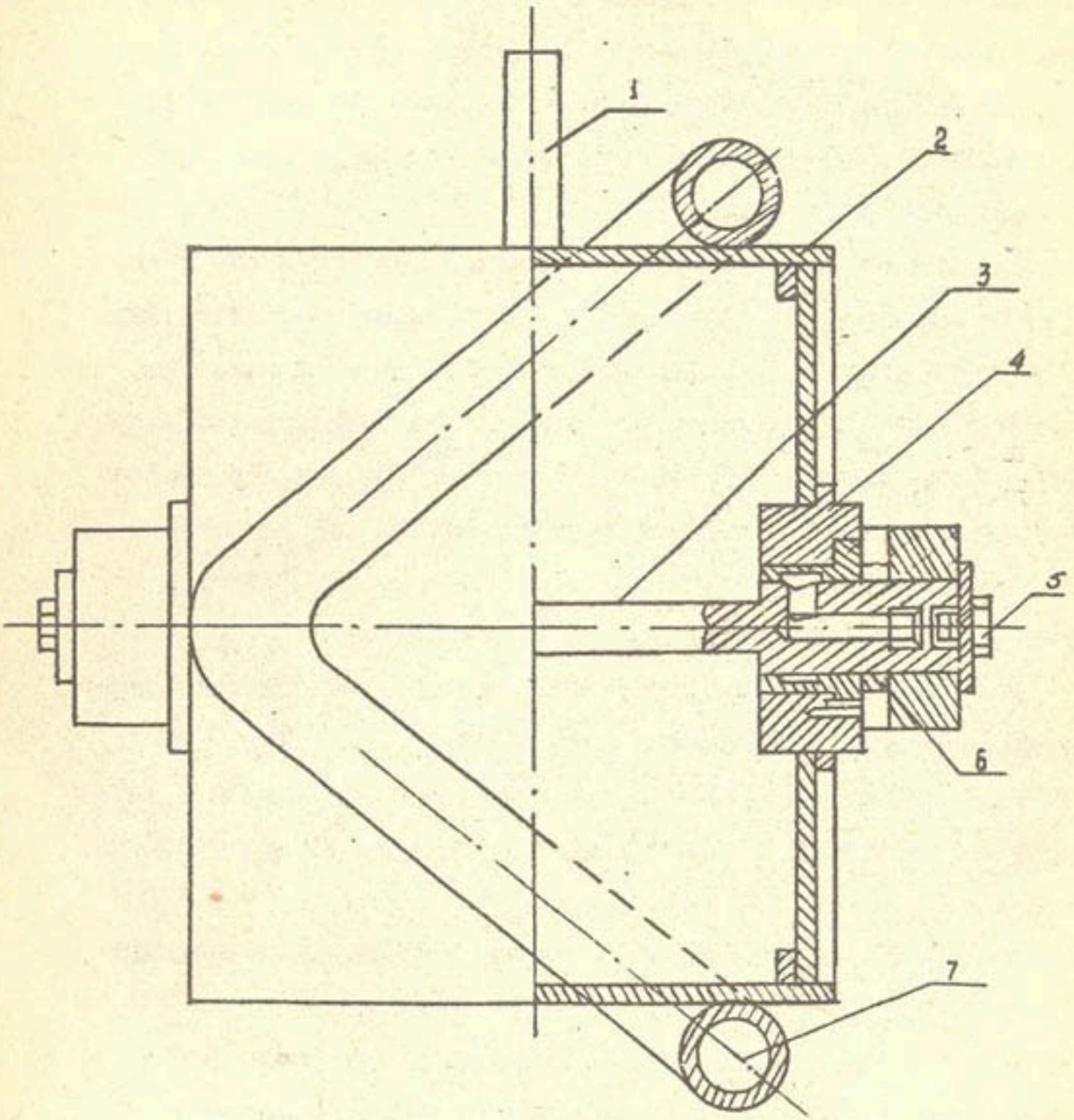


Рис.2.I7.Каток-бороздодел с извилистыми выступами. I - вилка;
2 - корпус; 3 - ось; 4 - корпус подшипника; 5 - крышка;
6 - шайба распорная; 7 - выступ.

бороздодела. На рис.2.I8 приведена схема катка с продольными и поперечными выступами. На рис. 2.I9 дана схема установки катка на культиваторе КРХ-4. Предельное значение коэффициента извилистости выступа при ширине катка 0,2 м из условия надежной работы не должно превышать I,5.

Для нарезки микроборозд с постоянным коэффициентом извилистости на широкорядных культурах, в частности на винограднике, нами предлагается орудие (а/с № 803877), устанавливаемое на рамную систему культиватора. Оно связано с приводом шарнирно-рычажными связями, рычаги которых имеют капсулы с размещенными в них свободно вращающимися штангами. На концах последних шарнирно закреплены рабочие органы, выполняемые в виде шара. Орудие работает от вала отбора мощности трактора.

Для выполнения микроборозд с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости нами в соавторстве с С.Х.Бахриевым разработан усовершенствованный вариант орудия с механизмом и вариатором (а/с № 938763), работающим тоже от вала отбора мощности трактора.

Расчетные значения основных параметров механизма приведены в табл.2.7.

Для упрощения конструкции и расширения технологических возможностей предложен усовершенствованный вариант орудия (а/с I445565).

Существенное отличие предлагаемого орудия заключается в том, что при плавном изменении длины оси, через гидросистемы трактора изменяется диаметр колеса и, соответственно, изменяется шаг и амплитуда изгибов шарнирно-сочлененных башмаков обода, что позволяет формировать борозды с заданным монотонно-изменяющимся коэффициентом извилистости. Устройство и работа орудия

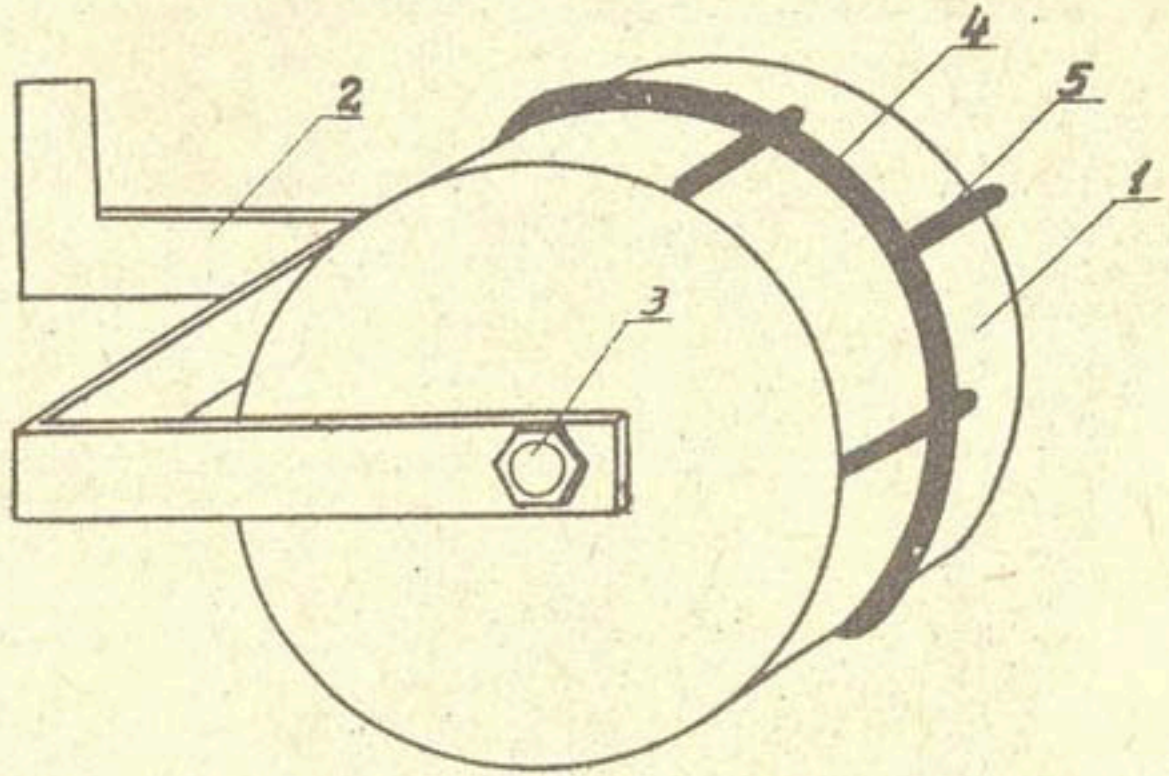
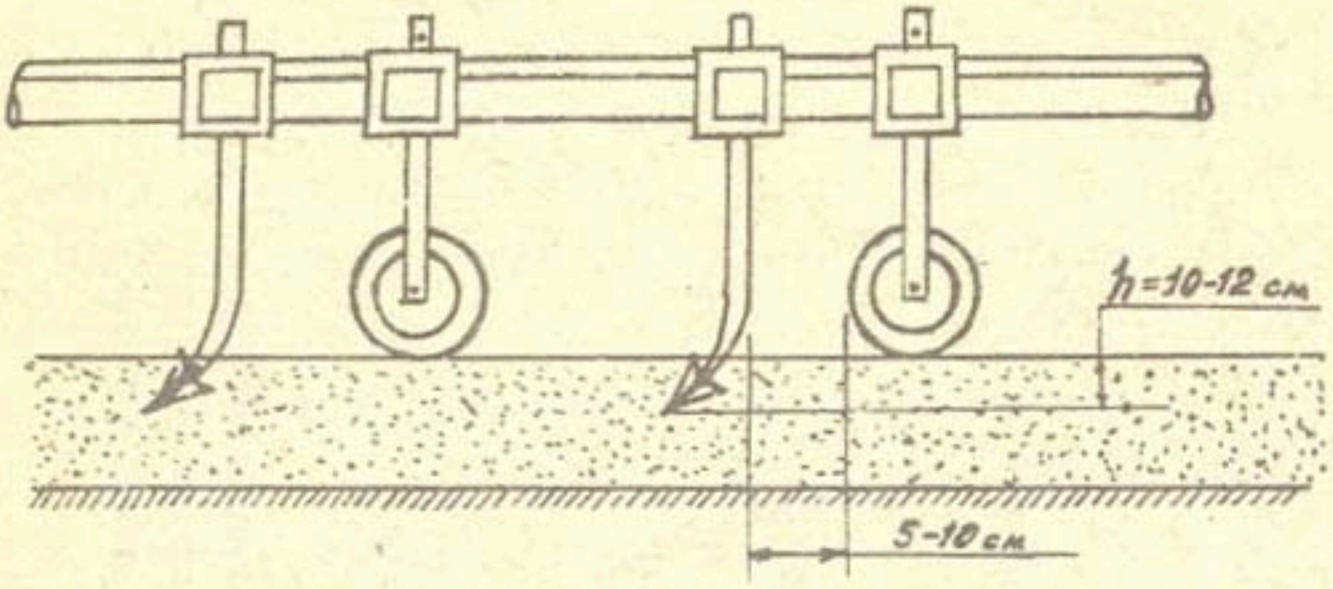


Рис. 2.18. Каток-бороздодел с продольными и поперечными выступами: I - корпус; 2 - вилка; 3 - ось; 4 - продольный выступ; 5 - поперечный выступ.



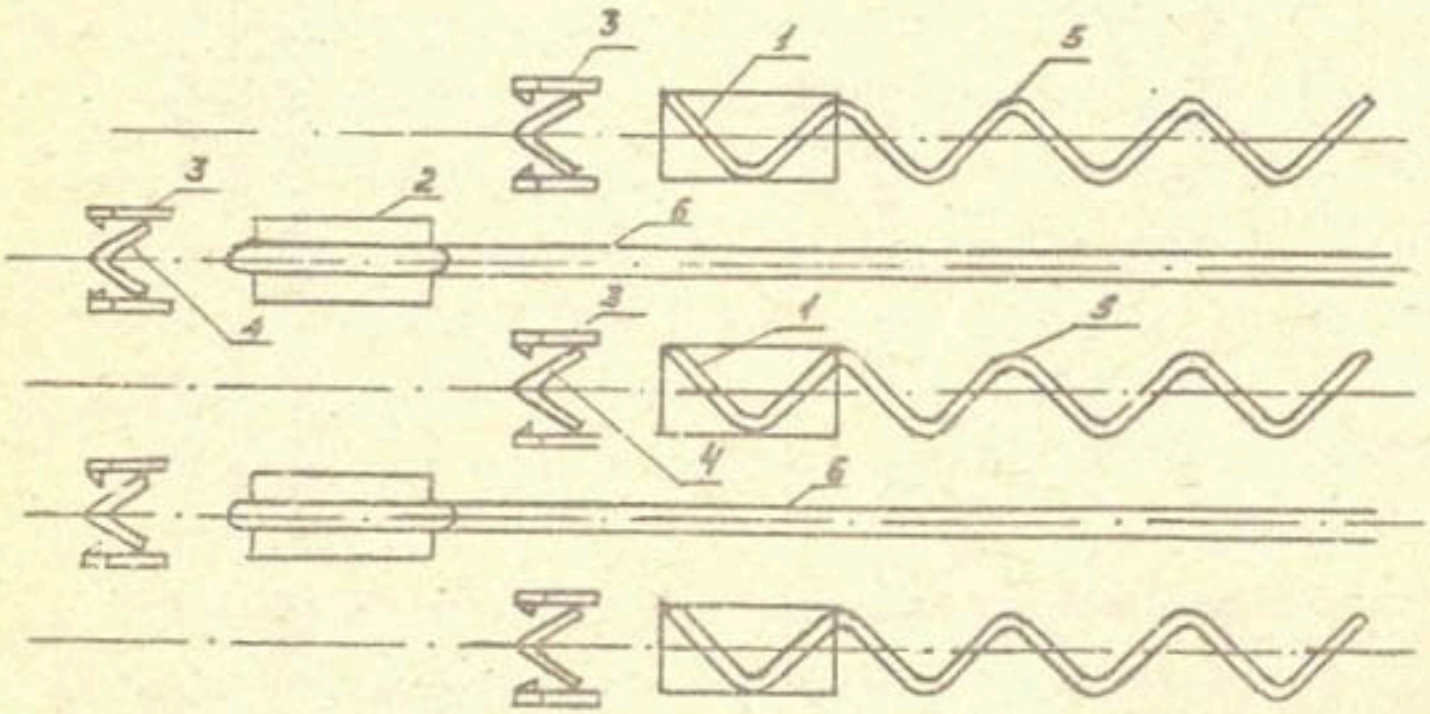


Рис. 2.19. Схема установки катков-бороздоделов КБ-I на культиваторе Крх-4. I - катки с извилистыми выступами; 2 - то же с прямолинейными выступами; 3 - комплект культивирующих органов; 4 - стрельчатые лапки; 5 - извилистые микроборозды на междурядиях, где проходят колеса трактора; 6 - прямолинейные микроборозды, где не проходят колеса трактора.

Таблица 2.7

Основные параметры механизма для нарезки микроборозд
с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости

Ширина полосы нарезки ($B_{пн}$), м	Скорость движения агрегата, м/с	Коэффициент извилистости микроборозды	Шаг зигзага, м		Время поворота кривошипа на угол ℓ, мин	Частота вращения ВОМ, об/мин	Диаметр, мм		Радиус кривошипа, мм	Частота вращения кривошипа, об/мин
			в начале	в конце			ведущего шкива	ведомого шкива		
0,20	I,4	I,4	0,80	0,40	0,570-0,285	550	I00	26I	I30	I05-2I0
I,0	I,4	I,5	I2,24	2,04	8,74 -I,460	550	I00	26I	I30	I0,0-62,0
I,0	I,4	2,0	I0,60	I,56	7,37 -I,II0	550	I00	26I	I30	I2-8I,0
I,0	I,4	3,0	8,72	I,0	6,27- 0,7I0	550	I00	26I	I30	I4,0-I26,0
I,0	I,4	4,0	7,52	0,72	5,37 -0,5I0	550	I00	26I	I30	I7-I75,0

показаны на рис.2.20.

Орудие работает следующим образом. Перед движением агрегата вниз по склону длину телескопической оси, расположенной с возможностью вращения на раме, уменьшают до установленного предела, при этом рабочий орган имеет максимальный шаг (W_{max}) и минимальную амплитуду (a_{min}). В процессе движения агрегата по уклону, согласно технологии, необходимо уменьшать шаг и увеличивать амплитуду изгибов борозд. Для этого постепенно увеличивают длину телескопической оси, в результате чего удаляются друг от друга ступицы, которые посредством рычагов и шарниров раздвигают амплитуду изгиба (до a_{max}) рабочего органа, при этом уменьшается диаметр колеса и шаг изгиба рабочего органа (до W_{min}).

При движении агрегата вверх по склону, производят постепенное уменьшение длины телескопической оси до первоначального положения. В результате орудие формирует зигзагообразные микроборозды с заданной монотонно изменяющейся амплитудой и шагом зигзагов по длине склона. В настоящее время изготовлен опытный образец орудия, который проходит ведомственные испытания. Одним из важных условий является качество формируемых катками микроборозд.

Для качественного уплотнения в дорожном строительстве Н.Я.Хархута (1975) рекомендует принимать ширину катка $B_к = (0,7-0,8)D$, где D – диаметр катка. По его данным максимальное напряжение, развивающееся на поверхности контакта выступа катка с уплотняющей поверхностью, выражается формулой:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{q - E_0}{R}} , \qquad (2.38)$$

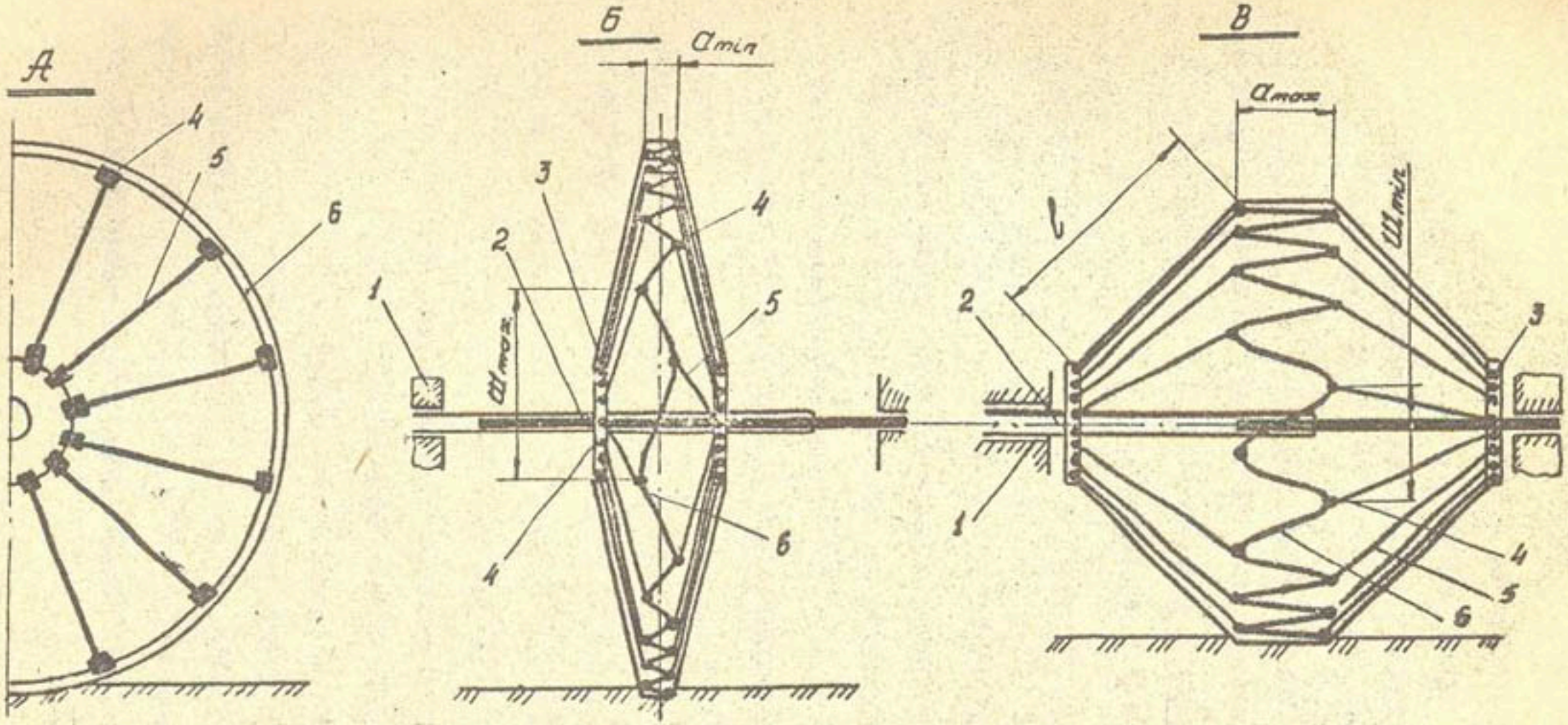


Рис. 2.20. Орудие для формирования микроборозд: А - профиль; Б - рабочий орган растянут; В - рабочий орган сжат:
I - рама; 2 - ось; 3 - ступицы; 4 - шарниры; 5 - рычаги;
6 - рабочий орган; a_{min} - минимальная ширина полосы нарезки;
a_{max} - максимальная ширина полосы нарезки; $Ш_{min}$ и
$Ш_{max}$ - соответственно минимальные и максимальные амплитуды.

где $q = \frac{P}{B_к}$ – линейное давление, н/см;

P – общая нагрузка на каток, н;

$B_к$ – ширина катка (выступа), см;

E_o – модуль деформации грунта (для рыхлой почвы 2–4 мПа);

R – радиус вальца катка, см.

Н.Я.Хархута установил, что глубина активной зоны h_o при укатке равна примерно двум ширинам выступа, контактируемого с грунтом, и определяется по зависимости:

$$h_o = 0.10 \frac{W}{W_o} \sqrt{q_1 \cdot R}\ , \text{ см.} \qquad (2.39)$$

где q_1 – линейное давление, Н/см;

W и W_o – соответственно исходная и оптимальная влажность для качественного уплотнения грунта в % массы.

Значение влажности W при нарезке микроборозд перед вегетационными поливами на суглинистых почвах по многочисленным замерам равно 7–9 % массы.

L. Kizaly (1978), исследуя уплотняющее действие катков, установил зависимость глубины его погружения в почву от диаметра катка и линейной нагрузки:

$$h = a \cdot q^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-\frac{1}{3}}\ , \qquad (2.40)$$

где h – глубина погружения выступа катка, см;

a – коэффициент, зависящий от типа почвы;

q – линейная нагрузка катка, Н/см;

D – диаметр катка, см.

Полученные зависимости показывают преимущества катков с высокой линейной нагрузкой.

Используя зависимость (2.40), нами установлена активная

глубина уплотнения при нарезке микроборозд катками КБ-I (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Расчетная активная глубина уплотнения при нарезке микроборозд катками КБ-I (по формуле 2.40)

Нагрузка на каток P, Н	Ширина выступа b, см	Линейное давление q, Н/см	Радиус вальца катка R, см	Активная глубина уплотнения h_a, см
500	3,0	I66	I6	I,82
I000	-"-	333	I6	2,59
2000	-"-	666	I6	3,78
4000	-"-	I333	I6	5,04

Данные таблицы показывают, что при расчетной нагрузке 2000-4000 Н, действующей на каток, активная глубина уплотнения не превышает 3,78-5,04 см от дна микроборозды.

На рис.2.2I показаны изолинии вертикальных напряжений при выполнении микроборозд катками (Н.А.Цытович, I983). Из рисунка видно, что максимальная ширина распространения напряжений зависит от ширины выступа ($b_к$) и равна $5b_к$, общая глубина - $6b_к$, активная глубина уплотнения, соответствующая напряжению $0,3p$, равна $2b_к$.

На основе многочисленных опытов, проведенных в условиях Киргизской ССР, А.В.Степаненко (I982) установил зависимость скорости впитывания воды от гранулометрического состава и степени уплотнения почвы (табл.2.9).

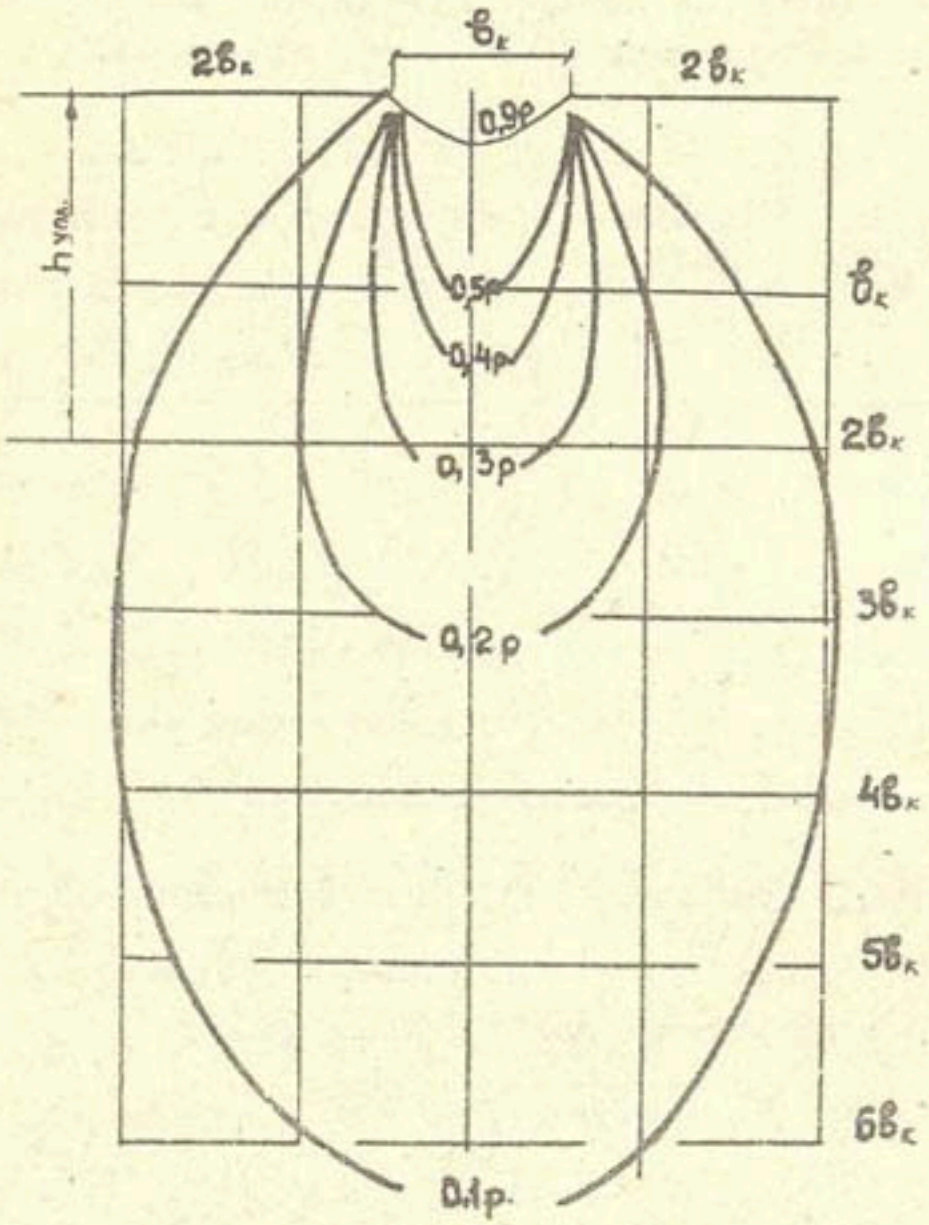


Рис. 2.2I. Линии одинаковых вертикальных напряжений (изобары) при вдавливании микроборозд катками; $b_к$ – ширина выступа катка; $h_{упл.}$ глубина уплотнения.

Таблица 2.9

Изменение установившейся скорости впитывания в зависимости от гранулометрического состава и степени уплотнения почвы

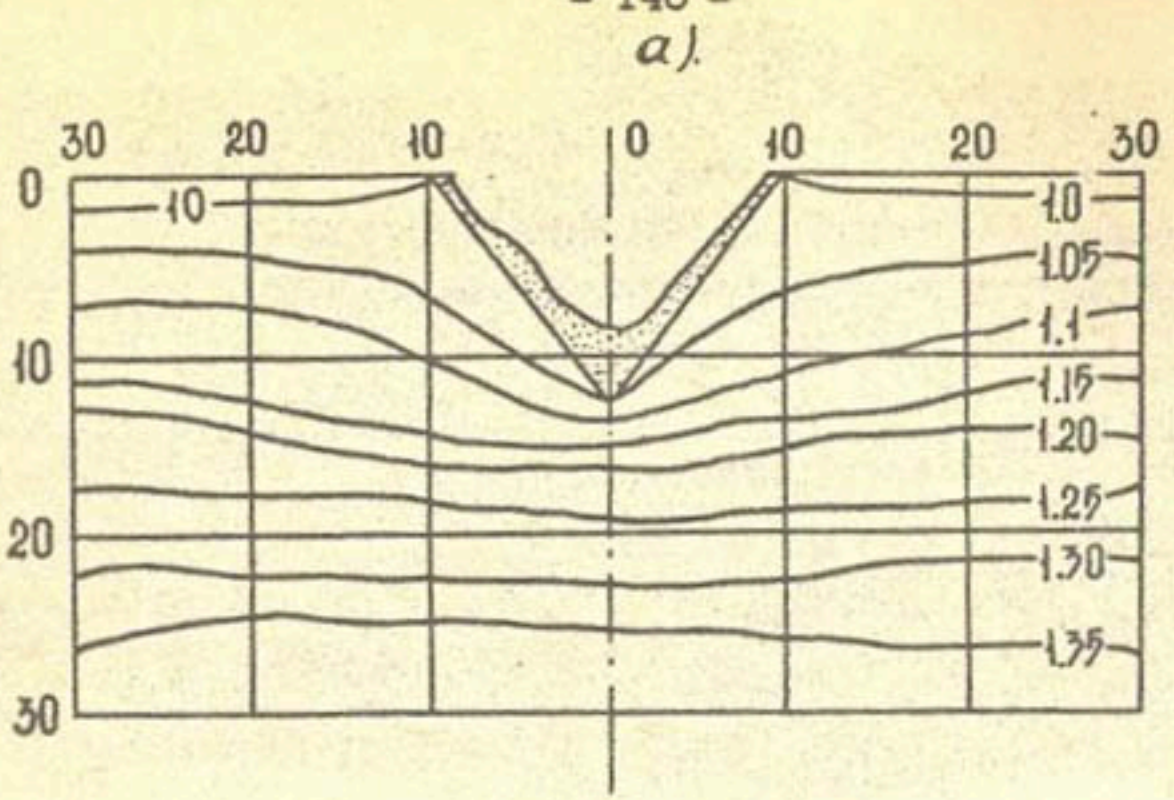
Гранулометрический состав почвы 0,01 мм, %	Диапазон изменения		Изменение $K_{уст}$ от значения объемной массы, %
	Установившаяся скорость впитывания $K_{уст}$, м/ч	Плотность почвы γ, г/см^3	
20	0,064-0,017	I,0-I,6	380
40	0,025-0,006	I,0-I,6	420
60	0,012-0,003	I,0-I,6	440
80	0,065-0,001	I,0-I,6	538

Эти данные показывают, что в зависимости от гранулометрического состава почвы, при изменении плотности от I,0 г/см^3 (рыхлая почва) до I,6 г/см^3 (уплотненная почва) установившаяся скорость впитывания уменьшается в 3,8-5,4 раза.

Для установления степени уплотнения почвы при разной технологии нарезки борозд сразу после нарезки обычных борозд окучниками и микроборозд катками КБ-I, путем многократного отбора проб определяли плотность почвы до глубины 30 см.

Обобщенные результаты приведены на рис.2.22. Анализ материалов показывает, что ложе микроборозды, вследствие давления катка, несколько уплотняется и имеет объемную массу I,I3-I,I5 г/см^3.

Для установления возможного разрушения структурно-агрегатного состава почвы при нарезке микроборозд катками, проводились анализы по методу сухого просеивания и просеивания в



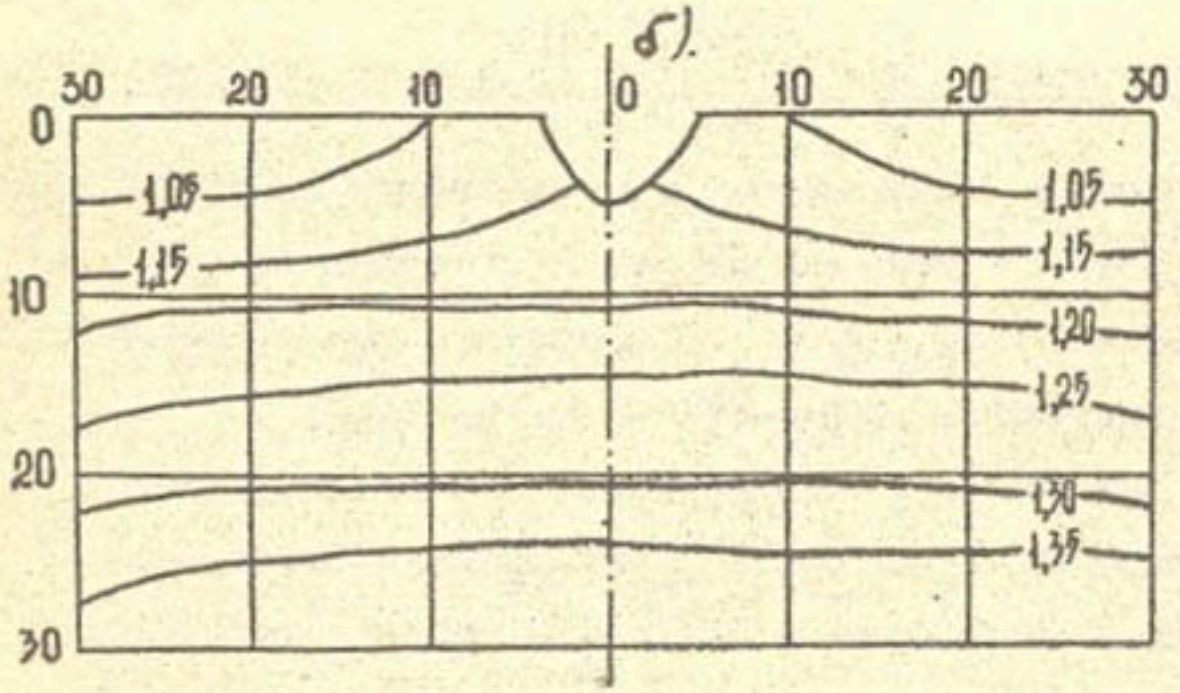


Рис. 2.22. Изменение объемной массы пахотного слоя 0-30 см после прохода бороздоделов: а - окучника НКУ-27А; б - катка-бороздодела КБ-I.

воде по Н.И.Саввинову. Образцы почвы массой 500 грамм брались на дне и бровке обычных борозд и микроборозд, далее через каждые 5 см до глубины 30 см пробы почвы брались сразу после нарезки.

По результатам агрегатного анализа вычислялся коэффициент структурности почвы ($K_{ст}$).

Результаты расчета показывают, что при нарезке микроборозд катками не происходит деградация почвы, так как с выступом катка соприкасается всего 3-5 % площади.

При определенных размерах поливной струи микроборозда не размывается, имеет хорошую впитывающую способность.

Следует отметить, что устойчивость уплотненности грунтов против размыва также подтверждается данными Г.Дадаева (I956).

При нарезке обычных борозд окучниками, на ее дно осыпается рыхлая почва, объемная масса которой не превышает I,00-I,05 г/см^3. При пуске воды она размывается и уносится потоком. Струя воды размывает рыхлое дно до плотного слоя с объемной массой I,20-I,25 г/см^3, слабо впитывается в почву и идет на поверхностный сброс.

Так,Н.Н.Третьяков и др. (I968) считают оптимальную плотность почвы для нормального развития растений,равной I,2-I,4 г/см^3.

Поэтому из-за различия плотности почвы дна обычных борозд после смыва (I,20-I,25 г/см^3) и микроборозд (I,I5 г/см^3) скорость впитывания воды в последних на I0-I5 % больше.
Катки-бороздодели (КБ-I) эффективно работают при их ширине 0,2-0,4 м. С увеличением ширины катка снижается качество вдавливаемых микроборозд, так как сказывается влияние микрорельефа поля и снижение удельного давления.

При работе трактора с катками вниз и вверх по склону, необходимо проверить работоспособность агрегата на отсутствие проскальзывания катков и смазывания (искажения) формы нарезаемых микроборозд. Расчет этого явления произведен для тракторов ДТ-20 и ДТ-75 по методике описанной Б.А.Васильевым, И.И.Мер (1986).

Результаты расчета показали работоспособность агрегата на склонах крутизной до 0,20 (12°), что подтверждается многолетними производственными исследованиями.

Таким образом, на основе теоретических расчетов и экспериментов нам удалось разработать оригинальные орудия для нарезки различных типов микроборозд и установить их параметры. Они принципиально отличаются от известных, менее энергоемки и способствуют улучшения качества полива.

2.8. Результаты исследований и испытаний катков для нарезки микроборозд при поливе хлопчатника

Катки-бороздодели КБ-1 с 1976 г. проходили лабораторные, производственные, а с 1979 г. ведомственные и государственные испытания в условиях различных районов Таджикской и Узбекской ССР

В ходе испытаний особое внимание уделялось уточнению гидравлических элементов, вопросам добегания и впитывания воды, поверхностному сбросу воды и смыву почвы, а также энергооценке и надежности узлов и деталей.

Лабораторно-полевые испытания катков проводились по агротехническим требованиям, разработанным нами совместно с Таджикской и Среднеазиатской машиноиспытательными станциями и утверж-

денным Министерством сельского хозяйства Таджикской ССР. Для сравнения за эталон принят хлопковый культиватор КРХ-4 в варианте нарезки борозд окучником НКУ-27А.

Геометрические размеры микроборозд и обычных борозд, замеренные при госиспытании (САМИС), приведены в табл. 2.10. Полученные данные показывают, что поперечное сечение микроборозд в 27,6-40,8 раза меньше, чем поперечное сечение борозд, нарезаемых окучниками НКУ-27А.

Таблица 2.10

Геометрические параметры микроборозд и обычных борозд (данные САМИС, 1981)

Варианты	Геометрические параметры	Статистические данные		
		средняя арифметическая, см	среднеквадратичное отклонение ± см	коэффициент вариации, %
Микроборозды, образованные катками	ширина по верху, см	7,80	0,57	7,8
	глубина, см	2,36	0,09	3,8
	поперечное сечение, $см^2$	10,19	2,00	19,6
Обычные борозды, выполненные окучниками НКУ-27А	ширина по верху, см	32,60	1,99	6,1
	глубина, см	10,50	1,11	11,0
	поперечное сечение, $см^2$	342,30	2,25	6,5

Гидравлические элементы микроборозд, замеренные в полевых условиях (табл. 2.11), показывают, что при уклоне 0,10 и размере поливной струи 0,05 л/с живое сечение потока составляет 2,31$см^2$. Средняя скорость движения струи была в микроборозде 0,23 м/с, в обычной борозде - 0,18 м/с. В первом случае она была выше

почти на 20 % благодаря меньшей шероховатости ложа микробороз-ды.

Таблица 2.II

Гидравлические элементы обычных борозд и микроборозд

Типы борозд	Расход поливной струи, л/с	Уклоны дна борозд	Глубина потока, см	Ширина потока, см	Живое сечение, $см^2$	Скорость, м/с
Обычные (НКУ-27А)	0,05	0,I0	I,76	4,4	2,56	0,I8
Микроборозды (каток КБ-I)	0,05	0,I0	I,90	2,8	2,3I	0,23

Для установления основных параметров элементов техники полива по микробороздам проводились лабораторные, полевые и производственные эксперименты. При этом замерялись время добегания, впитывание, поверхностный сброс и смыв почвы при разной технологии нарезки.

Результаты фактических замеров по характерным объектам приведены в табл. 2.I2.

Полученные материалы показывают, что при поливе по микробороздам поверхностный сброс снижается в I,5-2,0 раза, смыв почвы - в I0-I5 раз. Было установлено, что при крутизне склона 0,I-0,2 и размере струи 0,027-0,040 л/с смыв почвы практически отсутствует.

При этих уклонах увеличение поливной струи до 0,075 л/с приводит к смыву почвы, достигающий за I полив 4,4 т/га.

Н.Т.Лактаев (I978) предложил классификацию сероземов по водопроницаемости, основанную на учете механического состава

Таблица 2.I2

Сравнительные показатели полива хлопчатника по обычным бороздам и микробороздам (с-з „Хосилот" Ленинского района Таджикская МИС, I979)

Наименование показателей	Единица измерения	Значения показателей					
		микроборозды			обычной борозды		
		I-й полив	2-й полив	3-й полив	I-й полив	2-й полив	3-й полив
Участок № I, $\ell_{ск}$ = 2I0 м, $i_{ск}$ = 0,06							
Поливная струя	л/с	0,075	0,070	0,055	0,075	0,060	0,066
Продолжительность добегания	ч	I2	I2	II	20	27	25
Продолжительность подачи при поливной норме I000 $м^3$/га	ч	24	36	35	45	-	49
Поливная норма в период добегания до конца борозд	$м^3$/га	780	570	560	750	I020	780
Впитывание на I м длины борозды	мл/с	0,33	0,3I	0,3I	0,2I	-	0,I7
Смыв почвы	т/га	3,50	2,30	2,20	28,70	30,40	22,00
Участок № 2, $\ell_{ск}$ = 80 м, $i_{ск}$ = 0,I0							
Поливная струя	л/с	0,070	0,070	0,055	0,08	0,060	0,058
Продолжительность добегания	ч	8	I0	9	I8	I5	I0
Продолжительность подачи воды при поливной норме I000 $м^3$/га	ч	23	24	26	58	46	26
Поливная норма в период добегания	$м^3$/га	470	520	480	480	880	620
Впитывание воды на I м длины борозды	мл/с	0,74	0,68	0,6I	0,37	0,35	0,39
Смыв почвы	т/га	4,4	4,0	3,7	I20,0	56,0	5I,0

почвы для слоев 0,3-I,0 м и позволяющую выбирать элементы техники полива. В соответствии с его классификацией для почв легкого механического состава рекомендуются максимальные расходы воды в борозду, для тяжелых - минимальные. Однако, он подчеркивает, "...что интенсивность смыва зависит от противоэрозионной стойкости почв. Не всегда почвы высокой водопроницаемости обладают высокой противоэрозионной стойкостью. Поэтому в реальных условиях почвы высокой водопроницаемости (например, легкие суглинки) могут эродироваться сильнее, чем почвы низкой водопроницаемости - тяжелые суглинки".

Исходя из этих высказываний и обобщая результаты многолетних своих исследований, В.А.Сурин (I988), для условий склоновых земель Средней Азии, рекомендует рациональные элементы техники полива (см. приложение П-II).

Для пропашных культур, возделываемых до уклонов 0,I мы придерживались этих же параметров.

Что касается садов и виноградников, поливаемых по зигзагообразным микроборозднам с монотонно увеличивающейся извилистостью, то по результатам многолетних исследований для среднесуглинистых почв Таджикской ССР, рекомендуемые нами рациональные элементы техники полива по зигзагообразным микроборозднам приведены в табл.2.I3.

Таблица 2.I3

Рекомендуемые значения элементов техники полива по зигзагообразным микроборозднам для садов и виноградников, при длине поливной площадки I00 м (после стабилизации просадочных деформаций)

Почва	Уклон склона	Поливная струя, л/с
Среднесуглинистая	0,02-0,049	0,I0-0,074
	0,05-0,099	0,075-0,06I
	0,I0-0,I4	0,06-0,05I
	0,I5-0,20	0,05-0,04

Для оценки энергетической характеристики катков-бороздоделов КБ-I были проведены замеры с применением светолучевого осциллографа Н04IУЧ, стабилизатора сигналов и тензометрических звеньев конструкции ВИСХОМ по методике А.В.Васильева, Д.М.Раппопорта (I963). Результаты замеров представлены в табл.2.I4.

Таблица 2.I4

Энергетическая характеристика катков-бороздоделов КБ-I
(средняя учетная длина 20 м)

Количество опытов	Крутизна склона	Скорость движения, м/с	Передача	Вертикальная сила,Н
		При движении трактора по склону		
4	0,09-0,26	I,69-2,0	5	24I0-2620
		При движении трактора на склон		
4	0,09-0,26	I,32-I,I9	3	24I0-2570

Исследования показали, что при вертикальной силе давления катков на почву 24I0-2620 Н происходит качественное формирование микроборозд.

Во время ведомственных и государственных испытаний, энергетические параметры регистрировались и измерялись с помощью информационно-измерительной системы УСК-I. Полученные данные показали, что тяговое сопротивление катка-бороздодела значительно ниже, чем окучника-бороздодела, так как катки КБ-I образуют поливные борозды за счет перекатывания по почве, тогда как окучники НКУ-27А - за счет ее расклинивания.

Сравнительные эксплуатационные показатели катков КБ-I и бороздодела НКУ-27А приведены в табл. 2.I5. Материалы таблицы показывают, что общая масса катков КБ-I в 2,09 раза больше

Таблица 2.I5

Сравнительные эксплуатационные показатели катка КБ-I и НКУ-27А

Показатели	Единицы измерения	НКУ-27А	Каток бороздодел КБ-I	Разница
Общая масса	кг	48,7	I02	- 53,3 / 209 %
Трудоемкость агрегатирования	чел/ч	0,I3	0,I8	- 0,05 / 38 %
Дополнительные рабочие органы		туковые сошники	туковые сошники и рыхлители	- рыхлители
Установочная глубина обработки	см	I4,0	3,7	+ 3,8 раза меньше
Производительность	га/ч	I,68	I,7I	+ 0,03 / I,8 %
Удельная мощность, затрачиваемая на выполнение технологического процесса	кВт / га/ч	I5,9	I2,5	+ 3,4 / 2I,4 %
Удельный расход топлива	кг/га	4,97	4,43	+ 0,54 / I0,9 %
Норма выработки по сменному времени	га	8,75	8,33	- 0,42 / 4,8 %
Затраты труда	чел/га	0,80	0,80	-
Трудоемкость монтажа одного комплекта	ч	0,I3	0,I4	- 0,0I / 0,77 %

массы бороздодела НКУ-27А. Трудоемкость агрегатирования и монтажа катков несколько сложнее. Но за счет выполнения микроборозд прикатыванием, расход мощности двигателя трактора Т-28Х4М в агрегате с культиватором КРХ-4 и катками-бороздоделами КБ-I на 30 % меньше, чем при работе с окучником-бороздоделом. Удельный расход топлива при работе трактора с катками на 0,54 кг/га, или на I7 % меньше, чем при работе с окучником НКУ-27А.

Условия применения и основные параметры рекомендуемых комплектов катков приведены в табл.2.I6.

Комплект КБ-I имеет 5 катков, из них два с прямолинейными выступами, два с коэффициентом извилистости выступа I,5, один с коэффициентом извилистости I,25. Такой комплект рекомендуется для нарезки микроборозд при ширине междурядий 60 и 70 см при возделывании хлопчатника и других пропашных культур на землях с мелкоземистыми почвами, имеющих уклон $i = 0,04-0,I0$.

Комплект КБ-2, содержащий 3 катка с прямолинейными выступами, можно применять в таких же условиях, но при поливе через междурядье.

Комплект КБ-3 снабжен 5 катками, из которых два имеют дополнительные поперечные выступы, расположенные в шахматном порядке по обе стороны от продольного выступа с таким расчетом, чтобы площадь дополнительных выступов была на 50 % больше площади основного продольного выступа. Один каток имеет редкие дополнительные поперечные выступы, также расположенные в шахматном порядке, с площадью на 25 % больше, чем площадь продольного выступа. Два катка выполнены без дополнительных поперечных выступов и предназначены для междурядий, где не проходят колеса тракторов. Диаметр поперечных выступов принимают на I0-I5 мм

Таблица 2.I6

Условия применения и основные параметры комплектов катков-бороздодавов

Показатели	Комплекты катков			
	КБ-I	КБ-2	КБ-3	КБ-4
Сельскохозяйственная культура	хлопчатник и др. пропашные культуры	хлопчатник и др. пропашные культуры	хлопчатник и др. пропашные культуры	виноградники и плодовые культуры
Почвы	мелкоземистые с мощным слоем	мелкоземистые с мощным слоем	слабо- и среднекаменистые с размерами фракций не более 30-50 мм	мелкоземистые и слабокаменистые почвы с размерами фракций не более 30-50 мм
Ширина междурядий, см	60-70	60-70	60-70	2,5-6,0
Уклоны	0,04-0,I0	0,0I5-0,I0	0,0I5-0,I0	0,0I5-0,I0
Количество катков в комплекте, шт.	5	3	5	2
Ширина захвата агрегата, м	2,4-3,5	2,4-3,5	2,4-3,5	2,5-3,0
Ширина катка, мм	200	200	200	400
Диаметр катка, мм	300	300	300	600
Диаметр выступа, мм	30	30	30	30-50
Коэффициент извилистости выступов	I,0-I,5	I,0	I,0	I,5-2,5
Ориентировочная масса катка, кг	20	I5	I5	35

больше, чем диаметр продольного выступа. Комплект предназначен для пропашных культур, возделываемых на слабо- и среднекаменистых почвах.

Комплект КБ-4 состоит из двух катков с прямолинейными выступами. Рекомендуется для нарезки микроборозд в междурядьях плодовых культур и виноградников, на каменистых почвах при уклонах до 0,05.

В табл.2.17 даются технические характеристики комплекта катков КБ-1, полученные по результатам госиспытания.

На склоновых землях, при рекомендуемых элементах техники полива, глубина и ширина микроборозды составляют 3-5 см. При таких размерах может снижаться надежность работы микроборозды. Большое влияние оказывают также влажность и качество обработки почвы, наличие поперечного уклона, ширина полосы нарезки и скорость движения агрегата. При нарезке прямолинейных микроборозд эти факторы не столь существенны.

При нарезке зигзагообразных микроборозд на определенной полосе (ширина 0,2÷1,0 м) поперечный уклон поля и глыбистость почвы оказывают влияние на качество поливов по микроборозда.

Из-за малой (3-5 см) глубины могут происходить прорывы воды (особенно на поворотах зигзагов), что снижает надежность работы микроборозды.

На работоспособность микроборозд влияет глубина их и поперечный уклон поливной площадки.

При устройстве извилистых по длине склона микроборозд приходится учитывать влияние возможного поперечного уклона, особенно когда ветвь зигзага микроборозды направлена против него. В этом случае микроборозда продолжает функционировать нормально, но возрастает глубина её наполнения.

Таблица 2.I7

Техническая характеристика катка-бороздодела (КБ-I)

Показатели	Численные значения
Конструктивная ширина захвата, м	2,4
Число борозд, образуемых машиной, шт.	5
Основная ширина междурядий, на которую рассчитана машина, м	0,60
Агрегатируется с трактором	Т 28Х4
Рабочая скорость, км/ч	5,0
Количество обслуживающего персонала	I тракторист
Потребная мощность, кВт	3,7-7,7
Производительность за час сменного времени, га	0,6
Масса машины с полным комплектом рабочих органов	трактор + I00 кг
Трудоемкость технического ухода	0,25
Трудоемкость навески, чел.ч.	0,30
Размеры поперечного сечения микро-борозды, выполненной катками, см	
ширина по верху	5,0-6,5
глубина	I,8-2,4
Поверхностный сброс, %	6-I6
Смыв почвы за сезон, т/га	I,8-5,0
Тяговое сопротивление, Н	3700-4200
Коэффициент загрузки двигателя, %	I5-33

Гидравлические расчеты микроборозд глубиной 3-5 см

показали, что когда продольные уклоны склона 0,05-0,20, а поперечные - 0,01-0,03 последние существенно не влияют на глубину наполнения микроборозд и коэффициент запаса глубины ее составляет 1,0-1,6, т.е. она не переполняется и работает нормально.

Наблюдения, проведенные в хозяйствах, также показали, что при выдерживании этих условий надежность работы микроборозды обеспечивается, для чего необходимо выравнивать полосу нарезки, провести своевременную послеполивную культивацию.

В производственных условиях наблюдались отдельные случаи прорыва микроборозд в связи с нарушением требований агротехники. Однако, это не оказывало существенного влияния на качество полива, так как струя, прорываясь с одной ветви зигзага, сразу попадает в следующую ветвь той же микроборозды.

2.9. Исследование технологии полива виноградников по зигзагообразным микроборозда м

Одним из радикальных способов выравнивания увлажнения по длине склона следует считать предложенный нами способ нарезки микроборозд с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости (Н.К.Нурматов и др., 1980). Теоретические основы этого способа были изложены выше.

Для проверки расчетных параметров проводились полевые исследования на склонах крутизной 0,05; 0,10; 0,20 и длиной 100 м.

Опытные участки выбирались на характерных по почвенно-рельефным условиям объектах республики: садвинсовхоз "Шахринау" Гиссарского района, совхоз № 4 Яванского района, совхоз "50 лет СССР" Файзабадского

района Таджикской ССР и др.

В опытах изучались элементы техники полива по обычным бороздам и микробороздам. Замерялись время добегания, скорость впитывания воды, поверхностный сброс и величина смыва почвы.

Методом водного баланса и отбором проб почвы на влажность до и после полива на глубину I,0...I,6 м устанавливались контуры промачивания и равномерность увлажнения почвы на различных участках склона. Кроме этого, для исследования динамики впитывания воды и показателя степени a , характеризующего изменение скорости впитывания при поливе, проводились опыты на отрезках склона длиной 25–33 м, шириной I,5–2,0 метра с подачей расходов поливной струи 0,015, 0,025, 0,050 л/с. Продолжительность опытов до I00–200 ч с расчетом подачи поливной нормы I000 $м^3$/га. Сравнивался характер впитывания воды на 3-х типах борозд: обычная, микроборозда прямолинейная и микроборозда зигзагообразная с $K_{изв}$ = I,5. Полученные результаты приведены на рис. 2.23.

Анализ материалов показывает, что на 25 метровом начальном участке склона расход впитавшейся воды зависит от размера подаваемой струи. На прямолинейных и зигзагообразных микробороздах, с постоянным коэффициентом извилистости ($K_{изв}$ = I,5) в начале полива впитывался почти одинаковый расход воды ($q'_{н}/q''_{н}$ = I,08 – I,3). Через 46 ч полива это отношение увеличивалось до I,7 раза, через 97 ч достигало 4,0. В среднем, за период наблюдений (97 ч) отношение расхода впитавшейся воды на зигзагообразной микроборозде к прямолинейной составило 2,I5.

На рис.2.24 приведены результаты производственных опытов по впитыванию воды на концевых участках обычных борозд, прямолинейных и зигзагообразных микроборозд.

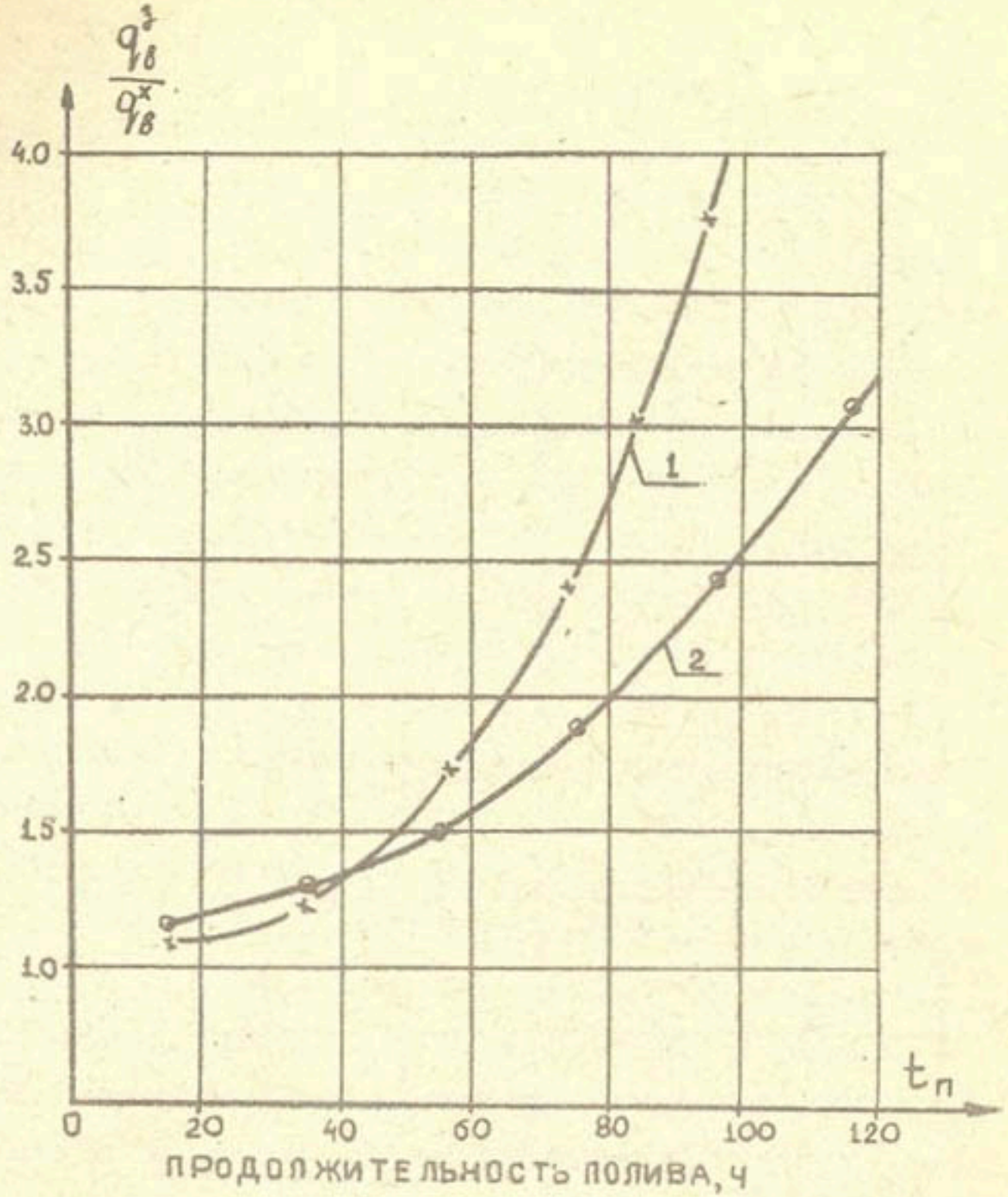


Рис.223 Изменение соотношения расхода воды, впитавшейся на начальном участке склона при различной технологии нарезки: I - зигзагообразной микроборозды с $К_{изв}$=I,5 к обычной борозде; 2 - то же к прямолинейной микроборозде.

$q^з_в$ - расход воды, впитавшейся на I м длины склона в зигзагообразной микроборозде;

$q^х_в$ - то же в прямолинейной микроборозде или обычной борозде.

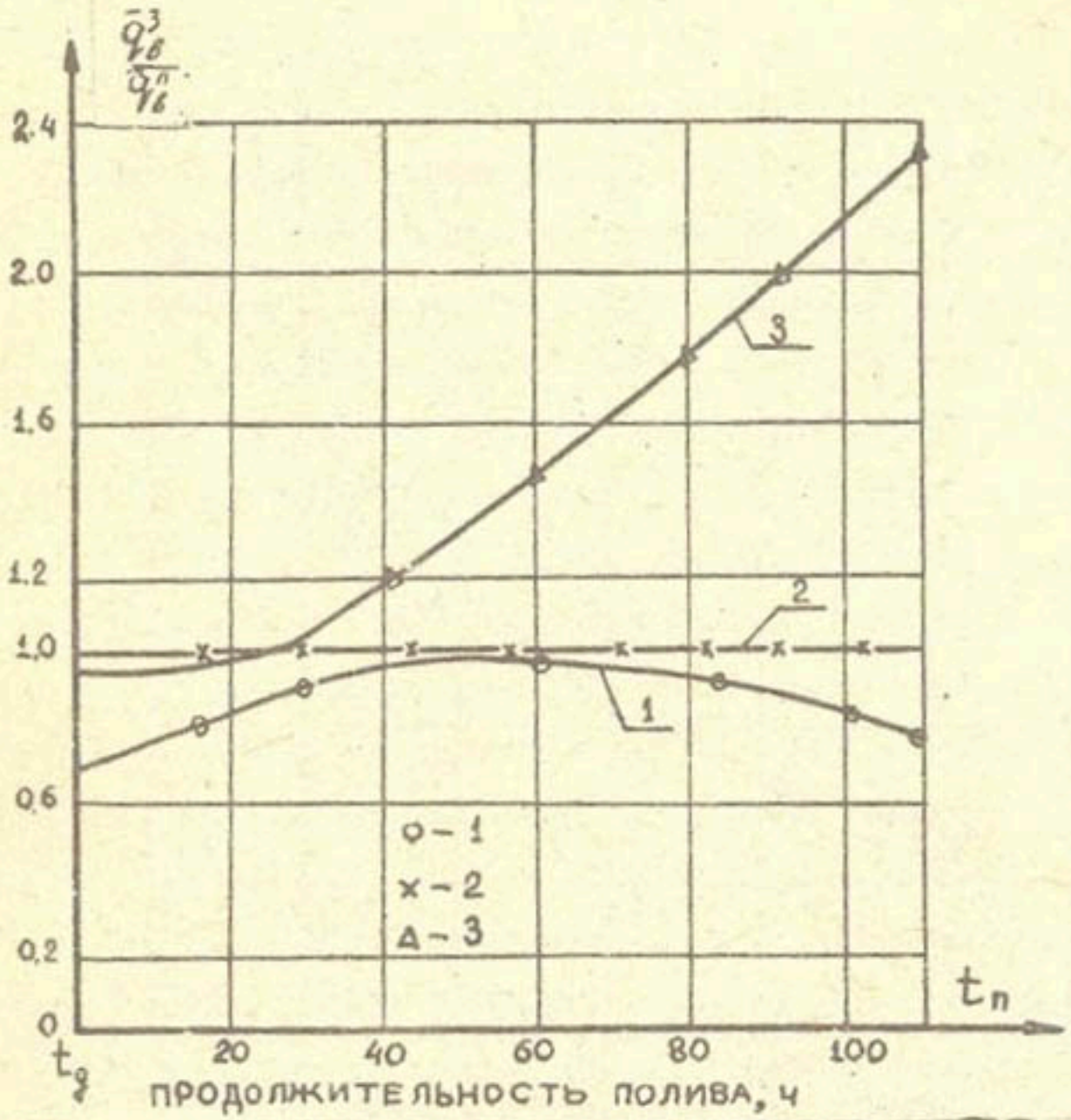


Рис.2.24. Изменение соотношения расхода воды, впитавшейся на конечном участке склона при различной технологии нарезки:
I – обычной борозды к прямолинейной микроборозде;
2 – прямолинейная микроборозда; 3 – зигзагообразной микроборозды с $K_{изв}$ = 2.25 к прямолинейной.

$\bar{q}^3_{в}$ – расход воды, впитавшейся на I м длины склона в зигзагообразной микроборозде;

$\bar{q}^n_{в}$ – то же в прямолинейной микроборозде или обычной борозде.

На графике по оси ординат отложено отношение расхода впитавшейся воды на зигзагообразной микроборозде, к другим вариантам. Из рисунка видно, что в первые часы после добегания поливной струи до конца участка, впитывания воды по всем вариантам было почти одинаковое. Затем это отношение постепенно растет и к концу полива достигает 2,3. Средневзвешенное значение $q_н^з / q_н^п$ за время наблюдения ($t_п - t_д$) было равно 2,0.

Такое явление вызвано тем, что выше расположенные участки зигзагообразной микроборозды и обычной борозды в первые часы полива впитывают воду больше, чем прямолинейная микроборозда. По мере продолжения полива на конечный участок зигзагообразной микроборозды (с уклоном в 2–4 раза меньше, чем на начальном участке) начинает поступать больше воды и одновременно с этим увеличивается смоченный периметр, а следовательно, и впитывание воды. Поэтому для проявления в полной мере впитывающей способности зигзагообразной микроборозды необходимо правильно выбрать ($K_{изв}$), т.е. расстояние между ветвями зигзагов, и подавать расчетные расходы поливных струй. Таким образом, к моменту окончания полива можно добиться полного смыкания контура увлажнения между всеми ветвями и по всей ширине междурядии растений.

Как показали наблюдения, на склонах с крутизной 0,I–0,2, в бороздах, нарезаемых обычными окучниками, при длине поливной площадки I00 м и размерах струй 0,03 – 0,075 л/с, время добегания составляет 35–I5 ч. В прямолинейных микроборозлах при этих же размерах поливных струй время добегания было I6–6 ч. В микробороздах, нарезаемых с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости (при I00-метровой длине склона длина микроборозды I50 метров), струи добегают до конца склона за 24–I2 ч или в I,5–2,0 раза медленнее, чем в прямолинейной микроборозде, но в

I,4-I,3 раза быстрее, чем в обычной борозде.

Медленное добегание поливной струи по обычной борозде вызвано наличием в ложе многочисленных комочков, которые создают дополнительное сопротивление и несколько увеличивают смоченный периметр. С момента появления воды комочки постепенно разрушаются, образуются канавки, размеры которых постепенно увеличиваются.

При нарезке микроборозд методом вдавливания комки сминаются, уменьшается шероховатость ложа и уплотняется дно, поэтому увеличивается скорость добегания струи. На рис.2.25 приведены графики добегания струи, построенные по фактическим наблюдениям на различных типах борозд.

Зависимость времени добегания от $K_{шв}$ выражается как

$$t_g = 251 + 736 \cdot K_{шв}^{5}, \quad с. \qquad (2.41),$$

при $i = 0,2$; $W = 0,7$ НВ; $K_{ф} = 0,025$ м/ч, $l_{г} = 100$ м

Материалы исследований показывают, что сама технология нарезки микроборозды вдавливанием способствует ускорению добегания струи до конца поливной площадки, а следовательно, улучшению равномерности увлажнения. Выполняя микроборозду с монотонно увеличивающейся извилистостью, достигается полное выравнивание увлажнения поля.

На основе экспериментов, проведенных в производственных условиях, установлены потери воды на глубинный и поверхностный сбросы, а также на испарение. Выявлены коэффициент равномерности и КПД техники полива при разной технологии нарезки поливных борозд (табл.2.18).

Полученные материалы свидетельствуют о том, что на склоновых землях, при поливе по обычным бороздам, коэффициент равно-

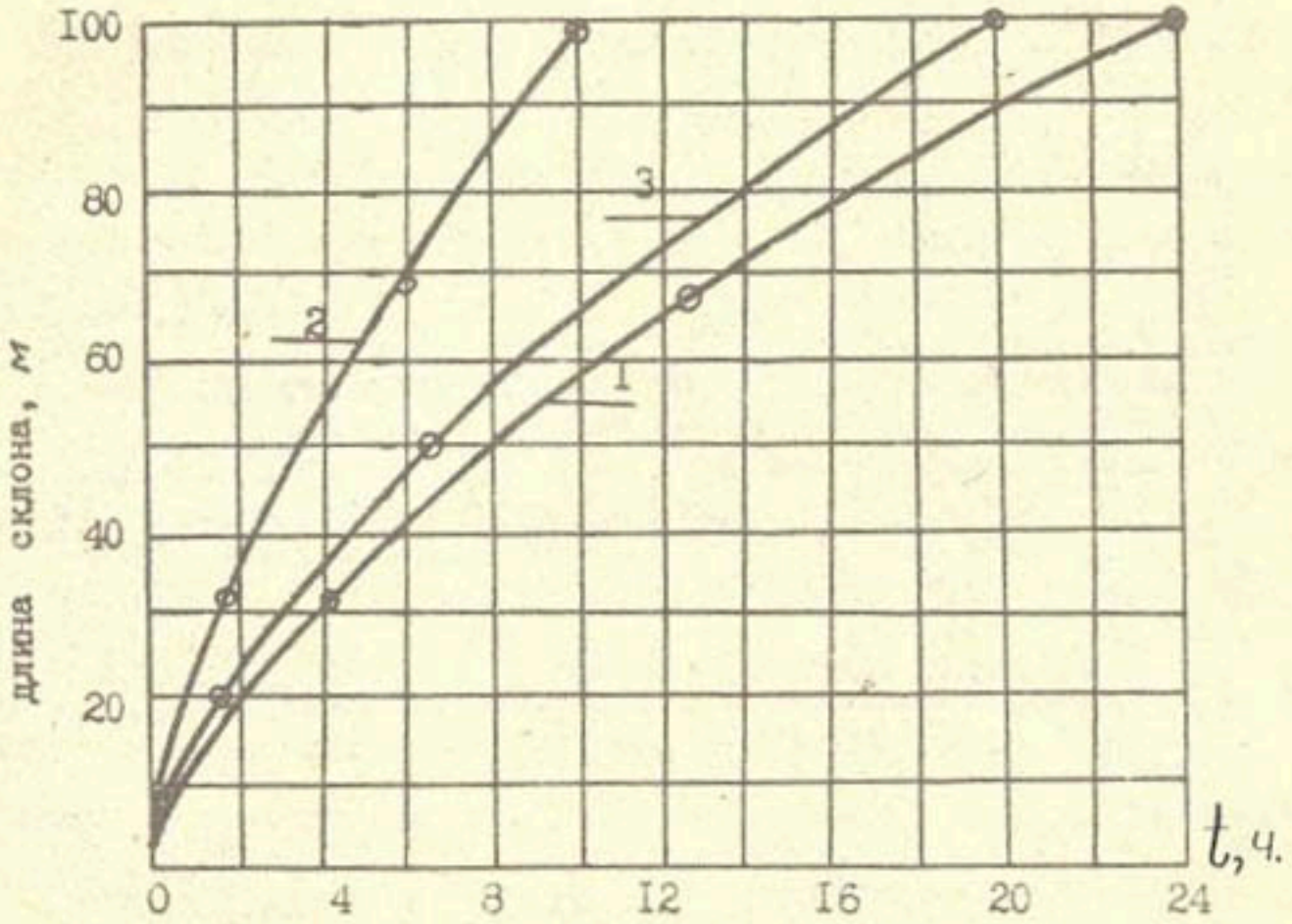


Рис. 2.25. Время добегания поливной струи при $i_{ск}$ = 0,2 и $q_б$ = 0,05 л/с: I - обычная борозда; 2 - прямолинейная микроборозда; 3 - зигзагообразная микроборозда с $K_{изв}$ = I,0...2,5.

мерности увлажнения при подаче постоянного расхода поливной струи составляет 0,61. В прямолинейных микробороздах он повышается до 0,77. При нарезке микроборозд с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости от $K_{изв}$= 1,0 в начале до $K_{изв}$= 2,5 в конце, достигается увеличение коэффициента равномерности до 0,98. При этом, по ширине междурядий виноградника 2,5-3,0 м нарезаются две микроборозды с шириной полосы нарезки 0,6 м каждая, благодаря чему происходит полное смыкание контура увлажнения. При ширине междурядий 1,0 м необходимо ширину полосы нарезки довести до 1,0 метра.

Таблица 2.18

Сравнительные показатели КПД техники полива при разной технологии нарезки поливных борозд (средние значения из 8 опытов); уклон склона $i_{ск}$ = 0,20

Показатели	Единица измерения	По обычным бороздам	По прямолинейным микробороздам	По зигзагообразным микробороздам с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости
Поливная струя	л/с	0,045	0,045	0,048
Продолжительность:				
-добегания	ч	30,2	12,7	20,4
-полива		169	161	131,3
Поливная норма;				
-брутто	$м^3$/га	1243	1221	1054
-нетто	$м^3$/га	621	815	944
Глубинный сброс		304	124	24
Поверхностный сброс		306	245	50
Испарение в период полива		40	40	56
Итого:		1261	1224	1074
Невязка		-18	-3	-20
КПД техники полива		0,492	0,67	0,90

Коэффициент полезного действия техники полива, рассчитанный по методике Н.Т.Лактаева (I978) для обычных борозд, составил 0,49, при поливе по прямолинейным микробороздам - 0,67 и по зигзагообразным с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости - 0,90.

Фактическая величина поверхностного сброса при разной технологии нарезки поливных борозд на опытно-производственном участке (средние из 8-ми поливов, табл.2.I9) составила: по обычным бороздам - 24,6 % от подачи в голове, по прямолинейным микробороздам - I9 %, по зигзагообразным с коэффициентом извилистости от I,0 в начале и до 2,5 в конце I00-метровой полосы нарезки - 4,8 %.

Результаты наблюдений в производственных условиях показывают, что при подаче постоянных расходов поливных струй 0,035-0,075 л/с на склоне крутизной 0,20 смыв почвы за вегетационный период при 5 поливах составил: по обычным бороздам - 56,6 т/га, по прямолинейным микробороздам - I8 т/га. При нарезке микроборозд с монотонно увеличивающимся коэффициентом извилистости от $K^{н}_{изв}$ = I до $K^{к}_{изв}$ = 2,5 за вегетационный период было смыто всего 3,I т/га, или в I8 раз меньше, чем при поливе по обычным бороздам и почти в 6,0 раз меньше, чем при поливе по прямолинейным микробороздам.

На склоновых землях возделываются как пропашные, так и плодовые культуры и виноград. При поливе пропашных культур ширину междурядий принимают 0,45-0,90 м, а садов и виноградников - 2,5-6,0 м. С целью увлажнения всей площади питания и получения максимального урожая нарезают 2-5 борозд.

Н.А.Алиев (I983) приводит данные о том, что мощность корневой системы прямо коррелирует с развитием надземных органов

Таблица 2.I9

Смыв почвы при различной технологии полива на склоне $i_{ск}$ = 0,20 (совхоз "Шахринау" Гиссарского района Таджикской ССР)

Расход поливной струи, л/с	Продолжительность полива, ч	Поверхностный сброс, %	Смыв почвы, т/га
	Обычная борозда		
0,035	207	25	7,8
0,046	I78	25	I6,0
0,05I	I29	26	II,4
0,075	I06	30	2I,4
	Микроборозда прямолинейная		
0,035	200	2I	3,80
0,046	I78	27	3,87
0,05I	I29	20	4,35
0,075	89	I6	6,02
	Микроборозда зигзагообразная ($K_{изг}$ = I,0 - 2,5)		
0,042	I40	4,5	0,62
0,05I	II4	6,7	I,32
0,062	II2	5,0	I,54
0,075	75	5,6	2,II

растений. После первого года вегетации винограда, основная масса корней располагается в горизонте от 30 до 60 см. Максимальное удаление корней от корневого штамба, после первого года вегетации составило 1,5-1,7 м, после второго года - 3,3-3,4 м. Уже на второй год развития корни осваивают отведенную им площадь питания в 10 $м^2$. Примерно такие же показатели получены нами при поливе виноградников на Самгарском массиве Ходжентского района и в совхозе "Шахринау" Гиссарского района Таджикской ССР.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что для получения максимального урожая плодов и винограда необходимо равномерно увлажнить всю отведенную для питания растений площадь. Это возможно лишь при правильном подборе расстояний между поливными бороздами и других элементов техники полива.

Исследования контура увлажнения при бороздковом поливе хлопчатника через междурядье (1,2 м) на склоновых землях Андижанской области Узбекской ССР (В.А.Сурин и С.С.Зухритдинов, 1983) показали, что отношение ширины увлажнения к глубине составило 1,20-1,30.

Нами (Н.К.Нурматов, 1967) на основе большого числа опытов, проведенных на серобурых каменистых почвах Самгарского массива Таджикской ССР, при подаче поливной нормы 500-700 $м^3$/га и увлажнении метрового слоя получено отношение $B_{ув}/H_{ув}$ = 0,6-1,0. Опыты, проведенные на мелкоземистых почвах Яванского района, показали, что это отношение составляет 1,08. Многолетние наблюдения, проведенные на мелкоземистых почвах склоновых земель совхоза "Шахринау" (виноградник) Гиссарского района показали, что отношение ширины контура увлажнения к глубине равно 1,34.

На основе анализа существующих данных и материалов исследований выявлено, что расчетная глубина увлажнения 1,0 м, ширина

контура увлажнения на мелкоземистых суглинистых почвах - I,2-I,4 м, на легких каменистых почвах - 0,8-I,0 м. Эти показатели должны быть учтены при установлении расстояния между поливными микроборозданами.

Контуры увлажнения при поливе по зигзагообразной микробороздe имеют несколько иной характер, так как ее нарезают на определенной полосе. Здесь контур увлажнения развивается от края полосы нарезки. Поэтому его ширина при такой технологии увеличивается на ширину полосы нарезки. Из условий равномерного увлажнения всей площади междурядий растений ($B_р$) ширину полосы нарезки микроборозд можно вычислить как:

$$B_{пн} = \frac{B_р - П_м \cdot B_{уб}}{П_м} \qquad (2.42)$$

где $B_{пн}$ - ширина полосы нарезки;

$B_р$ - ширина междурядий растений;

$П_м$ - количество микроборозд;

$B_{уб}$ - ширина контура увлажнения при поливе одной прямолинейной микроборозды для суглинистых почв равна I,3 м

В таблице 2.20 представлены расчетные значения количества борозд и ширина полосы нарезки прямолинейных и зигзагообразных микроборозд при различной ширине междурядий растений.

Увеличение ширины полосы нарезки микроборозд до расчетных значений будет способствовать улучшению качества полива.

Таблица 2.20

Оптимальное количество микроборозд при различной ширине междурядий и полосы нарезки

Ширина междурядий, м	Прямолинейные борозды		Зигзагообразные микроборозды		
	количество	ширина полосы увлажнения	количество	минимальная ширина полосы нарезки	ширина полосы увлажнения
3,0	2	2,6	2	0,4	3,0
4,0	3	3,9	2	0,7	4,0
5,0	4	5,2	3	0,4	5,0
6,0	5	6,5	3	0,7	6,0

Приведенные материалы показывают, что для равномерного увлажнения всей ширины междурядий растений (3–6 м) необходимо нарезать от 2 до 5 прямолинейных микроборозд. Нарезая две или три зигзагообразные микроборозды и принимая ширину полосы нарезки 0,4–0,7 м, можно увлажнять всю площадь междурядий насаждений.

Необходимо отметить, что если в севообороте включена люцерна, то микроборозды на этих полях назераются одновременно с посевом.

Глава 3

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕНОСНОЙ И СТАЦИОНАРНОЙ ТРУБЧАТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

3.I. Анализ существующих схем и конструкций трубчатой оросительной сети

В постановлении октябрьского (I984 г.) Пленума ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О долговременной программе мелиорации, повышении и эффективности использования мелиорированных земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны", намечено расширение строительства закрытых оросительных систем с применением железобетонных, асбестоцементных и пластмассовых труб и совершенствование их конструкции. В материалах Пленума отмечается некачественное строительство трубопроводов внутрихозяйственной оросительной сети и ставится задача существенного улучшения качества строительства, разработки новых конструкций и технологических приемов строительства, повышающих эксплуатационную надежность трубчатой сети.

В настоящее время существуют различные схемы размещения и конструкции трубчатой оросительной сети. В них основное внимание уделяется учету геоморфологических условий орошаемых участков. Схема расположения оросительной сети должна учитывать также возможность применения комплексной механизации и автоматизации процессов полива, обеспечивать высокий КЗИ.

С учетом этих требований, ниже анализируются основные существующие схемы и конструкции трубчатой оросительной сети.

Для распределения воды на склоновых землях предложены различные конструкции трубчатой сети: система И.А.Шарова и Г.Ю.

Шейнкина (I965), А.Г.Назаряна (I98[illegible]), Г.Н.Павлова и В.Н.Шапошникова (I982), В.А.Сурина (I968) и др.

В Московском гидромелиоративном институте И.А.Шаровым (I968) и Г.Ю.Шейнкиным предложена закрытая оросительная сеть. Она состоит из закрытых транспортирующих и поливных трубопроводов, а также гибких шлангов. Закрытые поливные трубопроводы проложены на глубине 0,4 м. Такую сеть рекомендуется применять при уклонах орошаемого участка до 0,03.

Закрытая система трубчатой сети для полива по бороздам с применением насосных установок, электрозадвижек, программных устройств и датчиков добегания внедряется в совхозе "Энгельсский" Саратовской области в садах (И.Ф.Натальчук, I983). Её рекомендуют для участков с небольшими уклонами.

Для механизации полива по бороздам предложены поливные агрегаты: ПТ-250, РТП-I60, ТПА-300, ПДА-I65У, ПДА-300 и др. Они также применимы для склонов с уклонами до 0,03.

Г.Н.Павлов и др. (I986) предлагают в условиях склоновых земель распределять воду по бороздам с помощью жестких труб из алюминиевых сплавов (ТАП-I50). Поливной трубопровод собирают из отдельных труб длиной 5...9 м, общая длина - I00 м.

Недостатком этой сети является сложность монтажа и демонтажа.

Для автоматического регулирования поливных струй в течение полива *M. Gall* (I982) предлагает поливной трубопровод с перемещающейся заглушкой. Трубопровод укладывают по верхней границе поливного участка, в нем под давлением воды перемещается заглушка, которая регулирует расход от максимума в начале до минимума в конце полива. Он имеет сложную конструкцию и может быть также использован на землях с малыми уклонами.

При освоении просадочных грунтов (В.А.Сурин и О.К.Комилов, 1988) предложили переносную поливную сеть (а.с. № 1184484), состоящую из быстроразборных труб типа АНШ и полиэтиленовых шлангов. Недостатком этой сети является ее напорность, что требует дорогостоящих запорных устройств, а также трудности монтажа и демонтажа.

В.А.Глазьев, В.С.Кривощеков, А.О.Билик (1981) предложили автоматизированную низконапорную закрытую оросительную сеть, но она имеет ограниченное применение, так как импульсный полив по бороздам можно рационально использовать только до уклонов 0,02.

В зависимости от рельефных условий орошаемого участка, схема расположения элементов оросительной сети может быть: продольная, поперечная и комбинированная (Г.Ю.Шейнкин и др.,1965).

Классической схемой закрытой оросительной сети является комбинированная самонапорная сеть системы Шарова-Шейнкина, рекомендуемая для уклонов 0,008–0,03. В ней предпочтение дается продольной схеме.

Использование продольной схемы расположения трубчатой оросительной сети ограничивается предельным уклоном применения бороздкового полива по СНиП 2.06.03-85, равным 0,05.

Поперечная схема расположения трубчатой сети рекомендуется при уклонах больше 0,05. При этой схеме трубчатой сети затрудняется равномерная раздача воды в борозды, ухудшаются условия работы трактора. Поэтому эта схема в существующем виде не нашла применения на практике.

Все это вызвано недостатками конструкций существующих трубчатых систем. Основные из них – возникновение больших напоров и сложность конструкции элементов водораспределения, следовательно, низкая их надежность.

Нами была поставлена задача разработать такую трубчатую оросительную сеть, которая могла бы применяться для орошения склонов любой крутизны, работала бы в низконапорном режиме, что позволило бы отказаться от высоконапорных труб и резко повысить ее надежность.

В процессе многолетних исследований нами разработаны трубчатые системы применительно к сложным рельефным условиям склоновых земель, отвечающие поставленным задачам.

На орошаемых склонах Таджикской ССР внутрихозяйственная оросительная сеть выполнена,в основном,в лотках и трубопроводах с гидрантами для раздачи воды в поливные шланги или во временную оросительную сеть. Здесь на I га орошаемой площади приходится более 200 м временной оросительной сети, в которой происходят размыв русла и потери воды на фильтрацию. На склоновых землях поливные шланги применяются редко, так как они имеют большие диаметры (I0-20 мм) поливных отверстий. Кроме того, в распределительной трубчатой сети из-за больших уклонов образуется высокое давление порядка 0,50-I,0 МПа, возникают гидравлические удары, приводящие к разрыву асбестоцементных труб и к износу запорно-регулирующих устройств.

Обследование технического состояния закрытой оросительной сети, проведенное в период вегетации I98I г. в Паркентском массиве Узбекской ССР (Г.Н.Павлов, I982), показало,"что подавляющее большинство закрытых оросителей находится в нерабочем состоянии и при орошении не используется. Основная причина выхода из строя оросителей - неспособность как трубчатой линии, так и комплекта запорной и распределительной арматуры, противостоять большим статическим напорам. По причине неработоспособ-

мости закрытых оросителей практически все террасированные площади не орошаются". Принимая во внимание эти недостатки, нами предложены новые конструкции трубчатой сети.

Они имеют простую конструкцию и работают в низконапорном режиме, предотвращая отрицательные явления, наблюдаемые в существующих трубчатых системах. Одним из предложений, позволяющим снизить избыточные напоры воды, является передвижная оросительная сеть.

3.2. Применение передвижной оросительной сети на склоновых землях

На землях с уклонами 0,004–0,04 рекомендуется закрытая оросительная сеть, состоящая из распределительных трубопроводов, направленных по наибольшему уклону и забирающих воду из открытого канала, гидрантов и гибких шлангов для подачи воды в борозды. Предельная длина поливных шлангов 200 м. Распределительные трубопроводы прокладывают через 400 м, длина их может достигать 2 км (Г.Ю.Шейнкин, В.Б.Гордеев, 1986; Г.Ю.Шейнкин, В.А.Сурин, Е.Н.Горбунова, 1965 и др.).

На землях с уклонами от 0,03 до 0,20 длина склона редко превышает 300–400 м и площадь нерасчлененных участков невелика. Расстояние между распределительными трубопроводами закрытой сети на таких участках составляет не более 400 м, а зачастую 300–200 м и меньше. Длина распределительного трубопровода обычно равна длине склона. Склоновые земли Средней Азии нередко сложены просадочными грунтами, и закрытая трубчатая сеть разрушается в первые же 2–3 года. Восстановление ее требует больших затрат. Поэтому предложено двухэтапное освоение склонов на просадочных грунтах с применением временной разборной оросительной сети (В.А.Сурин, О.К.Комилов, 1988).

Они рекомендуют переносную поливную сеть (а.с.№ 1184484), состоящую из быстроразборных труб типа РТШ и АНШ и из полиэтиленовых шлангов. Недостатком этой сети является ее напорность, что требует дорогостоящих запорных устройств, а также трудности монтажа и демонтажа.

Для исключения этих недостатков, нами разработан вариант передвижной оросительной сети, работающей в низконапорном режиме на склонах крутизной до 0,10. Передвижную поливную сеть (ППС) рекомендуется применять на склонах длиной до 400 м при уклонах 0,03-0,10. Она состоит из напорорегулирующих емкостей, распределительных и поливных шлангов (рис.3.1, 3.2). Емкости имеют объем 100-150 л, высоту 0,8-1,0 м, массу до 20 кг. Для распределения воды между бороздами используется гибкий шланг диаметром 100-200 мм, длиной до 100 м.

Для применения ППС на поливном участке прокладывают два водовода: по верхней границе участка закрытый или открытый ороситель, по нижней границе - открытый водосборно-сбросной канал. Площадь полива с одной позиции ППС - 8-12 га. Конкретная позиция определяется на местности постоянным водовыпуском из канала. Резервуары устанавливают вниз по уклону: первый - у водовыпуска, следующие - через расстояние, равное длине борозды (примерно 100 м). Резервуары и сбросной канал соединяют транспортирующими шлангами, а водовыпуск и первый резервуар - коротким (4,0-10,0 м) отрезком такого шланга. Поливные шланги укладывают по одну сторону от линии резервуаров и подключают их к ним, задвижки на водовыпускных патрубках при этом закрыты. Равномерность поступления воды из канала осуществляется регулятором постоянного расхода.

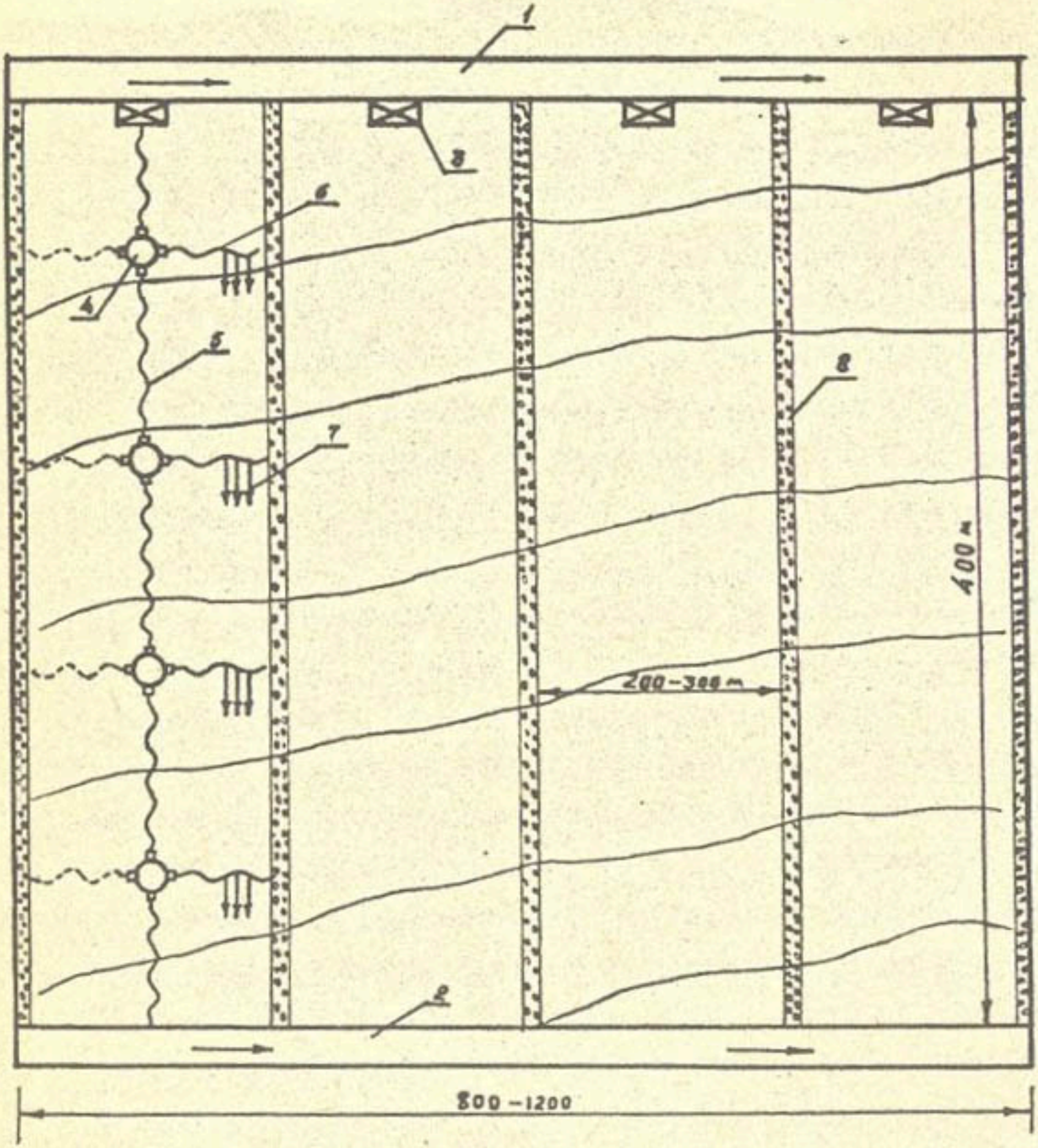


Рис. 3.I. Схема передвижной поливной сети в плане:
I - ороситель; 2 - водосбросной канал; 3 - регулятор расхода; 4 - распределительная камера; 5 - транспортирующий шланг; 6 - поливной шланг; 7 - направление полива; 8 - водосборно-сбросная канавка.

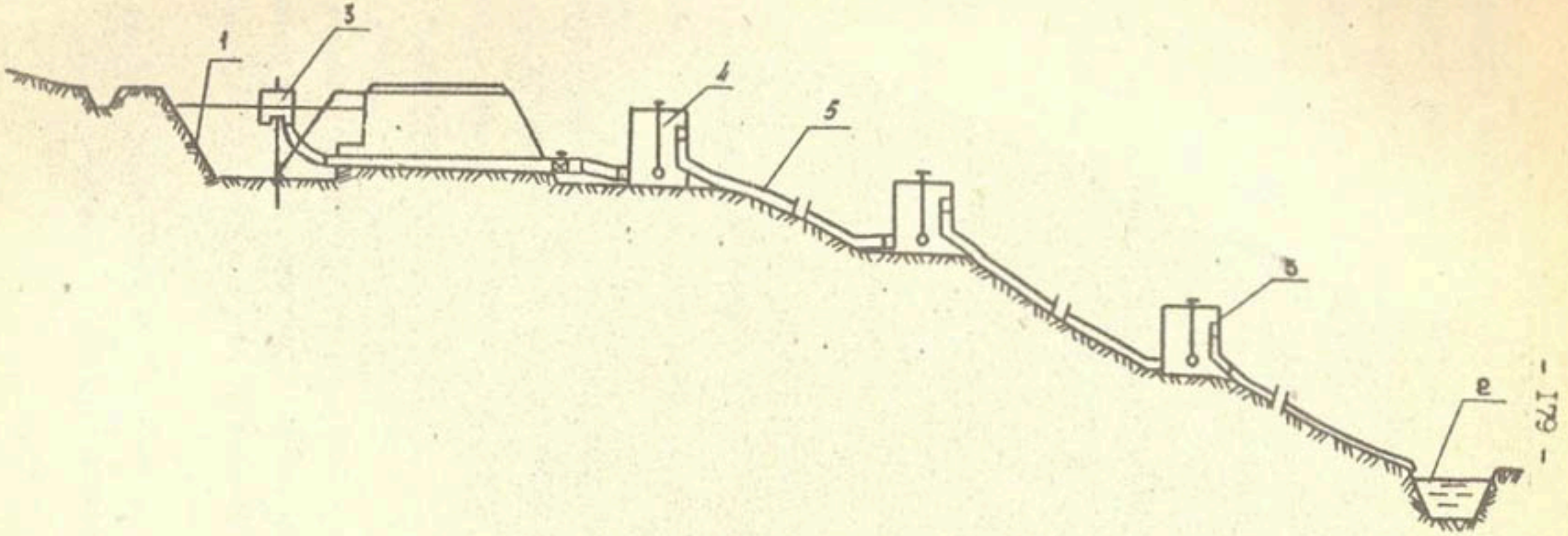


Рис.3.2 Передвижная поливная сеть в профиле:
I - ороситель; 2 - водосбросной канал; 3 - регулятор расхода; 4 - распределительная камера; 5 - транспортирующий шланг.

После подачи расчетной поливной нормы водовыпуск закрывают и поливные шланги переносят на другую сторону линии резервуаров. По окончании полива на позиции комплект ШПС разбирают и перемещают на тракторе Т-I6 к следующему водовыпуску. Одним комплектом ШПС звено из двух поливальщиков, в зависимости от поливного режима, может оросить за сезон до 60–80 га склоновых земель. Конструкция резервуаров в соединении с трубопроводами обеспечивает постоянные расходы в поливные шланги.

Расчетный расход, необходимый для полива одним комплектом, определяется по формуле:

$$Q = n_я \cdot \frac{l_ш}{a} q_б, \qquad (3.I)$$

где Q – расчетный расход ШПС, л/с;

$n_я$ – число ярусов;

$l_ш$ – длина поливного шланга (I00–I50 м);

a – расстояние между поливными бороздами (для хлопчатника 0,6 м);

$q_б$ – расход поливной струи, л/с.

Исследованиями, проведенными нами совместно с аспирантом А.Камолидиновым (I983), установлено, что в гибких шлангах при больших уклонах происходит пульсация потока, образуются катящиеся волны, длина которых зависит от расхода воды, уклона и равна 0,5...I,0 м. Исходя из этого, расчетный расход ШПС не должен превышать 30–40 л/с. Поэтому диаметр транспортирующего шланга, укладываемого по направлению склона, принимают равным не более 250 мм, а поливного, укладываемого по направлению горизонталей – I00–I50 мм.

Съемная сороудерживающая сетка. Эксплуатационный недостаток поливных шлангов – засорение поливных отверстий плавающим

сором, особенно при их малых (4–9 мм) диаметрах, необходимых для полива склоновых земель.

На существующих оросительных трубопроводах сороудерживающую решетку и сетку рамочного типа устанавливают в камере водовыпускного колодца. Они быстро забиваются плавающим сором, уменьшая расход воды и нарушая режим полива.

Нами предложено, кроме установления в распределительной камере решетки только для задержки крупного сора, а мелкий плавающий - задерживать съемной сорособирающей вставкой, помещаемой на входе каждого поливного шланга (рис.3.3). Вставка представляет собой перфорированную сетчатую емкость, свернутую в виде конуса. Диаметр ее в месте прикрепления к гидранту равен диаметру шланга. Длина вставки зависит от расхода воды и объема плавающего сора.

Применение сорособирающей вставки улучшает условия эксплуатации поливных шлангов, увеличивает производительность труда на поливе, способствует равномерному увлажнению поливной площади, а также частичному задержанию семян сорных трав.

Исследованиям гидравлических сопротивлений в плоских сетках посвящены работы А.А.Альтшулья, Н.С.Краснова (1967), А.И. Большова, В.М.Шлихунова (1982) и др.

Предлагаемая нами сорособирающая сетка является объемной. Поэтому суммарные потери напора в ней определяются по зависимости

$$\Sigma \Delta h = \zeta_c \cdot \frac{v_o^2}{2g} + \zeta_g \cdot \frac{v_{кол}^2}{2g} + \frac{\lambda'}{a} \cdot \frac{v_{ср}^2}{2g} \cdot l_c , \qquad (3.2)$$

где $\Sigma \Delta h$ – суммарные потери напора в сетке, м;

ζ_c – коэффициент местных сопротивлений незасоренного участка сетки;

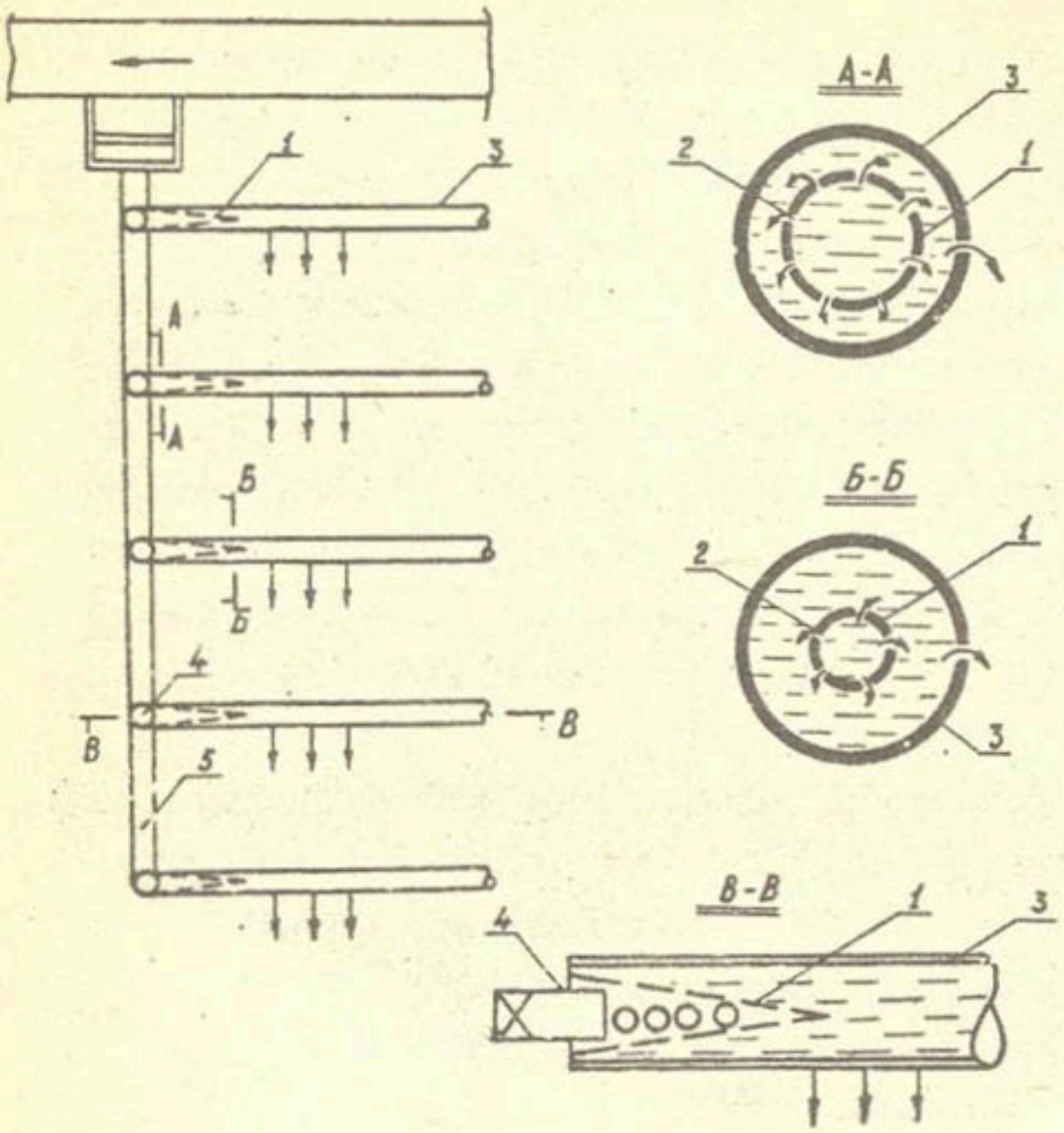


Рис. 3.3. Поливной шланг с сорособирающей сеткой: I - с"емная сорособирающая сетка; 2 - ячейка сетки; 3 - поливной шланг; 4 - гидрант; 5 распределительный трубопровод.

ζ_0 - то же у границы засоренного участка;

λ - коэффициент гидравлического сопротивления трубы в пределах сетки;

d - диаметр трубопровода, м;

$l_з$ - длина засоренного участка сетки, м;

$v_{кон}$ - скорость движения воды у засоренного участка сетки, м/с;

v_0 - скорость движения воды в начале и в конце сетки, м/с.

Коэффициент λ' определялся по общепринятым формулам гидравлики с учетом изменения скорости вдоль сетки. Расчеты показали, что λ' по длине метровой сетки при изменении скорости движения воды в пределах рассматриваемого участка от 1,0 до 2,0 м/с, составил от 0,034 до 0,036, а потери по длине - 1-2 см, чем практически можно пренебречь.

$v_{ср}$ - осредненная скорость течения воды в пределах сетки, определяется по формуле

$$v_{ср} = \frac{v_{кон} + 2v_0}{3}, \qquad (3.3)$$

Экспериментами, проведенными в лабораторных и полевых условиях (при диаметрах сетки 100 мм и длине 160 см), получены коэффициенты местного сопротивления (табл.3.1).

Таблица 3.1

Коэффициент местного сопротивления сорособирающей сетки при различной длине засорения (по опытным данным при D = 100 мм, l = 1,60 м)

длина засоренной части сетки, м	0	0,50	0,82	1,23
Коэффициент гидравлического сопротивления, $\Sigma\zeta_c$	2,28	20	51	152

Из данных таблицы следует, что при незасоренной сетке коэффициент местного сопротивления $\Sigma \zeta_c$ = 2,28. По мере засорения нижней части сетки значение коэффициента $\Sigma \zeta_c$ возрастает до 152 при $\ell_з$ = 1,23 м. Расчетную длину засорения допускают 50 % полной длины, чтобы потери напора на преодоление сопротивления сетки не превышали 0,10-0,15 м. А полную длину принимают равной 1,0-1,6 м в зависимости от продолжительности полива, насыщенности воды плавающим сором и удобств эксплуатации.

Результаты опытов по определению гидравлических характеристик, пропускной способности, коэффициента местного сопротивления и потери напора при различной длине засоренного участка приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2

Объем и пропускная способность сороспбирающей сетки (ℓ = 1,0 м) при различных диаметрах оснований и равной степени засорения

Диаметр основания сетки, мм	Степень засорения сетки по длине							
	чистая		засорилось 0,3 м		засорилось 0,5 м		засорилось 0,75 м	
	объем, л	расход, л/с	объем, л	расход, л/с	объем, л	расход, л/с	объем, л	расход, л/с
200	нет	110	0,268	100	1,30	82	4,39	49
150	нет	83	0,150	75	0,73	62	2,46	36
100	нет	57	0,069	52	0,33	42	1,10	25
75	нет	43	0,036	39	0,22	32	0,66	19
50	нет	28	0,017	25	0,08	21	0,27	12

При расчете были приняты следующие условия: коэффициент скважности сетки 0,5, коэффициент расхода μ = 0,65, допустимые

потери напора в сетке 0,10–0,15 м, размер ячейки сетки - 2 мм. Сорособирающая сетка испытывалась при производственных поливах. В качестве контроля служил поливной шланг без сорособирающей сетки.

Результаты исследований (табл.3.3) показывают, что в опытном шланге в течение 6,0–90,5 ч работы плавающим сором заполнялось 42–145 см её длины. При этом сухая масса наносов составила 0,31–1,40 кг. За время наблюдений на опытном шланге засорился всего 1 % поливных отверстий, а на контрольном - 10–15 %. Применение сорособирающей сетки предлагаемой конструкции полностью исключает засорение поливных отверстий и обеспечивает равномерную раздачу воды в микроборозды.

Таблица 3.3

Эксплуатационные характеристики сорособирающей сетки ℓ = 160 см (Н.К.Нурматов, А.Камолидинов, 1983)

№ поливов	Продолжительность работы сетки, ч	Расход воды, л/с	Длина засорившейся части сетки, см	Засоренность сетки, в долях	Сухая масса сора, г	Количество засорившихся отверстий шланга, шт	
						с сорособирающей сеткой	без сорособирающей сетки
1 (июнь)	6,0	4,5	45	0,28	–	нет	18
	47,5	5,2	65	0,41	–	2	23
	52,5	5,2	85	0,53	930	нет	17
2 (июль)	48,0	5,8	42	0,26	–	нет	31
	76,5	5,4	52	0,33	–	нет	14
	73,0	5,4	64	0,40	310	1	29
3 (август)	89,0	7,1	108	0,68	–	3	64
	234	6,5	145	0,90	1386	2	89
4 (сентябрь)	15,5	5,1	68	0,42	–	1	45
	90,5	5,0	75	0,47	175	1	65

Результаты наблюдений за появлением сорной растительности на хлопковом поле после полива из шлангов с сеткой и без нее, проведенных совместно с аспирантом А.Камолидиновым, показали, что количество сорняков в одной борозде длиной 100 м в среднем составило при поливе из шланга без сетки 316 шт., а с сеткой - 80 шт. или в 3,9 раза меньше.

Гибкий отстойник. Поливные шланги рекомендуется применять при мутности воды менее 1,5 г/л (В.А.Сурин, 1984). Однако и при соблюдении этого условия они часто заиляются вследствие естественных неровностей рельефа местности. При сложном рельефе с целью равномерной раздачи воды приходится также укладывать шланги извилисто и с расчетным уклоном. При этом они заиляются по всей длине, что затрудняет их промывку. Наносы приходится постепенно отгонять от начальных участков шланга в его концевые участки. Процесс промывки требует большого расхода воды.

Для облегчения промывки шлангов и экономии воды, в начале каждого поливного шланга нами предлагается устанавливать специальную камеру цилиндрической формы из эластичного материала (например, гибкий шланг большого диаметра), где создаются необходимые гидравлические условия для осаждения взвешенных наносов.

На рис.3.4 показана схема размещения гидранта, поливного шланга и камеры для осаждения взвешенных наносов. Камера крепится хомутами к гидранту и через переходник к гибкому шлангу. Сечение ее подбирают из условия получения скорости движения воды в пределах 0,1-0,2 м/с.

Для лучшего отложения наносов камеру укладывают в плане по полукругу. При этом средняя ее часть, за счет уклона местности, располагается ниже ее начала и конца. Длину камеры рассчи-

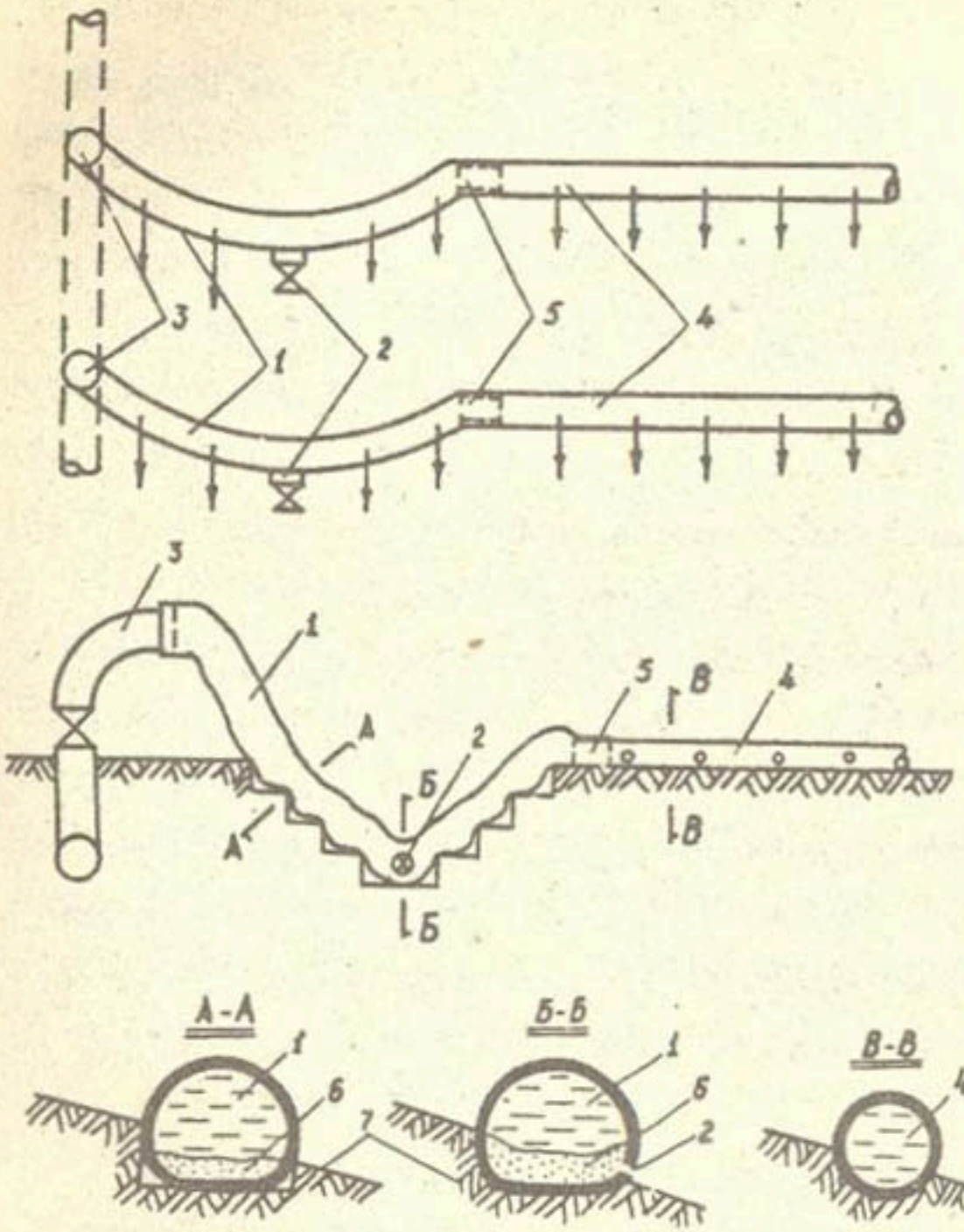


Рис. 3.4. Поливной шланг с осаждающей камерой: I- камера отстойника; 2 - промывник; 3 - гидрант; 4 - поливной шланг; 5 - соединительный патрубок; 6 - наносы; 7 - поверхность земли.

тывают из условия удержания объема наносов, выпадающих за расчетный период.

Объем осаждающей части камеры гибкого отстойника вычисляют по формуле:

$$V_{отс} = \frac{\rho \cdot 3600 Q_ш \cdot t}{\gamma}, \qquad (3.4)$$

где $V_{отс}$ – объем отстойника, м^3;

$Q_ш$ – расход воды в шланге, м^3/с;

ρ – мутность воды, т/м^3;

γ – объемная масса наносов, т/м^3;

t – продолжительность работы отстойника, ч.

Гибкий отстойник рекомендуется для расходов воды 5–20 л/с и мутности ее не более I,5 г/л. Наносы удаляют из камеры периодически, по мере наполнения или после окончания полива гидравлическим методом через промывник, расположенный в средней пониженной части камеры. Вместе с наносами в камере могут частично откладываться семена сорных трав, что снижает засоренность поля сорняками. Промывная вода отводится через всдосборную канавку с гравийной засыпкой.

Поливной шланг с напорорегулирующими кольцами. Анализ рельэфа склоновых земель горных территорий Таджикистана с уклонами 0,02-0,20 показал, что коэффициент извилистости горизонталей достигает I,5 (см. гл.I). Поэтому на таких землях шланги следует укладывать извилисто в плане. Удельный расход шланга на I га орошаемой площади в этом случае увеличивается по сравнению с удельным расходом шланга на равнинных землях.

Выравнивание расхода поливных струй на равнинных землях с уклонами до 0.02 способом сужения поперечного сечения шланга веревочными стяжками описывалось Г.Ю.Шейнкиным, В.Е.Веденяпиным,

В.А.Суриным и др., 1968.

Нами, в порядке усовершенствования этого способа, разработана конструкция поливного шланга, укладываемого с уклоном выше расчетного и с применением напорорегулирующих колец, которые устанавливаются по длине шланга с шагом, изменяющимся в зависимости от уклона местности (авт.св. № 697631), рис.3.5.

При большом уклоне трассы гибкого шланга с водовыпусками, он перетягивается в нескольких местах напорорегулирующими кольцами. Число колец, их диаметр и расположение на трубопроводе зависят от величины избыточного напора, который необходимо погасить. Необходимые размеры напорорегулирующих колец подбирают в зависимости от степени сужения живого сечения гибкого шланга. На склоновых землях крутизной 0,03-0,10 рекомендуется применять поливные шланги диаметром 100-200 мм. Кольца, сужая сечение гибкого шланга, уменьшают его и работают как диафрагмы. Потери напора в диафрагме вычисляют по известным зависимостям. Коэффициент местного сопротивления устанавливался опытным путем (опыты проводились с участием аспиранта А.Камолидинова).

В табл.3.4 приведены результаты сравнения коэффициентов гидравлического сопротивления: диафрагмы в трубе постоянного сечения (по А.Д.Альтшулю), диафрагмы, присоединенной к трубе постоянного сечения под углом 45^{0} (по Ханеману) с нашими данными для прижимного кольца.

За счет установки напорорегулирующих колец на гибком трубопроводе появляется возможность укладывать их прямолинейно независимо от уклона местности. Благодаря такому способу регулировки напора удельный расход поливного шланга уменьшается, а затраты на эксплуатацию сети снижаются.

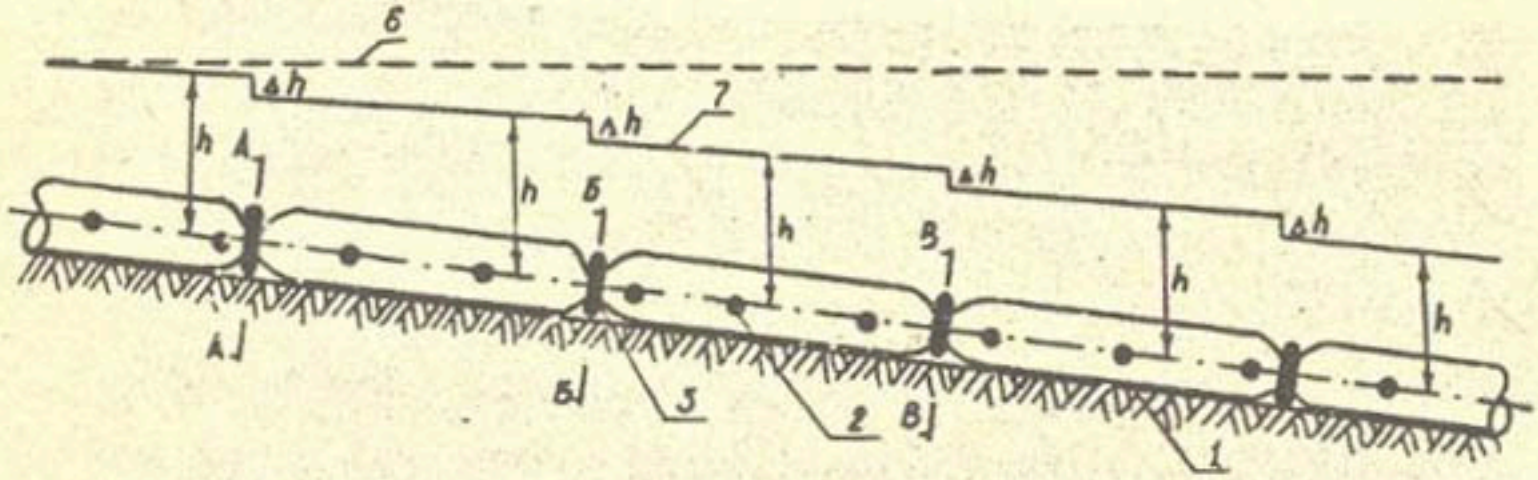
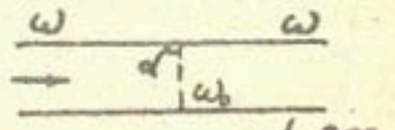
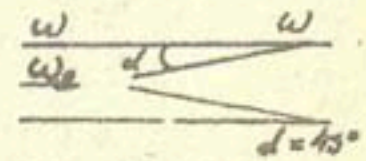
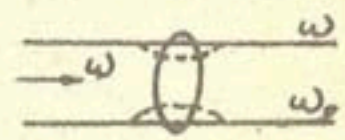


Рис. 3.6. Поливной шланг с напорорегулирующими кольцами:
I - поливной шланг, 2 - поливные отверстия; 3 - напорорегулирующие кольца; 4 - отверстия; 5 - выступ для регулировки размера кольца; 6 - статический горизонт; 7 - пьезометрическая линия напора; h - напор; Δh - потери напора.

Таблица 3.4

Сравнение коэффициентов местного сопротивления диафрагм

Коэффициент местного сопротивления	Отношение площади отверстия диафрагмы к площади сечения трубы							Виды диафрагм	Эскиз
	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70	0,90	0,95		
ζ_g	224	60,2	19,4	4,45	1,22	0,168	0,05	Диафрагма в трубе постоянного сечения	
ζ_g^*	153	32,2	11,6	2,50	0,60	0,120	-	Диафрагма с углом 45° в трубе постоянного сечения	
$\zeta_к$	173	32,8	9,8	2,60	0,60	0,123	-		

В табл.3.5 приведены фактические значения расхода воды по длине шланга с напорорегулирующими кольцами для характерных участков.

Таблица 3.5

Расход поливных отверстий по длине шланга с напорорегулирующими кольцами при уклоне трассы i = 0,044

Расстояние от начала, м	0	32	50	83	96
Расход, % от среднего	85	94	I06	97	I00

Степень сужения поперечного сечения шланга зависит от уклона трассы и может достигать 0,60-0,90. Расстояние между кольцами зависит также от уклона и на практике составляет I0...I5 м. При такой конструкции поливного шланга, между сужениями могут отлагаться наносы, но они промываются сразу же по окончании полива открытием колец, благодаря значительному уклону трассы.

Устройство для регулирования длины гибкого шланга. На практике шланг удлиняют соединением отрезков через вставку из жесткой трубы длиной 40-60 см (Г.Ю.Шейнкин, В.А.Сурин, Е.Н.Горбунова, I965). Этот метод удлинения ненадежен в эксплуатации и требует значительных затрат труда и времени.

С целью рационального использования гибких шлангов на участках со сложной конфигурацией, автором совместно с аспирантом Т.Сайфуллаевым предложено устройство, позволяющее регулировать их длину. Механизм перемещения шланга выполнен в виде системы спаренных прижимных роликов с шероховатой поверхностью. Ролики

имеют полукруглую поверхность по диаметру сердечника и взаимосвязаны между собой через цепную передачу (авт.свид.№ 933050, Н.К.Нурматов и др.), рис.3.6.

Принцип работы устройства следующий. Перед поливом гибкий трубопровод надевают на трубу–сердечник емкости хомутом. Для укорачивания длины гибкого трубопровода передний ролик вращают по часовой стрелке. При этом, благодаря шероховатой прижимной поверхности роликов, гибкий трубопровод прижимается к трубе сердечника и, переходя на задние ролики, собирается на ней в гофры и постепенно укорачивается. Для удлинения гибкого трубопровода ролик вращают против часовой стрелки. Длина трубы-сердечника назначается в зависимости от длины регулируемой части гибкого трубопровода.

Таким образом, устройство позволяет регулировать длину шланга без особого труда.

Устройство также можно использовать для очистки шланга от отложившихся наносов. Но для этого необходимо удлинить сердечник резервуара и рамную часть оборудовать колесами.

Регулировочные устройства в комплекте с напорорегулирующими резервуарами транспортирующего, поливного шланга и другими приспособлениями позволяют поливать сельскохозяйственные культуры на участках с различной конфигурацией при сложном рельефе горных территорий.

Устройство для промывки гибких поливных шлангов. Эффективному применению шлангов в условиях Средней Азии препятствует мутность поливной воды. Промывка поливных шлангов в зависимости от степени заиления (при длине 100–200 м) продолжается от 2 до 6 ч (Г.Ю.Шейнкин, В.А.Сурин, Е.Н.Горбунова, 1965).

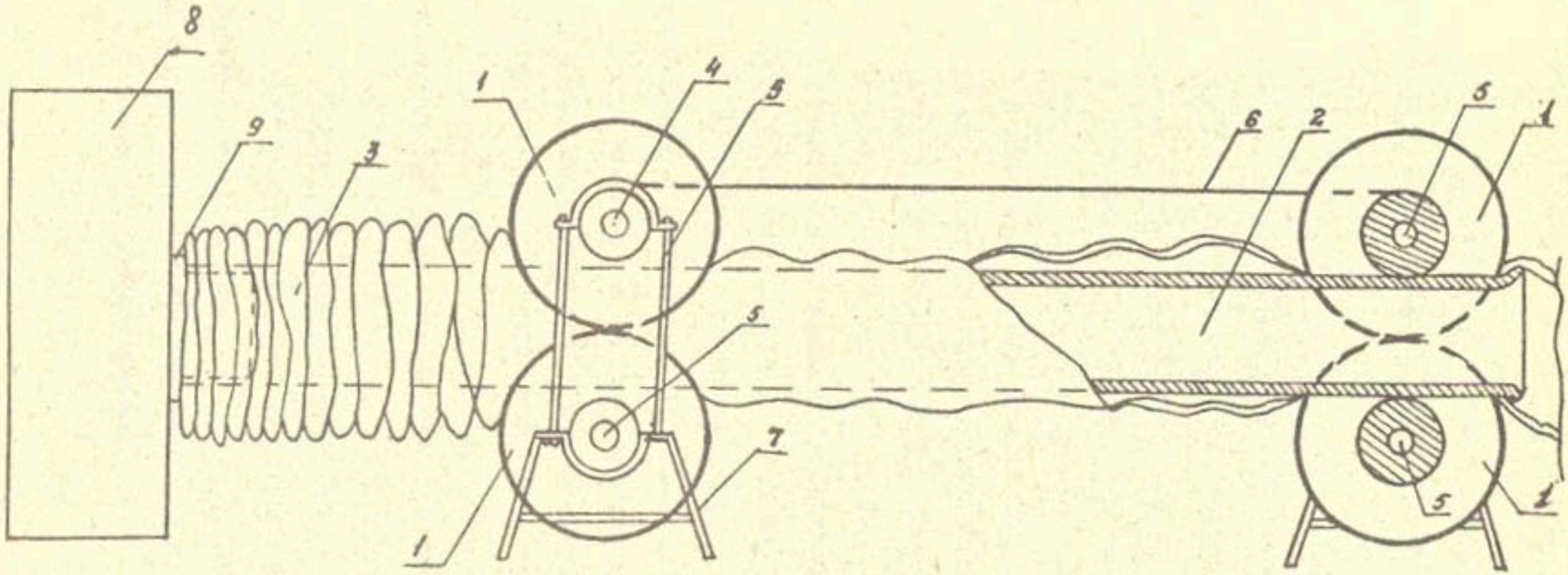


Рис.3.6. Устройство для регулирования длины гибкого трубопровода: I - ролики; 2 - труба - сердечник; 3 - гибкий трубопровод; 4 - ось; 5 - стяжка; 6 - цепь; 7 - рама; 8 - распределительная камера, 9 - хомут.

С целью повышения надежности и ускорения промывки предлагается устройство, позволяющее промывать гибкие шланги с использованием энергии воды (авт.свид. № 888874, Н.К.Нурматов, А.Камолидинов).

Устройство для промывки шлангов от наносов (рис.3.7) состоит из спаренных колес, соединенных между собой через ось, на которой с помощью кронштейна шарнирно закреплены ролики и с определенным зазором для ввода поливного шланга. Устройство снабжено ручкой. Нижний ролик выполнен съемным, верхний, благодаря наличию паза в кронштейне, свободно передвигается вниз и вверх, что позволяет изменять зазор между роликами.

Результаты применения промывочного устройства в производственных условиях показали, что расход воды на промывку не превышает 0,70-I,I процента.

Устройство для укладки, сборки и транспортировки гибких трубопроводов. Известные устройства для раскладки и сборки гибких поливных шлангов, подтягиваемых за конец тросом, который наматывается на вращающуюся катушку, установленную на тракторе, имеют ряд недостатков. Один из них - необходимость одновременного перемещения всего шланга с остатками воды и наносов по поверхности земли, что снижает долговечность его работы и увеличивает потребную тягу для перемещения. При наматывании шланга на барабан вес последнего постепенно увеличивается, что осложняет процесс сборки. Эти способы энергоемки и при выполнении операций возможен разрыв шланга (авт.свид. № I27511, I959).

Для устранения перечисленных недостатков нами разработано устройство для раскладки и сборки гибких шлангов (авт. свид. № 952I64, Н.К.Нурматов и С.Х.Бахриев).

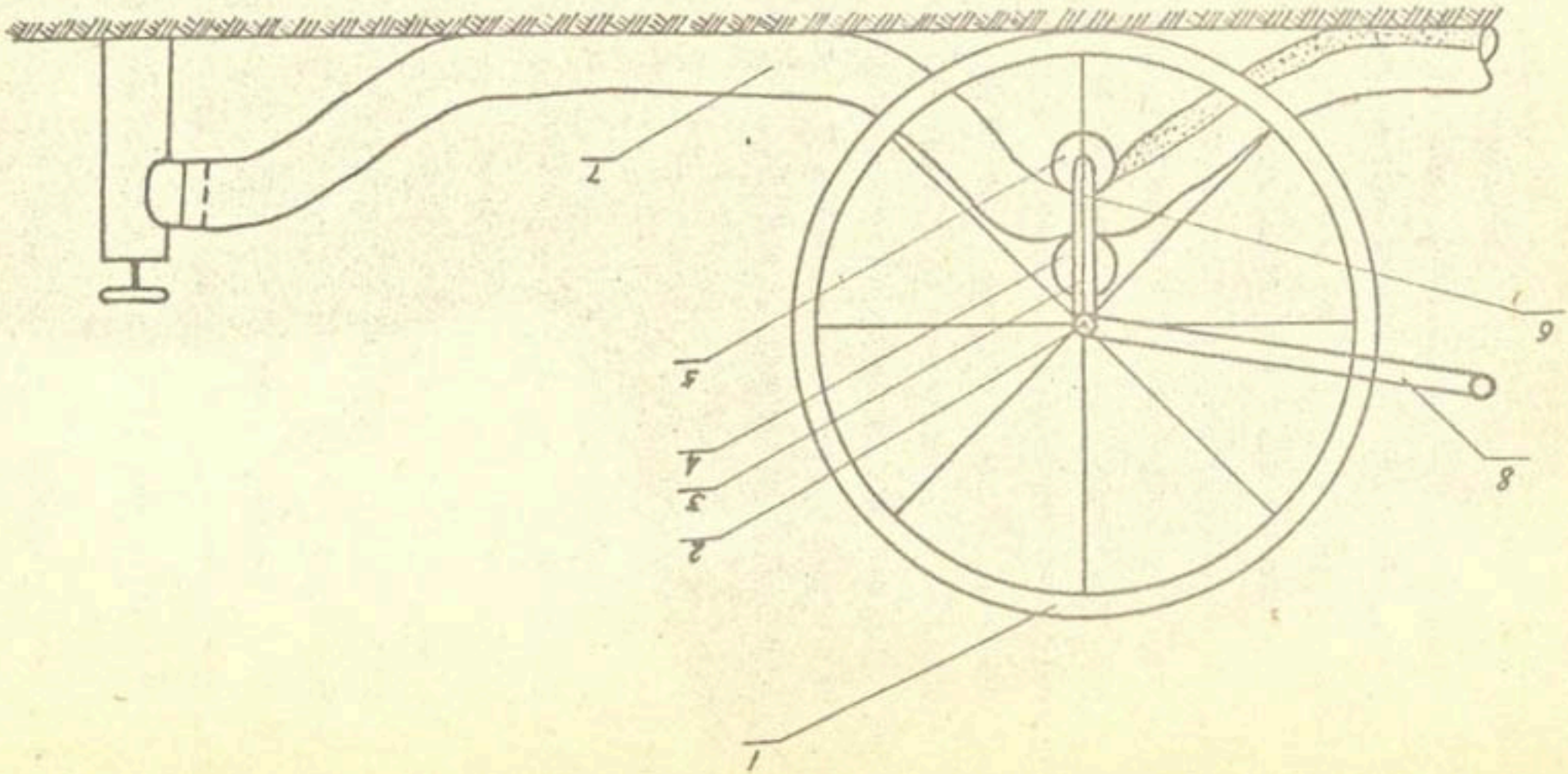


Рис. 3.7. Устройство для промывки грядкого шланга: 1 – спаренные колеса; 2 – ось; 3 – кронштейн; 4 и 5 – ролики; 6 – зазор; 7 – трубопровод; 8 – ручка.

Способ укладки поливного шланга для полива садов и виноградников. На склоновых землях имеются старые сады и виноградники с поперечной схемой расположения посадок. При этом большой уклон местности вызывает трудности в равномерной подаче воды на каждый ряд растений. Для осуществления равномерной раздачи воды автором предложен способ укладки гибкого шланга с уступами в створе рядка растений. Высота уступа зависит от уклона трассы шланга, а также от ширины междурядий растений. Сущность способа заключается в том, что в створе каждого рядка растений устраивают уступы и гибкий шланг укладывается через него; конец шланга может быть открытым. Перед уступом образуется напор воды, равный высоте уступа, и вода через поливное отверстие подается в борозду. Оставшийся поток транспортируется на следующий участок. Уступы могут быть постоянными и переносными.

Предлагаемое устройство позволяет применить гибкие шланги для транспортирования и раздачи воды на склоновых землях, на участках, длиной 200–400 м, со сложной конфигурацией.

Исходя из условия исключения влияния подпора на вышерасположенную точку раздачи воды, высота уступа не должна превышать 15–30 см. Количество уступов при длине поливного трубопровода 100 м и ширине междурядий растений 3–8 м составляет 13–33 шт. При расходе поливных струй 0,05–0,20 л/с и диаметре поливных отверстий шланга 6–8 мм, достаточен действующий напор порядка 0,15–0,30 м, что обеспечивается рекомендуемой высотой уступа.

Опыты, проведенные на винограднике промышленно-аграрного объединения "Шахринау", показали, что отклонение расходов воды, подаваемой по длине шланга с уступами, не превышает 5–10 %, (табл.3.6).

Таблица 3.6

Равномерность расхода поливного шланга с уступами против каждого ряда растений (ПАО "Шахринау", I982 г., $l_ш$ = I20 м, D = I50 мм)

Номера опытов и уклон трассы	Интервалы изменения	
	поливных струй, л/с	действующего напора, см
Опыт № I, $i_ш$ = 0,03	0,I24–0,I28	I6,0–I6,4
Опыт № 2, $i_ш$ = 0,0I	0,I34–0,I24	I2,7–I3,6
Опыт № 3, $i_ш$ = 0,I0	0,050–0,040	I6,0–20,0

Таким образом, в результате лабораторных, производственных исследований и опыта многолетней эксплуатации выявлены мобильность, простота конструкции, экономичность и удобства в использовании передвижной поливной сети.

3.3. Стационарная трубчатая оросительная сеть

Для равномерного распределения воды в поливные элементы применительно к равнинным землям широко используется самонапорная стационарная трубчатая оросительная сеть. Особенности рельефа склоновых земель, в частности наличие большого перепада местности, затрудняет применение трубчатой сети, предназначенной для равнинных земель.

На рис.3.8 приведены существующие конструкции водовыпусков из трубчатой в поливную сеть, которые рекомендуется применять на землях с уклонами до 0,02–0,04 (Н.В.Винникова, М.П.Пензин, А.А.Терпигоров, I979). Недостатком их служит частое засорение плавающим сором, неравномерность распределения воды и сложная

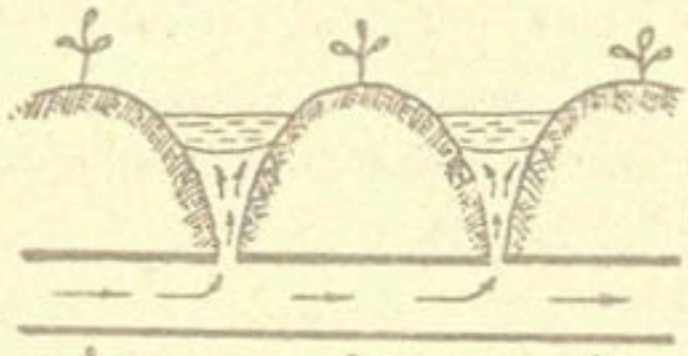
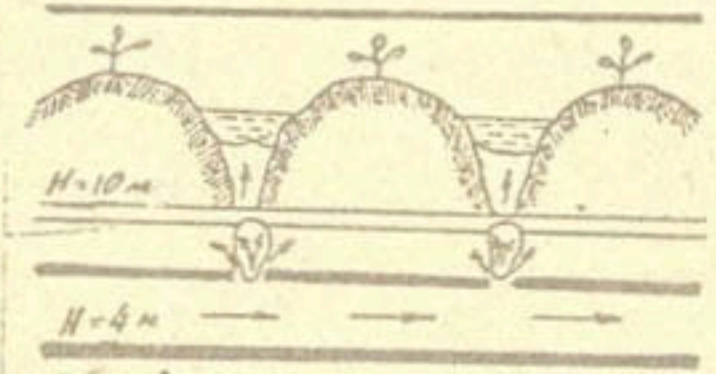
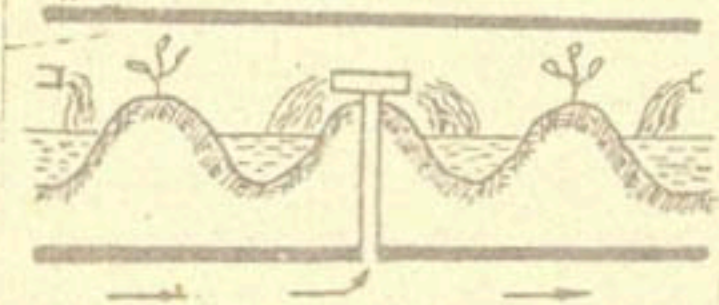
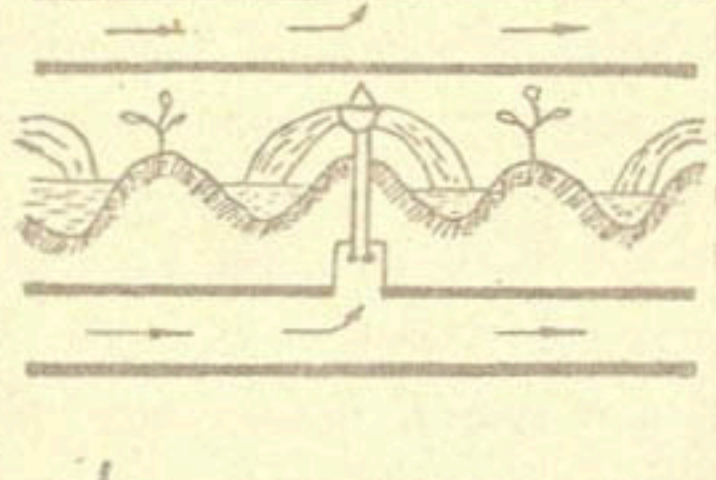
Типы водовыпусков	Схема	Область применения
Водовыпускные отверстия (возможно применение коротких патрубков) (И.А.Шаров, Г.Ю.Шейнкин)		Применяется на пропашных культурах при уклонах трассы 0,01...0,004. Требуемый минимальный напор в конце трубопровода 2...3 м; расход поливного отверстия до 0,2 л/с. Необходима очистка поливной воды от сора и ила и промывка трубопровода после полива
Микрогидрант (Шахматов, ВНИИКаМС)		То же только засорение отверстий плавающим сором и другими предметами не опасно
Водовыпуски со стояками и распределением воды в две борозды (В.А.Сурин, Г.Ю.Шейнкин)		То же Рекомендуется для полива садов и виноградников
Водовыпуски в виде выдвижных гидрантов (И.Вырлев)		Гидранты заглубляются перед вспашкой
Групповые водовыпуски распределительно-поливного трубопровода (В.А.Сурин, Ш.К.Нурматов)		Применяется при уклонах трассы до 0,04. Может осуществляться выборочный полив участков по группе борозд или полос

Рис.3.8. Существующие типы водовыпусков из трубчатой сети в поливные борозды.

конструкция. Применение таких водовыпусков на землях с уклонами более 0,02 выявило эти недостатки в большей степени.

Принимая за основу схемы трубчатой сети, разработанные И.А.Шаровым (1968), Г.Ю.Шейнкиным (1965), В.А.Суриным, Н.К.Нурматовым (1976) и др., нами предлагаются усовершенствованные схемы и конструкции ее водовыпускных элементов, делающие ее пригодной для использования на склоновых землях (рис.3.9).

На землях с уклонами 0,008–0,04 рекомендуется трубчатая сеть, которая в зависимости от уклона и рельефа орошаемого участка может применяться для продольной или поперечной схем полива (Г.Ю.Шейнкин и др., 1981).

При этих схемах рекомендуется расстояние между распределительными трубопроводами 200–400 м. Оптимальная длина их в обеих схемах, исходя из условия правильной организации территории, принимается 1500–2500 м.

В качестве распределительных и поливных трубопроводов могут служить асбестоцементные или полиэтиленовые трубы. Поливные трубопроводы перфорируются по всей длине в местах раздачи; воду из поливных отверстий выпускают через слой грунта посредством водовыпускных патрубков и других устройств.

Существенный недостаток работы распределительных трубопроводов – это образование значительных статических напоров, особенно при больших уклонах трассы, которые приводят к их разрыву и затрудняют эксплуатацию. Большая крутизна склоновых земель, мелкоконтурность и сложный рельеф требуют существенных изменений параметров трубчатой сети и ее конструктивных элементов.

Предлагаемые нами принципиальные схемы трубчатой сети с усовершенствованными водовыпускными устройствами применительно к склоновым землям приведены на рис. 3.10–3.13. Главная

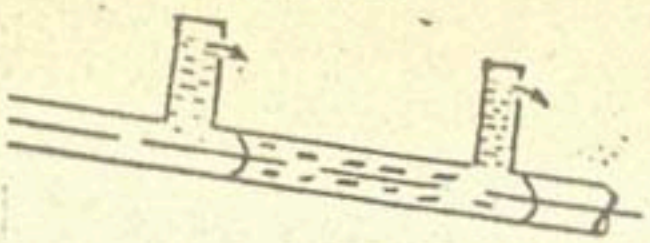
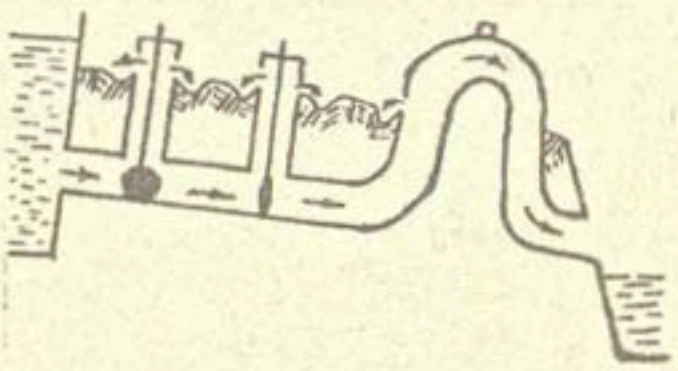
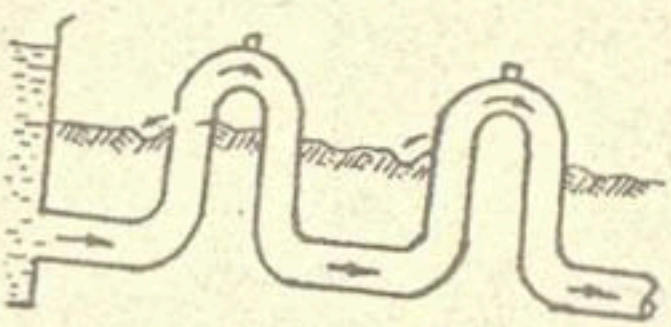
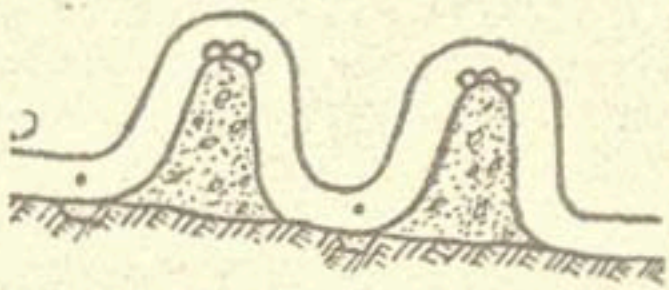
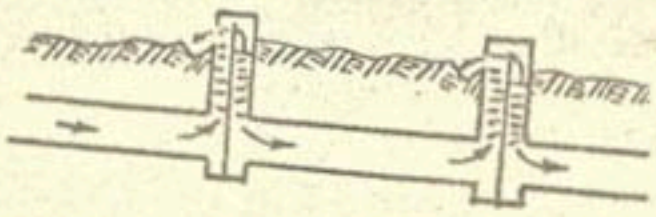
Типы водовыпусков	Схема	Область применения
а) С гирляндным запорным устройством		При поперечной схеме полива с частой раздачей воды 0,04–0,40
б) С дроссельным устройством		При поперечной схеме полива на садах и виноградниках на уклонах более 0,02–0,20
в) В виде П-образных изгибов		При раздаче воды на поливные трубопроводы для поверхностного, подпочвенного и капельного орошения, а также на капельницы 0,02–0,40
г) Укладка через уступы для гибких шлангов		При сильно пересеченном рельефе и наличии больших поперечных уклонов на садах и виноградниках 0,02–0,20
д) Двухкамерные		Для раздачи воды на поливные трубопроводы и капельницы при уклонах 0,04–0,40

Рис.3.9. Рекомендуемые типы водовыпусков из трубчатой сети

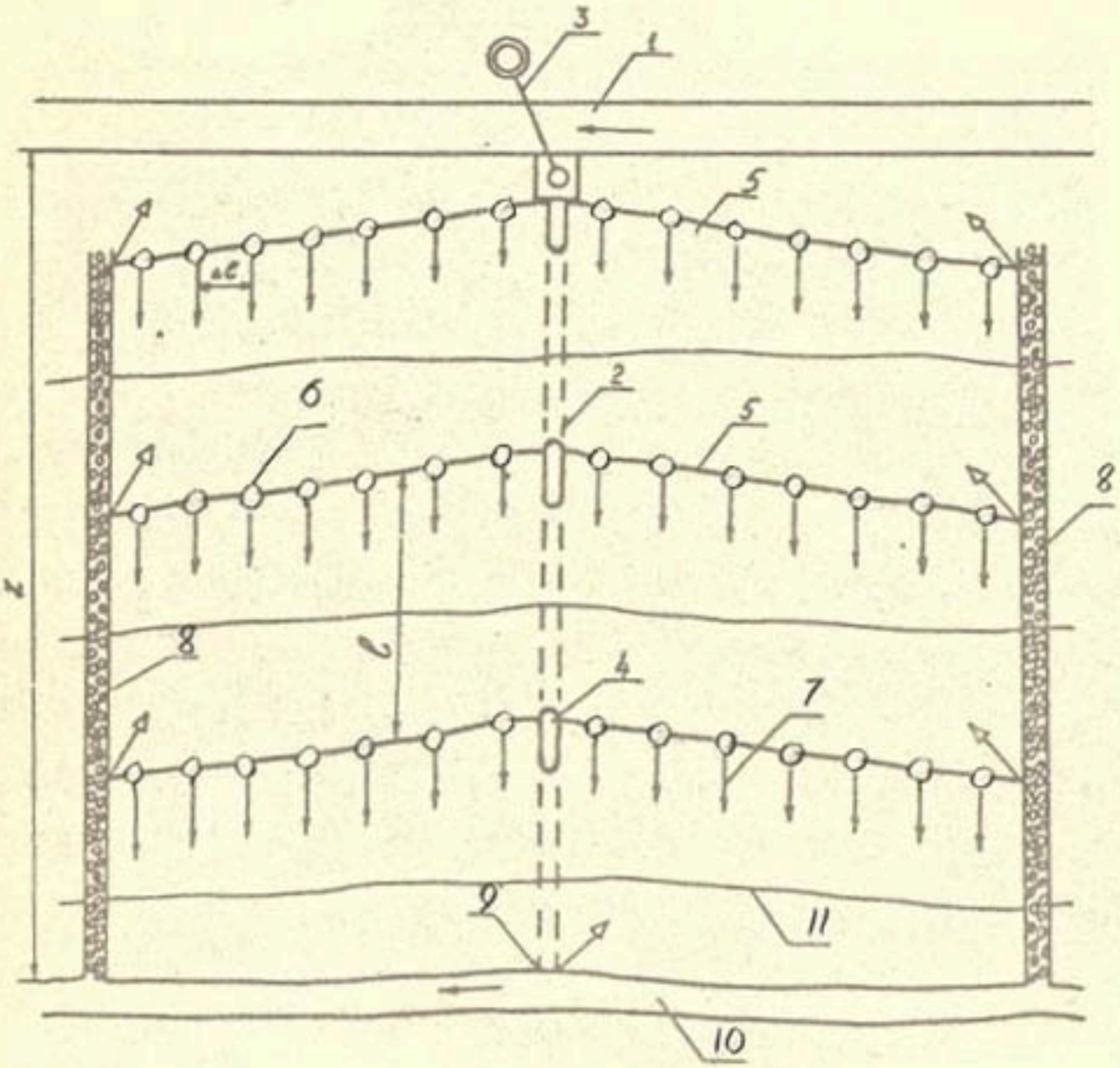


Рис. 3.10. Оросительная сеть с распределительными трубопроводами и поливными шлангами для пропашных культур: I - канал; 2 - распределительный трубопровод; 3 - водовыпуск-автомат; 4 - П-образный гидрант; 5 - поливной трубопровод; 7 - направление полива; 8 - водосборно-сбросная канавка; 9 - концевой сброс; 10 - сбросной канал; 11 - горизонтали; 6 - патрубок.

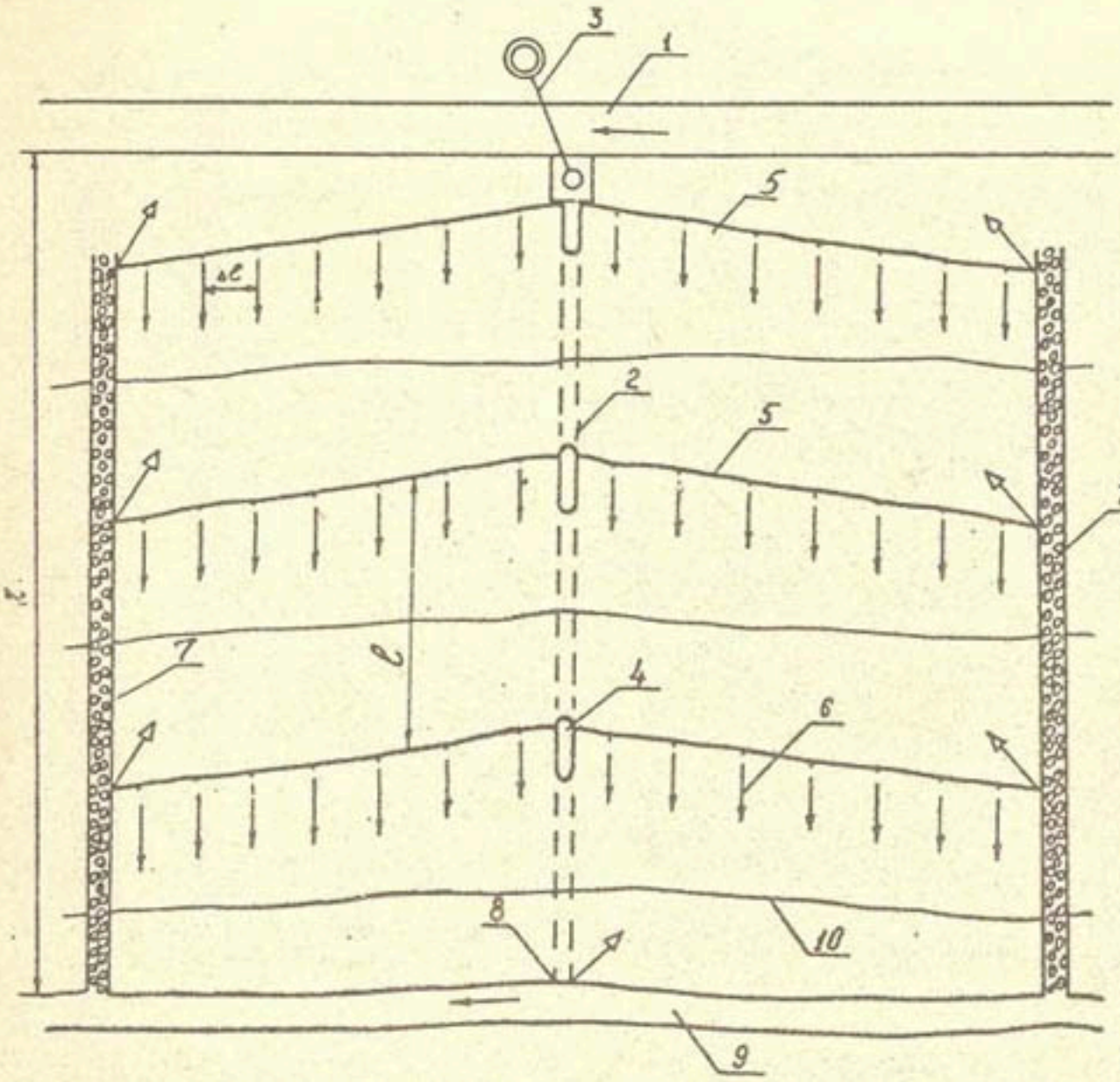


Рис. 3.П.Оросительная сеть с распределительными трубопроводами и поливными шлангами для пропашных культур: I - канал; 2 - распределительный трубопровод; 3 - водовыпуск-автомат; 4 - П-образный гидрант; 5 - поливной шланг; 6 - направление полива; 7 - водосборно-сбросная канавка; 8 - концевой сброс; 9 - сбросной канал; I0 - горизонтали.

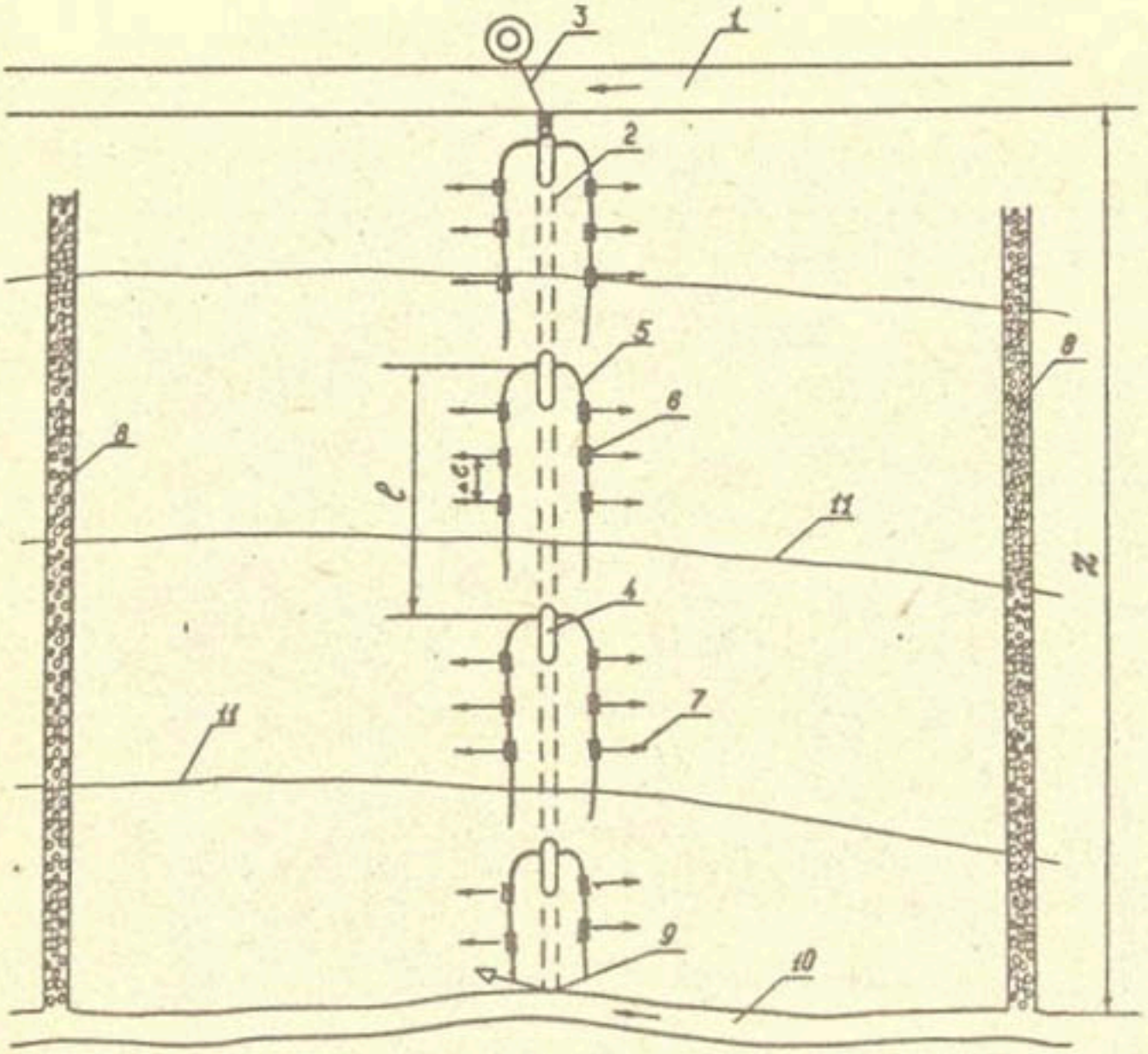


Рис. 3.12. Оросительная сеть с распределительными трубопроводами и поливными шлангами, уложенными вдоль склона: I - канал; 2 - трубопровод; 3 - водовыпуск-автомат; 4 - П-образный гидрант; 5 - поливной шланг; 6 - уступ в створе рядка растений; 7 - направление полива; 8 - водосборно-сбросная канавка с гравийной засыпкой; 9 - концевой сброс; I0 - сбросной канал; II - горизонтали.

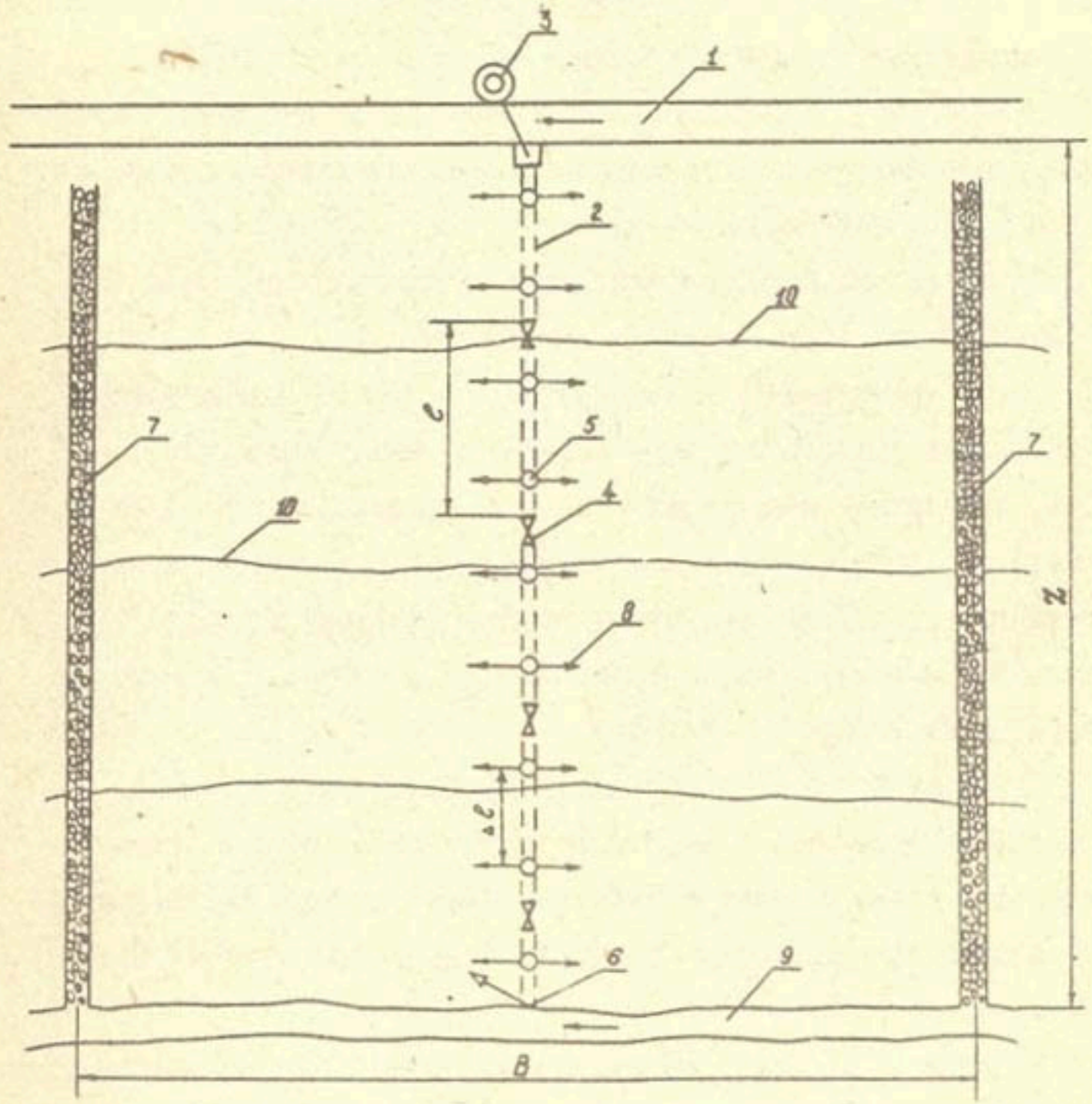


Рис. 3.13. Распределительно-поливная оросительная сеть при поперечной схеме посадки с водовыпусками в виде патрубков с отверстиями: I - канал; 2 - распределительный трубопровод; 3 - водовыпуск-автомат; 4 - перегораживающая задвижка; 5 - патрубок; 6 - концевой сброс; 7 - водосборно-сбросная канавка; 8 - направление полива; 9 - сбросной канал; I0 - горизонтали.

особенность этих схем - их работа в низконапорном режиме, благодаря созданию вертикальных изгибов в виде П-образных участков, двухкамерных водовыпусков, простых и гирляндных дросселей и других устройств в местах подачи воды.

В таблице 3.7 приведены конструктивные особенности и условия применения водовыпусков из распределительных и поливных трубопроводов для склоновых земель.

Схема на рис.3.10 рекомендуется на склонах крутизной i = = 0,02-0,20 для полива садов и виноградников.

Длина трубопровода - 400-2500 м, расстояние между распределительными трубопроводами - 200-300 м, между поливными - 100 м, при ширине междурядий 2,5-10 м. Схема, показанная на рисунке 3.11, предназначена, в основном, для пропашных культур. Она отличается от первой тем, что подземные поливные трубопроводы заменяются гибкими поливными шлангами, а в местах их подключения устроены П-образные гидранты.

Схема на рис.3.12 поперечная, рекомендуемая для полива многолетних насаждений на склонах крутизной 0,20-0,40. Особенность этой схемы состоит в том, что против каждого рядка растений выполняются переносные или постоянные уступы высотой 0,15-0,30 м.

По схеме (рис.3.13) распределительно-поливной трубопровод проложен по водоразделу. Он имеет участки длиной 60-100 м, перегораживаемые задвижкой; против каждого рядка растений выполнены патрубки для раздачи воды. Диаметр поливных отверстий по длине участка изменяется в зависимости от величины действующего напора.

Эта схема рекомендуется на склонах крутизной 0,01-0,04 при поперечном уклоне 0,003-0,005 для полива садов и виноградников.

Таблица 3.7.

Основные параметрн рекомендуемых схем трубчатой сети для склоновых земель

Наименование схем	Уклоны полей		Длина склона, м	Расстояния, м			Культуры
	вдоль склона	поперек склона		между трубопроводами	между ярусами	между точками раздач	
I	2	3	4	5	6	7	8
Стационарная оросительная сеть с распределительными и поливными трубопроводами (рис.3.I0)	0,02-0,20	до 0,02	400-2500	200-300	I00	2,5-6,0	Сады и виноградники
Оросительная сеть с распределительными трубопроводами и поливными шлангами, укладываемыми поперек склона (рис.3.II)	0,02-0,20	до 0,02	400-2500	200-300	60-I00	0,6-I,2	Пропашные
Оросительная сеть с распределительными трубопроводами и поливными шлангами, укладываемыми вдоль склона (рис.3.I2)	0,02-0,40	0,05	400-2500	200-300	I00	0,6-I0,0	Пропашные, сады и виноградники

Продолжение табл.3.7

I	2	3	4	5	6	7	8
Распределительно-поливная трубчатая сеть при поперечной схеме посадки:							
а) с водовыпусками в виде патрубков с отверстиями переменного диаметра (по расчету, рис.3.13)	0,02-0,04	0,005-0,05	400 -2500	200-400	60-100	3,0-10,0	Сады и виноградники
б) с водовыпусками в виде патрубков с постоянными диаметрами поливных отверстий и регулировкой дроссе-лями (рис.3.9б)	0,02-0,40	0,005-0,20	400-2500	100-400	100	6,0-10,0	-"-
в) с водовыпусками в виде патрубков постоянного диаметра поливных отверстий, с регулировкой расхода гирляндой запорных устройств, с монотонно увеличивающимся диаметром по длине регулируемого участка (рис. 9а)	0,02-0,40	0,005-0,20	100-200	100-400	100	3,0-10,0	-"-
г) с двухкамерными патрубками и водовыпусками (рис.3.10а)	0,02-0,40	0,005-0,20	100-300	100-400	100	3,0-10,0	-"-

Учитывая особенности рельефа склоновых земель и необходимость регулирования расхода воды в местах раздачи, на основе схемы (рис.3.I3) разработаны конструкции водовыпусков; двухкамерные, дроссельные и гирляндные (см. рис.3.9). Подробное описание работы поливных трубопроводов с различными водовыпусками даны в последующих разделах.

Схема (рис.3.9б) отличается от предыдущей тем, что патрубки имеют упрощенные дроссели, позволяющие регулировать размеры подаваемого на полив расхода воды.

Схема (рис.3.9а) рекомендуется на коротких склонах, длиной I00–200 м и крутизной 0,04–0,20. Она отличается от описанных схем тем, что по длине трубопровода отсутствуют запорные устройства. Роль их выполняют заслонки, соединенные между собой капроновыми тросами в виде гирлянд и прикрепленные к редукторам, расположенным в начале и в конце трубопровода.

В схеме (рис.3.9д), на поливном трубопроводе для выпуска воды в поливную сеть устроены двухкамерные водовыпускные патрубки. Эта схема рекомендуется на склонах крутизной 0,04–0,40 для подачи воды на трассы и в поливные борозды. Двухкамерные водовыпуски можно использовать взамен П–образного участка и на других схемах.

Для отвода сбросных вод по всем схемам предусмотрена новая конструкция сбросной канавки. Она прокладывается по границам кварталов обычным траншеекопателем. После подготовки ложа, канавка по всему периметру покрывается двойным слоем полиэтиленовой пленки. Затем присыпается отсортированной гравийной засыпкой. Сверху оставляется запас на I0–I5 см, с целью исключения перелива воды через бровку канавки.

На рис.3.I4 показано поперечное сечение канавки I с поли-

этиленовым экраном 2 и гравийной засыпкой 3.

Особенность гидравлического расчета таких канавок состоит в учете пористости гравийной засыпки, установлении коэффициента шероховатости n , гидравлического радиуса R и коэффициента Шези C . Гидравлические элементы устанавливались опытным путем на лотке с переменным уклоном.

Результаты расчета, основанные на экспериментальных данных, показали, что значение коэффициента шероховатости n = = 0,30-0,35, гидравлический радиус в зависимости от глубины наполнения колебался R = 0,047-0,10 м, коэффициент Шези C = = 1,7-2,7; средняя скорость движения воды при уклонах i =0,02-0,52 была равна 0,06-0,54 м/с.

При таких скоростях воды поры могут постепенно заиливаться и поток поднимается и движется по верху гравийной засыпки. В этом случае по оси русла необходимо прокладывать небольшую канавку (см.рис.14).

На основании многочисленных опытов на рис.3.15 дана номограмма для определения гидравлических элементов канавки с гравийной засыпкой в зависимости от уклона трассы и площади поперечного сечения канавки при пористости засыпки 45 %.

Предлагаемая конструкция водосборно-сбросной канавки принята для внедрения "Таджикгидроводхозом" в проектах орошения новых земель выше Рохатинского канала Гиссарской долины Таджикской ССР.

Водовыпуск из открытого оросителя в закрытую сеть. Для забора воды из открытых каналов в закрытую трубчатую сеть водовыпуски выполняются из металлических конструкций и имеют сложные запорно-регулирующие элементы, предназначенные для высоконапорных 100-300 м газопроводов и нефтепроводов (например

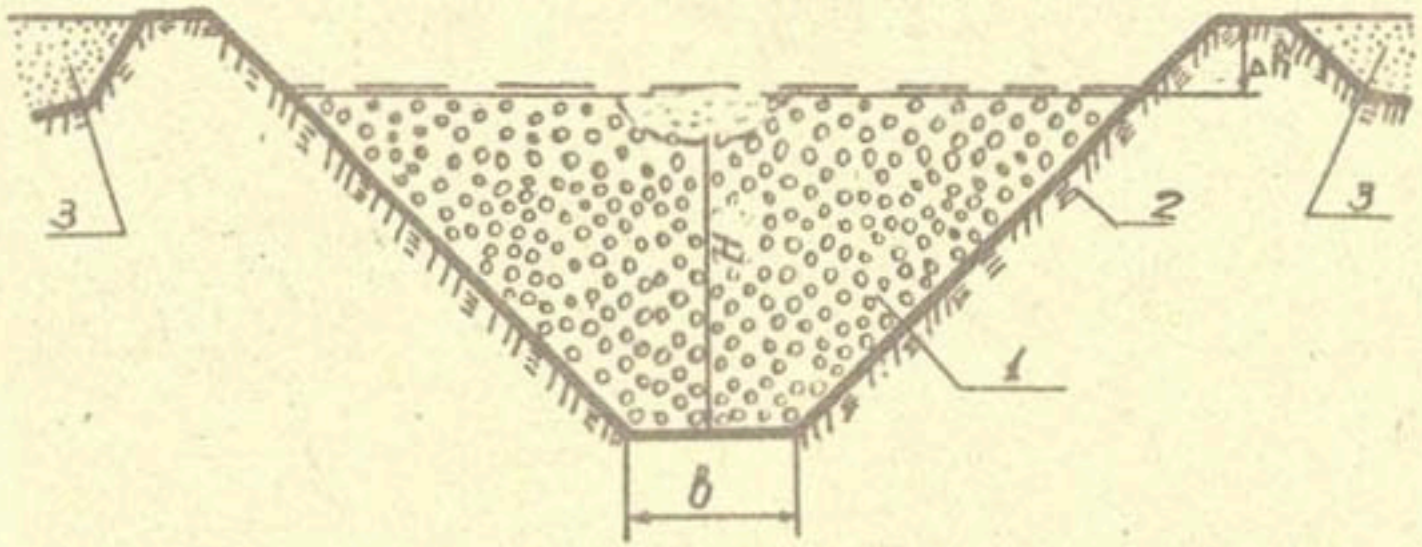


Рис. 3.14. Водосборно-сбросная канавка : I - гравийная засыпка; 2 - двухслойная полиэтиленовая пленка; 3 - грунтовая засыпка; b - ширина по дну; H - глубина засыпки.

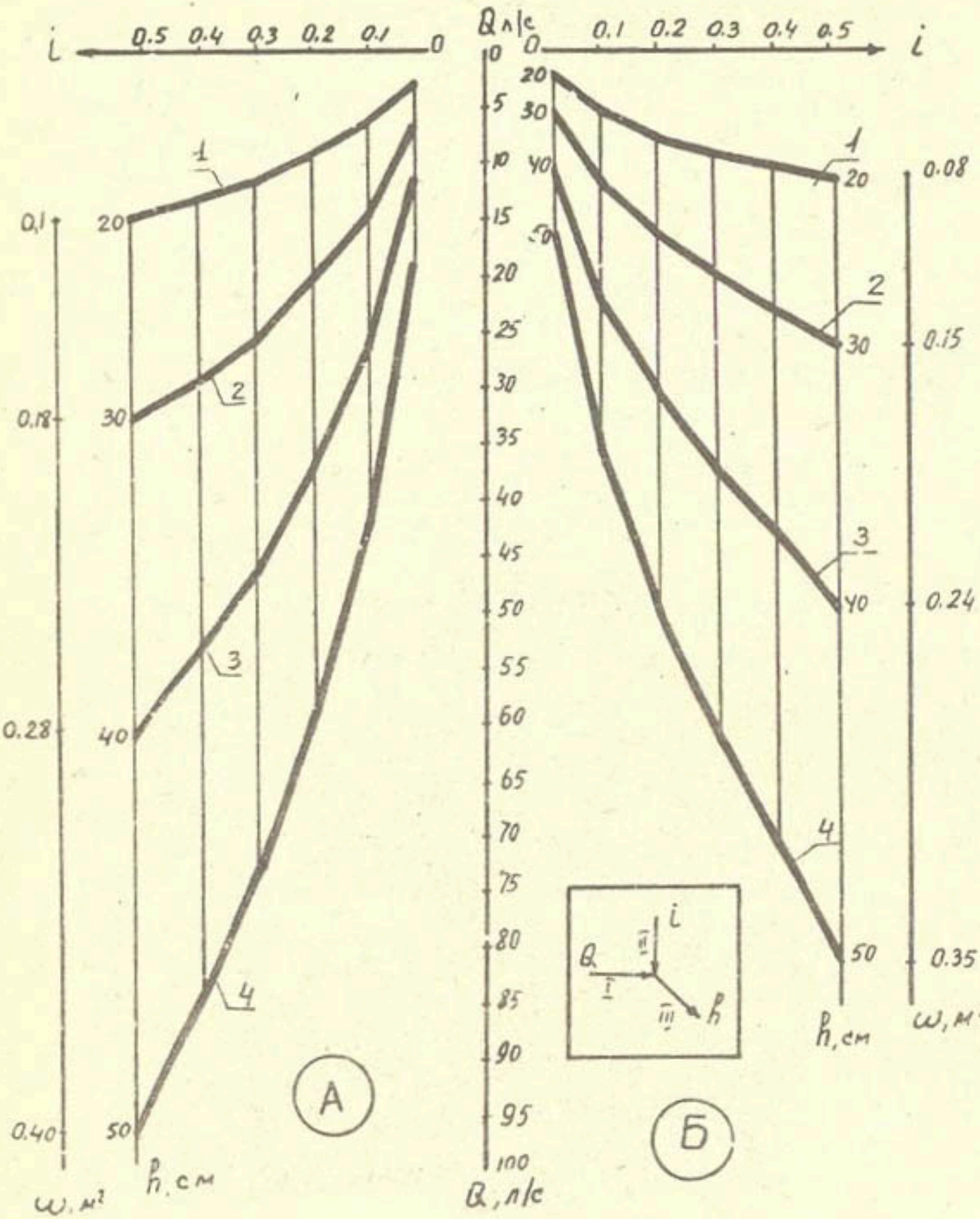


Рис. 3.15. Номограмма для гидравлического расчета водосборной канавки с гравийной засыпкой: А - при b = 20 см;
Б - b = 0,30 м; I - при $H_в$ = 20 см; 2 - $H_в$ =0,30м;
4 - $H_в$ = 50 см.

задвижка, Лудло).

Учитывая низкие напоры (I-4 м в.с) трубчатой оросительной сети с П-обрезными участками, предлагается выполнить упрощенний водовыпуск (рис.3.I6), состоящий из двух отрезков асбестоцементных или полиэтиленовых труб разных диаметров, кожуха I и сердечника 2. Последний желательно выполнить из полиэтиленовых труб. Внешний диаметр сердечника оттачивается по всей длине так, чтобы при надетом резиновом кольце 3 диаметр по внешнему ободу его был на 3-4 мм больше внутреннего диаметра кожуха.

Для забора воды из канала, в передней части сердечника крепятся связи 4 длиной 0,70 Дсер., в конце которых прикреплен клапан 5 диаметром, равным внутреннему диаметру кожуха. На клапан надевается резиновое кольцо 6с внутренним диаметром на 30-40 мм меньше диаметра клапана . На сердечнике на расстоянии 0,75 Дсер. крепится выступ 7 высотой 80-I00 мм. На верхней части его прикрепляется стальная трубка 8, которая служит направляющей и имеет длину 50-60 мм, диаметр I2-20 мм. На нижней части прикрепляется выступ 9 с гайкой I0, соответствующий диаметру винта II. На правом конце винта приваривается привод I2 в виде четырехгранника с ручкой I3.

На точке забора воды у канала устраивается колодец I4, размером I,0 x I,5 м. Перед установкой колодца для забора воды из канала устраивается оголовок I5 из асбестоцементной трубы, диаметром, равным диаметру кожуха, длиной 0,3-0,5 метра. Передняя часть патрубка выполняется заподлицо стенке колодца со стороны канала. Задняя часть его выходит в колодец на I5-20 см, чтобы можно было соединить с запорным устройством через муфту "МИБО" I6. В колодце оставляется просвет, равный длине запорного устройства. В нижней стенке колодца соосно запорному устройству

крепится основной трубопровод диаметром, равным диаметру кожуха. Трубопровод вводится в колодец на 20–30 см, с целью соединения его с запорным устройством посредством соединительной муфты I8.

Для максимального забора расхода, сердечник запорного устройства должен выходить на канал на длину 0,7 $Д_{сер}$, где $Д_{сер}$ - внутренний диаметр сердечника.

Поэтому максимальный ход резиновых колец, длина резьбовой части винта и длина щели I9 должны назначаться исходя из этого размера.

Открытие клапана запорного устройства производится путем вращения винта против часовой стрелки. Расход воды, поступающей в трубчатую сеть, регулируется длиной выдвижения сердечника в канал. Закрытие клапана осуществляется вращением винта по часовой стрелке.

Лабораторное и полевые испытания устройства показали его работоспособность. Стоимость упрощенного запорного устройства диаметром 250–500 мм не превышает 30–50 рублей, или в I0–I5 раз меньше обычно применяемых сложных металлических водовыпусков.

Поливной трубопровод с водовыпускными отверстиями. Поливной трубопровод, имеющий водовыпускные отверстия по всей длине, подает воду из всех отверстий одновременно. Это исключает возможность выборочного полива участков и ограничивает длину трубопровода (В.А.Сурин, Н.К.Нурматов, I976).

С целью исключения указанных недостатков и использования трубопроводов одновременно для транспортировки и подачи воды, его оборудуют перегораживающими устройствами и укладывают с расчетным уклоном, обеспечивающим безнапорное движение воды

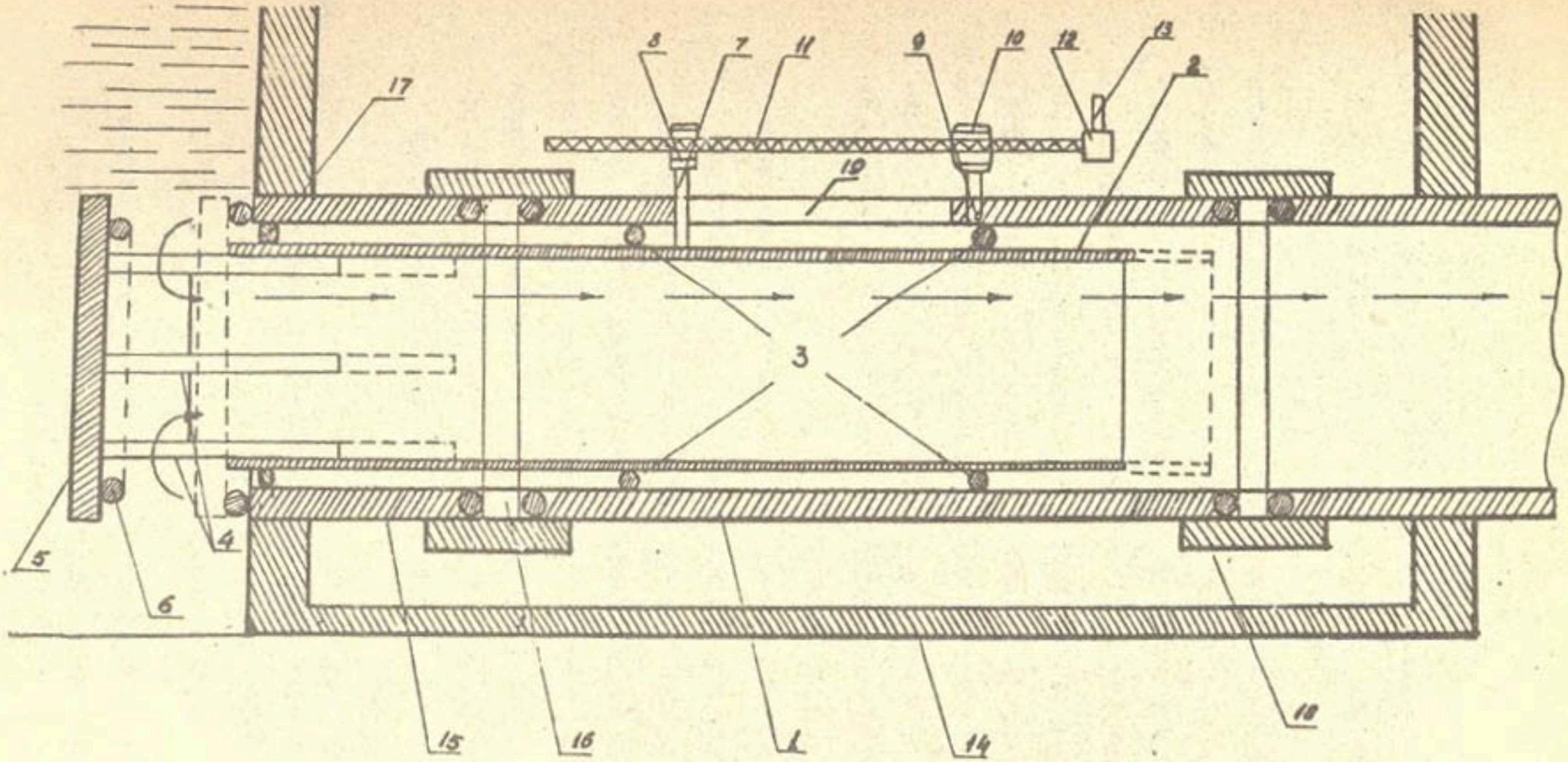


Рис. 3.16. Водовыпуск из канала в трубчатую сеть.
1 - кожух; 2 - сердечник; 3 - резиновое кольцо; 4 - связь; 5 - клапан; 6 - резиновое кольцо; 7 - выступ; 8 - стальная трубка; 9 - выступ; 10 - гайка; 11 - винт; 12 - привод; 13 - ручка; 14 - колодец; 15 - оголовок; 16 - муфта; 17 - козырек; 18 - соединительная муфта; 19 - щель.

выше участка ее подачи (а.с. № 357933). На рис.3.17а показан продольный разрез трубопровода при подаче воды на одном участке и на рис.3.17б - то же, но при подаче ее одновременно на двух участках.

Поливной трубопровод оборудован задвижками и водовыпускными отверстиями. Вода поступает из канала в трубопровод и транспортируется по нему в безнапорном режиме до концевой задвижки. Концевой участок трубопровода заполняется, и вода изливается из водовыпускных отверстий. В трубопроводе выделяются участки (а), работающие в безнапорном режиме, и участки (б), которые выполняют функции транспортировки воды в напорном режиме и обеспечивают подачу ее на орошаемую площадь. Путем регулировки положения задвижек можно подавать воду на любом участке трубопровода или на нескольких одновременно.

С целью равномерной подачи воды на участках между перегораживающими задвижками диаметр поливных отверстий постепенно уменьшается сверху вниз. Так, на первом патрубке действующий напор равен 0,10 м, на последнем водовыпускном патрубке, в зависимости от уклона, он увеличивается до 2-4 м. Поэтому в соответствии с напором воды диаметры поливных отверстий выполняются разными. Поливной трубопровод такой конструкции эффективно работает при уклонах до 0,04 и размерах поливных струй больше 0,20 л/с.

3.3.1. Распределительно-поливной трубопровод с П-образными вертикальными изгибами в местах подачи воды

Для орошения сельскохозяйственных культур все в большем масштабе используется трубчатая сеть. Опыт ее эксплуатации в

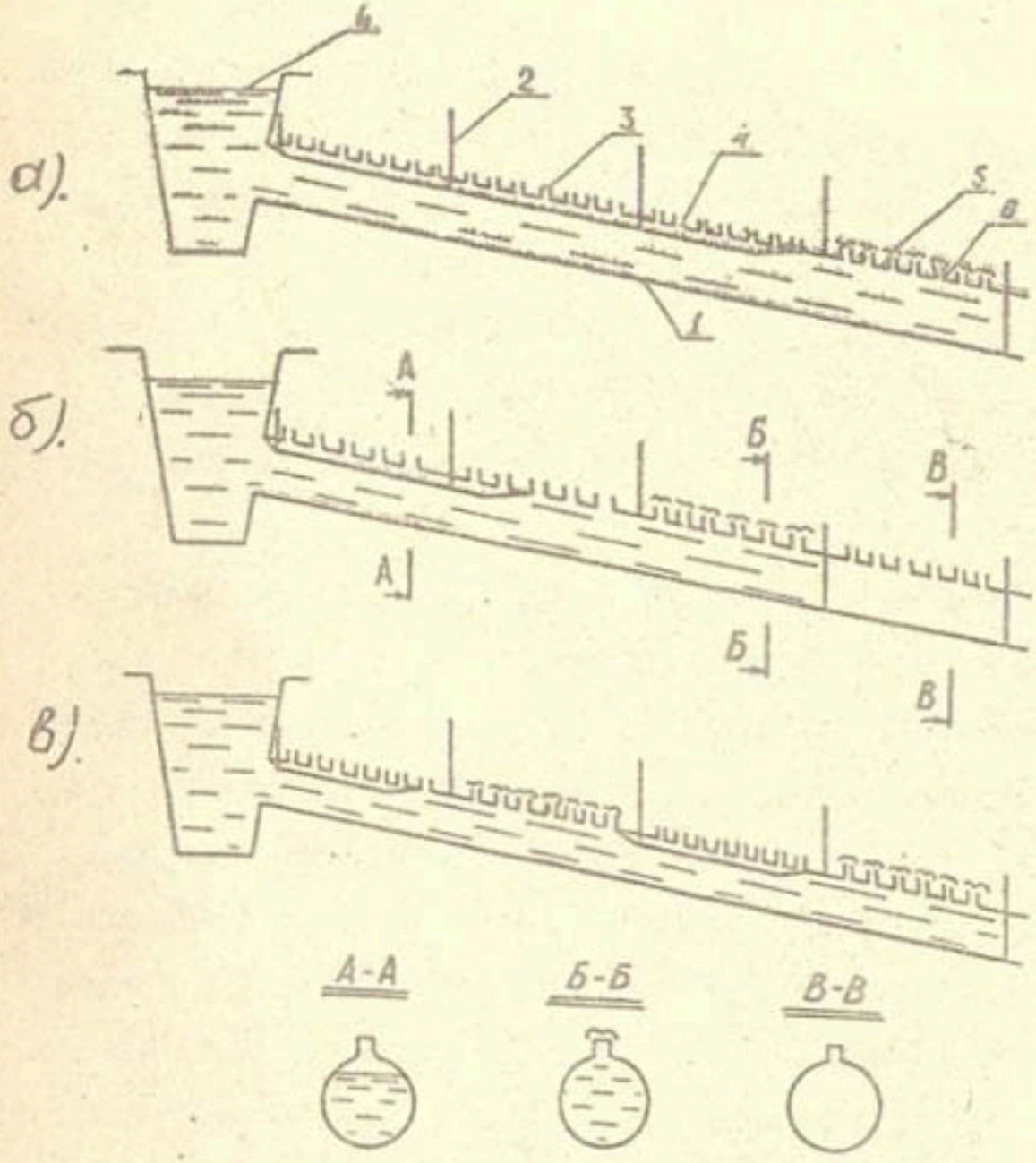


Рис. 3.17. Поливной трубопровод с водовыпусками-патрубками:
1 - трубопровод; 2 - перегораживающая задвижка; 3 - поливное отверстие; 4 - канал или лоток; 5 - излив воды из патрубков; 6 - патрубки.

условиях больших уклонов (0,01-0,20) местности и просадочных грунтов показал, что, несмотря на высоконапорность асбестоцементных труб марки ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12, они часто выходят из строя, даже при фактических напорах воды, не превышающих 40... 50 м. Так, В.П.Ткач (1983) считает, что снижение давления в закрытых трубопроводах на 0,2-0,3 МПа значительно повысило бы их эксплуатационную надежность.

Ежегодные затраты на текущий ремонт трубчатой сети в расчете на 1 га по данным Минводхоза Таджикской ССР составляют 80-150 руб. Большие напоры воды в трубах требуют дорогостоящих запорных устройств типа задвижки "Лудло" и др. В процессе строительства трубчатых систем выполняются также сложные монтажные работы.

На трубчатой сети для подачи воды в борозды, на сельскохозяйственные террасы, в поливные шланги, подпочвенные увлажнители, в поливные трубопроводы с капельницами в местах подачи воды устанавливаются стояки-гидранты, патрубки, колодцы и другие сооружения (рис.3.18). На склоновых землях самонапорные трубопроводы обычно укладывают по наибольшему уклону местности. С целью выпуска воды из любой точки, конец трубопровода должен быть замкнутым. Поэтому на концевых участках возникают большие статические напоры, а в период работы - гидравлические удары, которые приводят к разрыву стыков и аварийным ситуациям.

С целью исключения этих отрицательных явлений, нами разработан распределительно-поливной трубопровод с вертикальными изгибами в местах раздачи воды, который независимо от протяженности и крутизны склона обеспечивает низконапорный режим работы (а.с. № 869695).

Трубопровод (рис.3.19) забирает воду из открытого канала и

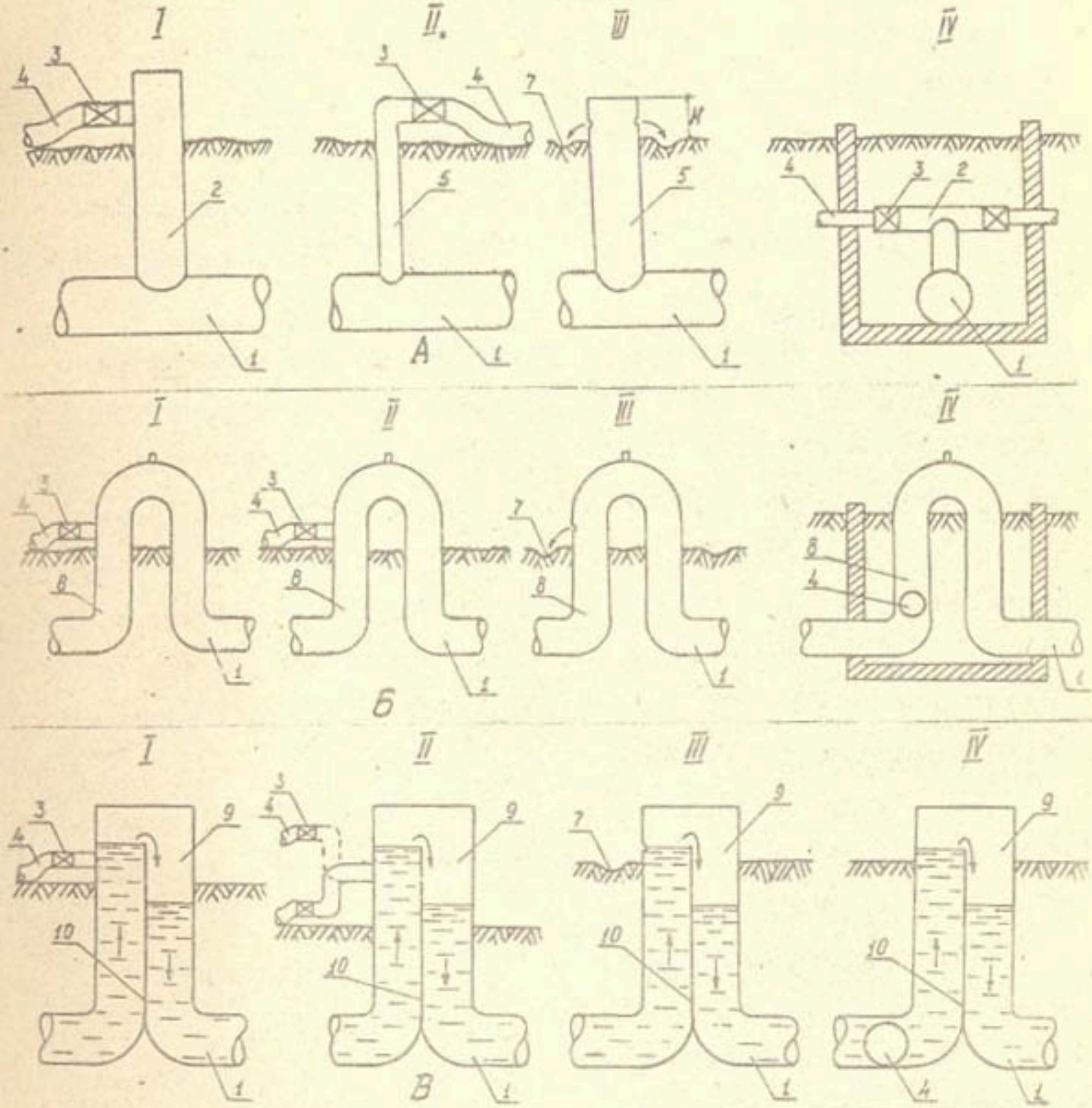


Рис. 3.18. Схема раздачи воды из трубчатой сети на различные элементы поливной сети: А - существующие; Б- предлагаемые с использованием П-образных участков; В - то же, с применением двухкамерных водовыпусков;

I - на поливные шланги и временные оросители; II - на поливные трубопроводы с капельницами; III - на поливные борозды; IУ - на закрытые поливные трубопроводы;

1 - распределительный трубопровод; 2 - гидрант; 3 - запорное устройство; 4 - поливной трубопровод; 5 - патрубок; 6 - поливной шланг; 7 - поливная борозда; 8 - П-образный участок; 9 - двухкамерный стояк; 10 - перегородка.

имеет П-образные участки с отверстиями для выпуска воды и вантузами. С целью автоматического сброса излишней воды конец трубопровода открытый и соединен с водосборно-сбросной канавкой. В зависимости от условия работы, поливные отверстия могут быть оборудованы запорными устройствами. На трубопроводе поливные отверстия или водовыпуски устраивают на восходящей напорной части П-образных участков.

Отличительная особенность такого трубопровода заключается в том, что он предназначен для работы в безнапорном или низконапорном режимах. Причем напор над водовыпускным отверстием по всей длине трубопровода будет отличаться лишь глубиной переливающегося слоя воды через горловину П-образных участков. Поэтому, при определенной высоте П-образных участков можно добиться равномерности подачи воды. Отсутствие больших напоров в трубопроводе дает возможность применить трубы и запорно-регулирующие устройства практически из любого материала.

Для соблюдения незаиляющих скоростей, рекомендуется телескопическое поперечное сечение трубопровода. При этом снижается стоимость закрытой трубчатой сети.

Предлагаемые трубопроводы находят широкое применение в орошаемом земледелии.

На рис.3.18 приведены схемы подачи воды в различные элементы поливной сети. Поэтому в зависимости от назначения трубопровода высота П-образного участка с учетом глубины укладки может быть равной 0,10...2,0 м, а высоте его над землей 0,1...1,0 м.

С целью расширения условий применения предлагаемого трубопровода разработаны варианты с П-образными участками, образуемыми за счет накачки воздуха в полости (а.с. № 1012843, Н.К.Нурматов, С.Х.Бахриев).

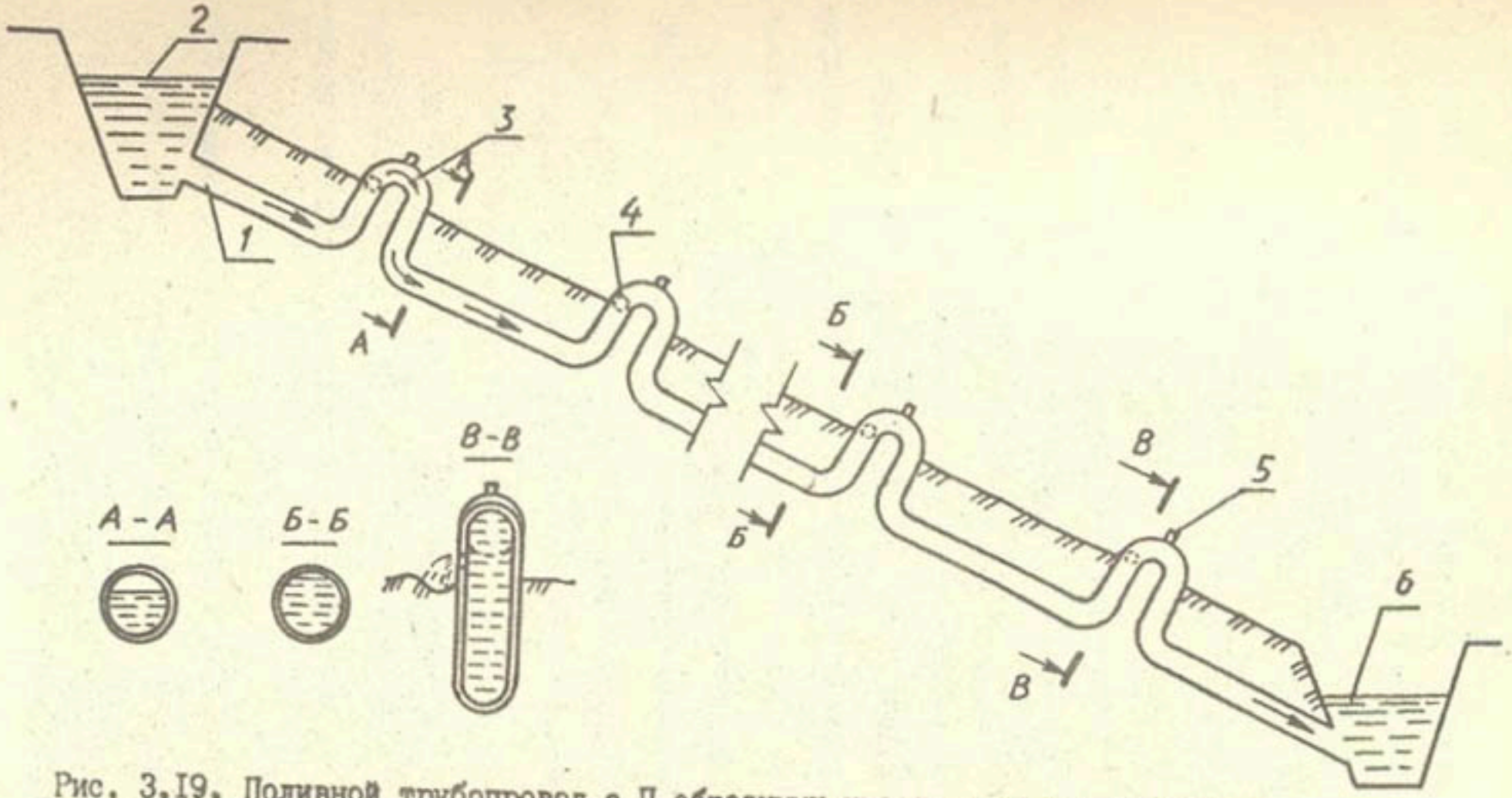


Рис. 3.19. Поливной трубопровод с П-образными участками в местах раздачи воды: I - трубопровод; 2 - ороситель; 3 - П-образный участок; 4 - отверстие для подачи воды; 5 - вантуз; 6 - сбросной канал.

Для подачи воды из трубопровода в боковые отверстия служит синхронный дроссель-затвор, который одновременно регулирует поток воды как в самом трубопроводе, так и в его отверстиях. В нем в качестве затворов использована заслонка с эластичной шторкой, рис.3.20 (а.с. № I338475).

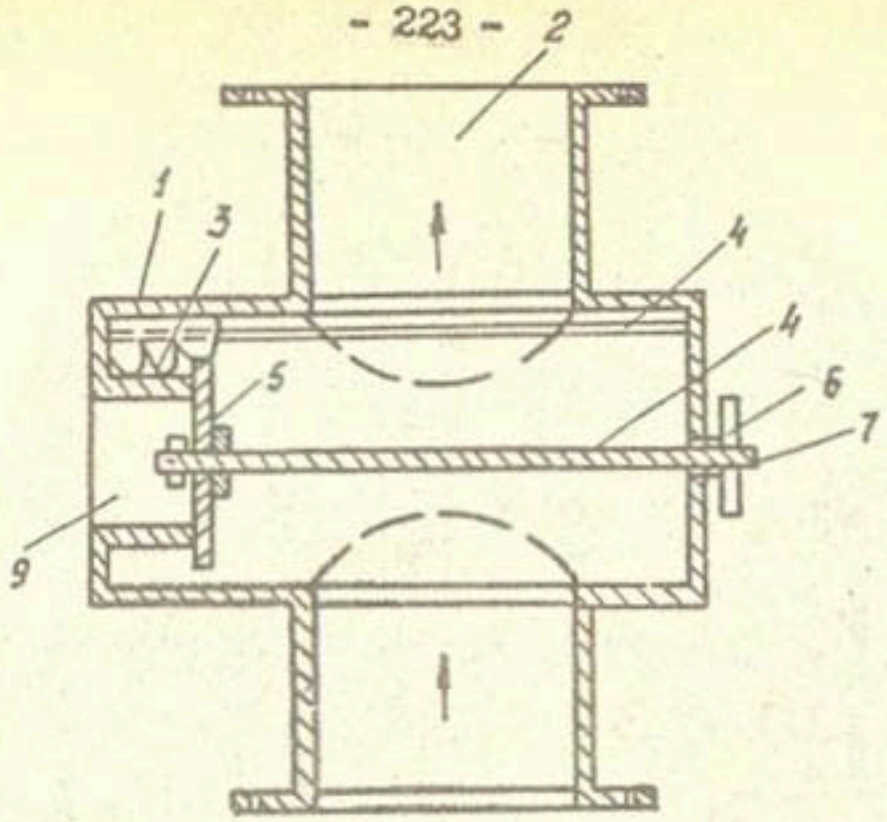
Для распределения воды из трубчатой в поливную сеть нами предложено запорно-регулирующее устройство, рис.3.2I (а/с № I576653).

Достоинством предлагаемого запорного устройства является простота конструкции и возможность изготовления его из общедоступных строительных материалов (трубы и резиновые кольца).

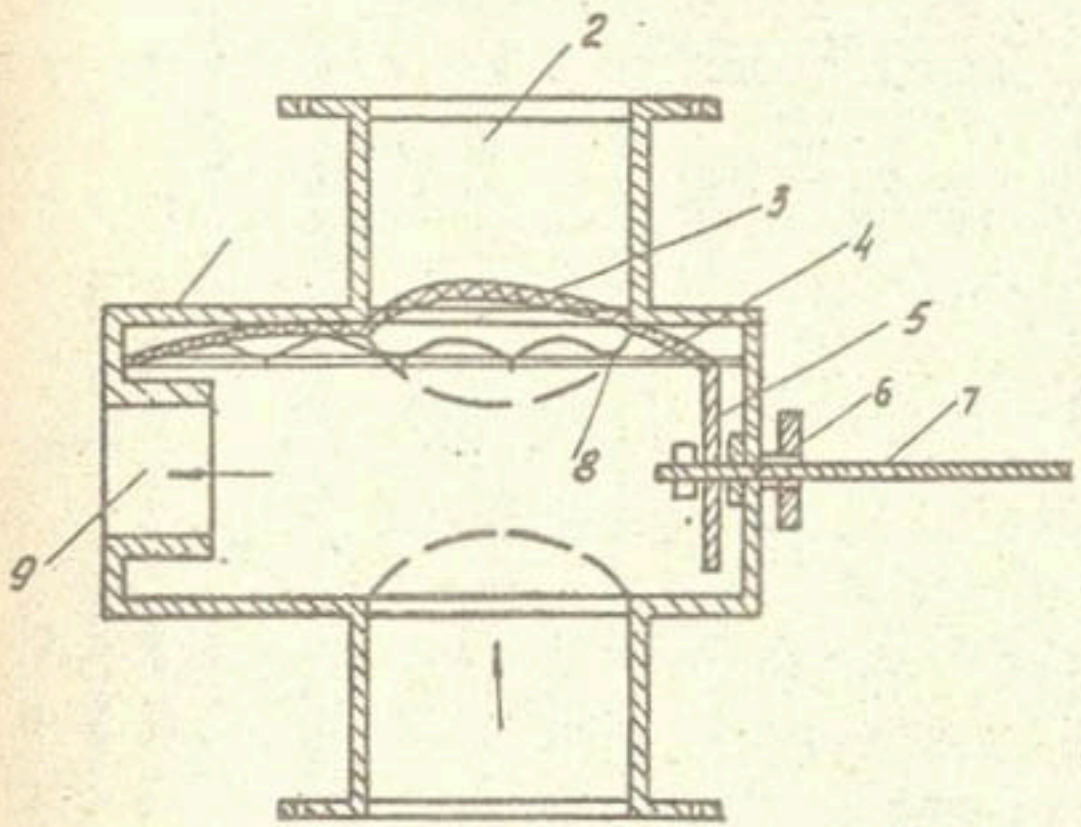
Методика гидравлического расчета П-образного поливного трубопровода. Предлагаемый распределительно-поливной трубопровод с П-образными участками не имеет аналогов, поэтому возникла необходимость уточнения гидравлических параметров. Он предназначен для работы в режиме транспортирования воды с последующей ее сосредоточенной раздачей 20-I00 % расхода. С помощью запорных устройств, например гидрантов, вода подается во временные оросители или другие поливные элементы. Он также может работать в режиме непрерывной раздачи воды по I-5 % от поступающего в трубопровод расхода в каждые фиксированные отверстия без запорных устройств (на сельскохозяйственные террасы, поливные трубопроводы и капельницы).

В первом случае в трубопроводе можно допустить возникновение скоростей до 3,0 м/с, допустимых для асбоцементных труб. При таком режиме работы, раздаваемый в боковые отводы расход регулируется специальным запорным устройством.

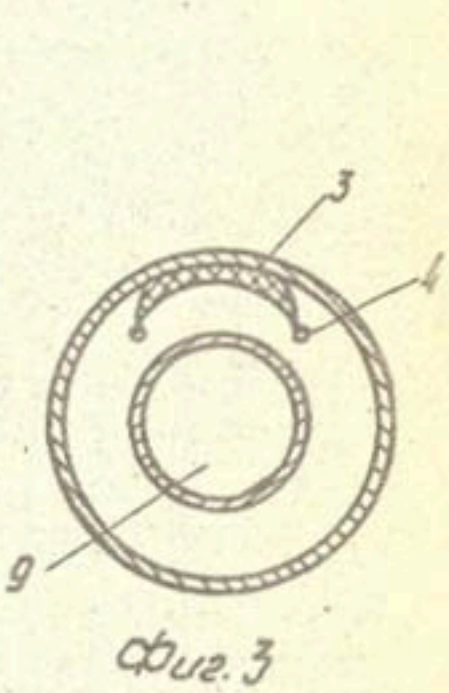
При работе трубопровода в режиме непрерывной раздачи воды



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

Рис. 3.20. Запорное устройство: I - корпус; 2 - основной отвод; 3 - эластическая шторка; 4 - направляющий; 5 - клапан; 6 - маховик; 7 - шторка; 8 - колечко; 9 - боковой отвод.

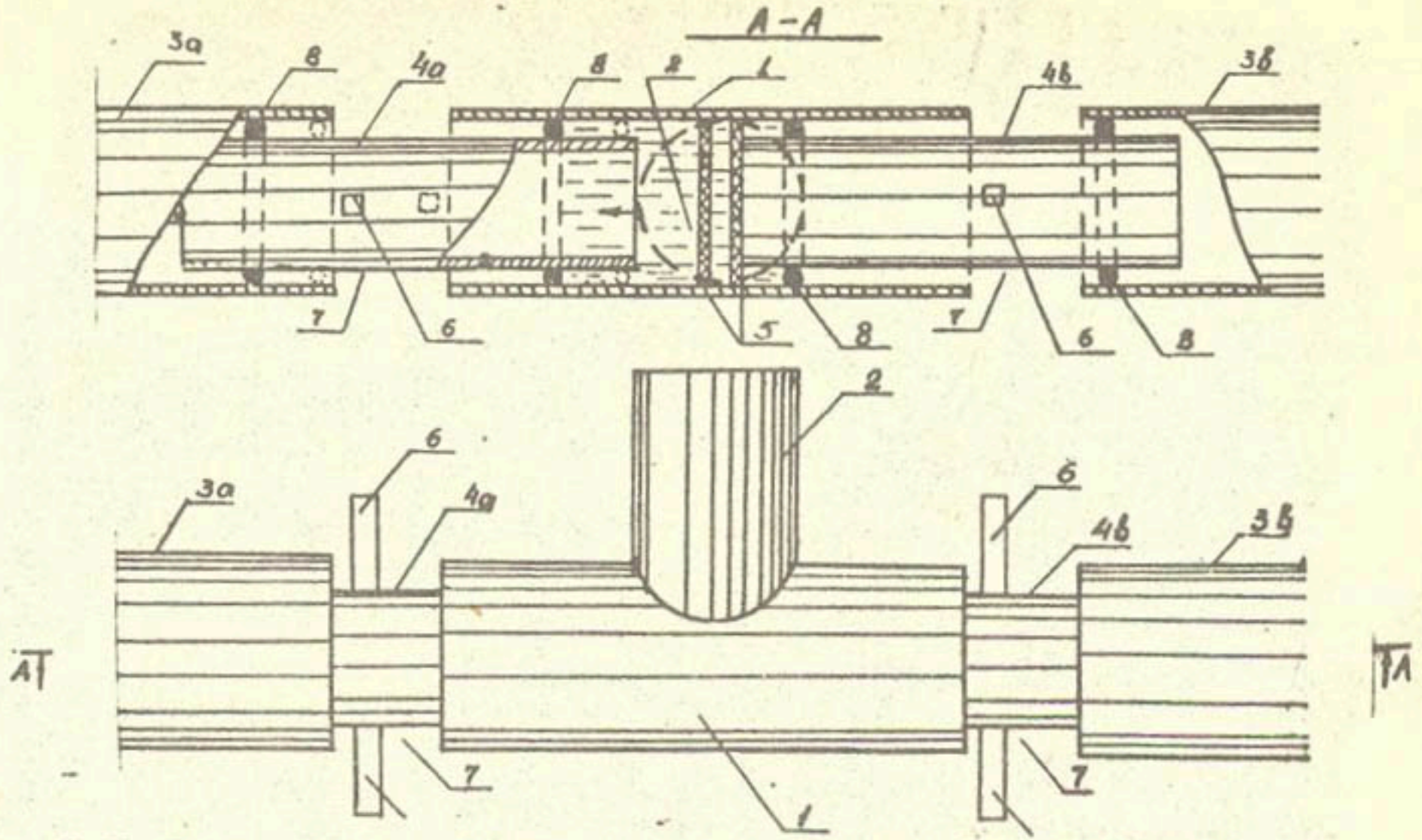


Рис. 3.21. Запорное устройство для подачи воды из трубчатой сети в поливные трубопроводы.

I корпус; 2 - подводящий патрубок; 3 - отводящий патрубок; 4 - полые трубы (сердечник); 5 - гибкая перегородка; 6 - ручка; 7 - промежуток; 8 - резиновые кольца.

транзитная скорость движения ее без регулирующих устройств окажет существенное влияние на равномерность подаваемых расходов. Поэтому в трубопроводе, в зависимости от его диаметра, нежелательно возникновение скоростей больше 0,5-2,0 м/с. С целью достижения равномерности раздачи при скоростях выше указанных, в местах водовыпусков необходимо предусмотреть успокоительные камеры.

При гидравлическом расчете распределительно-поливного трубопровода с П-образными участками в режиме транспортирования и сосредоточенной подачи воды, следует пользоваться общепринятыми формулами для равномерного движения, если в нем отсутствуют воздушные скопления. Необходимо учесть по общеизвестным зависимостям местные потери напора, возникающие на П-образном участке, который состоит из четырех поворотов.

Для расчета коэффициента местных потерь на поворотах существуют различные формулы в зависимости от угла поворота и от его формы (А.М.Курганов, Н.Ф.Федоров, 1973; Д.В.Штеренлихт, 1984 и др.).

По данным А.М.Курганова и др. (1973), Г.Б.Ищука (1980), при П-образных соединениях колен взаимное их влияние перестает проявляться при относительной длине прямого участка к диаметру l/d = 10-16. П-образные участки распределительно-поливного трубопровода, применяемые для сосредоточенной подачи воды, имеют диаметры 75-300 мм и высоту прямой части П-образного участка 0,5-2,0 м, т.е. отношение l/d = 6-7. Поэтому П-образный участок можно рассматривать как единый узел сопротивления и ввести в расчет один суммарный коэффициент сопротивления.

На основе теоретических расчетов и лабораторно-полевых

опытов на рис.3.22 приведена зависимость местных потерь напора от скорости движения воды для 2-х поворотов по 90° и одно колено 180°, т.е. суммарно для П-образного участка.

Гидравлический расчет трубопроводов из асбестоцементных труб с П-образными изгибами производится по основному уравнению движения жидкости, так называемых коротких трубопроводов, от изгиба до изгиба (А.Д.Альтшуль, 1977).

$$h = \lambda \cdot \frac{\Delta l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + h_м \,, \qquad (3.5)$$

где коэффициент гидравлического сопротивления по длине трубопровода определяется по формуле ВНИИВОДГЕО:

$$\lambda = \frac{0.011}{d^{0.19}} \left(1 + \frac{3.51}{v}\right)^{0.19} \,, \qquad (3.6)$$

$h_м$ - местные потери напора на П-образном участке.

Одновременно учитываются потери на гидравлическое сопротивление в П-образном участке.

По материалам экспериментальных исследований, суммарный коэффициент местных потерь на П-образном участке: $\Sigma \zeta_п = 2{,}0$ при плавных поворотах (литой), $\Sigma \zeta_п = 3{,}5$ (сварной) для резких.

Пропускная способность трубопровода с П-образными изгибами при известных значениях Δl, $i_{тр}$, d определяется по зависимости:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g d (i_{тр} \cdot \Delta l - \Delta h_п)}{\Delta l \cdot \lambda \cdot \zeta_п \cdot d}} \,, \qquad (3.7)$$

где $i_{тр}$ - уклон трассы трубопровода;

$\Delta h_п$ - запас высоты изгиба, принимаемый за 0,10 м.

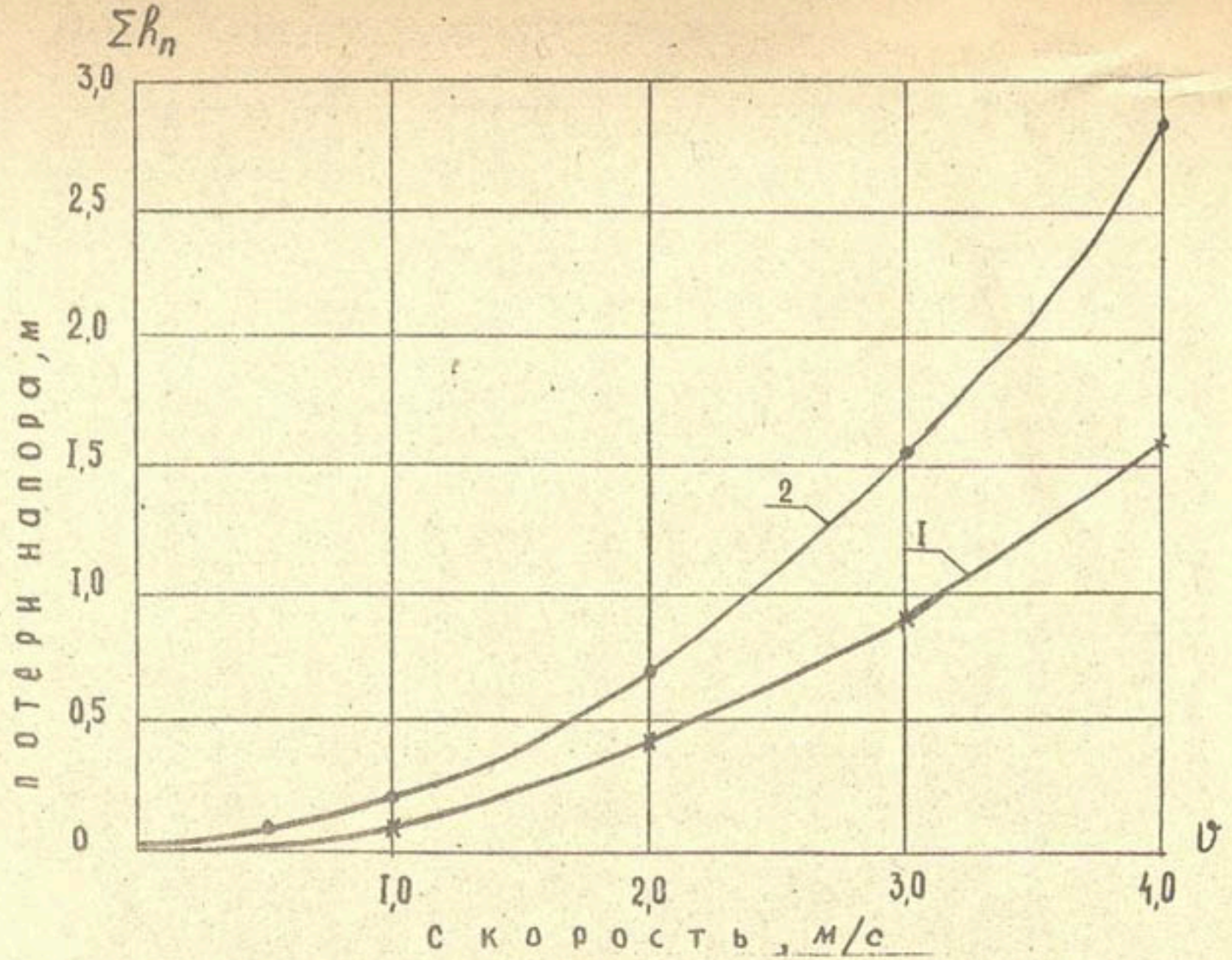


Рис. 3.22. Зависимость местных потерь напора на П-образном вертикальном изгибе от скорости движения воды:
I - ξ_n = 2,0; 2 - при ξ_n =3,5.(ξ_n - коэффициент местных потерь напора).

Для длины участка 100 м построена номограмма расходов воды в зависимости от уклона трубопровода и различных его диаметров (рис.3.23).

Пропускную способность трубопровода по заданному диаметру и уклону трассы определяют следующим образом. По вертикальной оси от заданного уклона проводят линию до пересечения с расчетным диаметром трубопровода. От точки пересечения опускают вниз линию на горизонтальную ось и таким образом устанавливают искомый расход воды.

Для определения пропускной способности трубопроводов, с учетом различных значений δ/ℓ вычислены поправочные коэффициенты (табл.3.8). Результаты расчета показывают, что для почвенно-рельефных условий горных районов аридной зоны диаметры распределительной и поливной сети применительно к разным способам орошения составляют: для полива по бороздам с подачей воды из закрытого трубопровода в гидранты, включая распределение ее на террасах-50-250 мм для подпочвенного и капельного орошения - 15-100 мм. При этом, несмотря на большие перепады местности, в целях транспортировки и полива можно использовать полиэтиленовые, асбестоцементные и другие низконапорные трубы и упрощенные запорные устройства.

Поливной трубопровод укладывают как в земле на глубине 0,5-1,0 м, так и на поверхности. Он может быть разборным и переносным из жестких или полужестких полиэтиленовых труб с быстроразъемными муфтами, а также из гибких капроновых шлангов. В варианте из гибкого материала,в местах подачи воды выполняются стационарные или переносные уступы с регулируемой высотой 10-30 см (см.раздел 3.2).

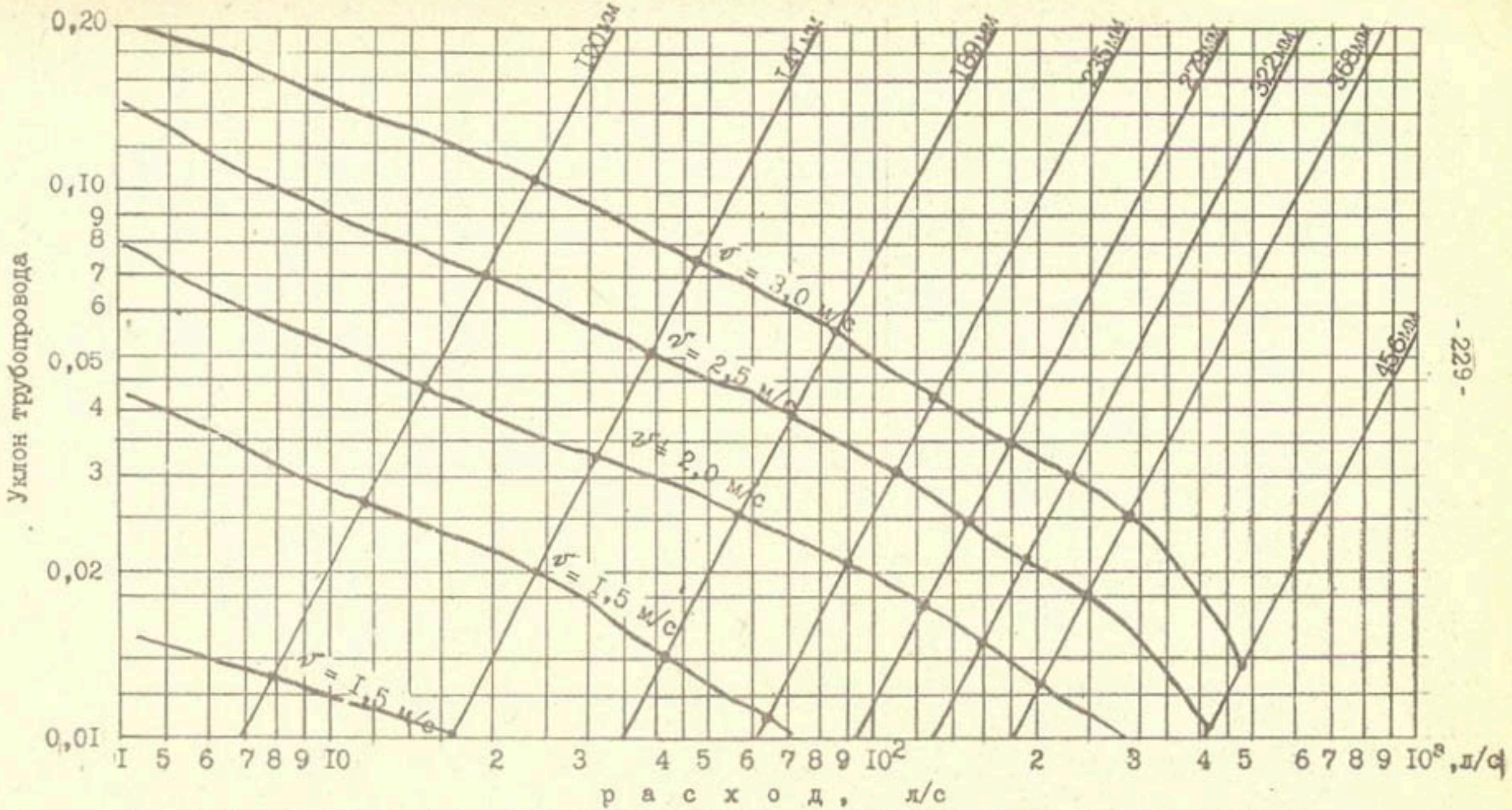


Рис. 3.23. Номограмма для определения пропускной способности асбестоцементных трубопроводов различных диаметров при разных уклонах трассы при расстоянии между П-образными гидрантами 100 м, ($\zeta_n = 2{,}0$).

Таблица 3.8

Значения поправочного коэффициента K_n при различных D и $\Delta\ell$

$\Delta\ell$	Диаметры труб, мм							
м	I00	II9	I4I	I89	235	279	368	456
I0	0,67	0,6I	0,58	0,52	0,49	0,46	-	-
20	0,73	0,68	0,65	0,60	0,57	0,55	-	-
30	0,79	0,75	0,72	0,68	0,65	0,64	-	-
40	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,72	-	-
50	0,9I	0,89	0,86	0,84	0,8I	0,80	-	-
60	0,95	0,95	0,93	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85
70	0,97	0,97	0,95	0,94	0,9I	0,9I	0,89	0,88
80	0,98	0,98	0,96	0,96	0,94	0,94	0,92	0,92
90	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96
I00	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00

В табл. 3.9 приведены основные параметры распределительно-поливного трубопровода для различных вариантов.

Пропускная способность трубопровода с П-образными вертикальными изгибами сравнивалась с пропускной способностью обычных распределительных трубопроводов.

Полученные результаты показали, что в зависимости от уклона трассы из-за дополнительных местных потерь напора на П -образном участке пропускная способность трубопровода снижается

Таблица 3.9

Основные параметры распределительно-поливного трубопровода с вертикальными изгибами в местах раздачи воды

Варианты раздачи воды	Крутизна склона	Расстояние между изгибом, м	Возможные диаметры труб, мм	Высота вертикального изгиба, м	Наиболее подходящее очертание изгиба	Перерасход труб, %
В поливные шланги и трубопроводы	0,01-0,20	60-150	100-300	2,0-2,5	П-образный	2,5-5,0
На сельскохозяйственные террасы	0,2 -0,40	6-20	32-75	0,7-1,2	П-образный или двухкамерный	13-20
В распределительную и поливную сеть капельного и подпочвенного орошения	0,01-0,20	3-8	32-150	0,7-1,0	П-образный или двухкамерный	12,5-23
В капельницы	0,01-0,20	2-6	10-32	0,1-0,6	Л-образный или кольцеобразный	5-30

на 6,6–I6,2 % (табл. 3.I0).

Таблица 3.I0

Сравнение пропускной способности обычного трубопровода с трубопроводом с вертикальными изгибами в местах подачи воды при разных уклонах (при $\Delta\ell$ = I00 м), л/с

Уклоны	Диаметры труб, мм								
	I00			I89			279		
	обычный	П-образный	разность, %	обычный	П-образный	разность, %	обычный	П-образный	разность, %
0,0I	7,5	7,0	6,6	39,5	34,5	I2,6	III,0	93,0	I6,2
0,I0	25,I	23,0	8,3	I33,0	II7,0	I2,0	369,0	320,0	I3,3
0,I5	3I,0	28,5	8,0	I64,0	I5I,0	7,9	-	-	-

Режим движения наносов в трубопроводе. На первый взгляд, П-образный участок трубопровода как бы способствует отложению наносов. Так ли это, мы убедимся на конкретном анализе происходящих явлений.

Теоретическую минимальную критическую скорость воды, при которой не осаждаются наносы в трубопроводе, определяют по формуле В.С.Кнороза:

$$v_{кр} = \omega_{ср} \sqrt{\rho_i \cdot \left(\frac{D}{d_{ср}}\right)^{3,5}}, \ м/с \qquad (3.8)$$

где $\omega_{ср}$ - гидравлическая крупность наносов, мм/с;

ρ_i - содержание массы твердого материала, отнесенное к массе воды в рассматриваемом объеме гидросмеси, %;

D - внутренний диаметр трубопровода, мм;

$d_{ср}$ - средняя крупность транспортируемого твердого материала, мм.

При незначительном содержании (0–2 %) частиц крупнее 0,I мм рекомендуют применять формулу Г.М.Зиликова (I966):

$$\vartheta_{кр} = \sqrt{a\,02 \cdot \omega_{кр}^{206}\,\rho\,вд\,\frac{1}{\lambda}}\,, \qquad (3.9)$$

где ρ – мутность воды, г/л;

$\omega_{кр}$ – средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, мм/с;

λ – коэффициент сопротивления трения;

$\vartheta_{кр}$ – критическая скорость, м/с.

В опытах, проведенных в лабораторных и полевых условиях, через П–образный участок диаметром 38 ... 300 мм высотой 0,40 ...2,0 м пропускалась вода с расходом от 0,I3–0,55 л/с до I20 л/с и мутностью 0,35–5,4 г/л. Средняя скорость течения воды была 0,08–2,44 м/с. Во фракционном составе преобладали частицы размером менее 0,05 мм (73 %). Средневзвешенная гидравлическая крупность наносов была ω = 0,95 мм/с.

Результаты опытов показали, что при рекомендуемых уклонах трассы $i_{пр}$ = 0,02–0,20 наличие П–образного участка не влияет на усиление осаждения наносов. Так как при этих уклонах скорость движения воды больше зайляющей и поэтому на П–образном участке наблюдается пульсирующее движение или турбулентный режим, здесь наносы вовсе не осаждаются и выносятся потоком.

По данным производственных исследований на площади I250 га подтверждена самопромывка отложившихся наносов в П–образных изгибах, благодаря бурности потока, образующегося скоплениями воздушных масс.

На Большом Аштском массиве, в один из I2–ти распределительных трубопроводов с условным диаметром 300 мм и высотой П–образного участка 2,0 метра случайно попал камень массой около

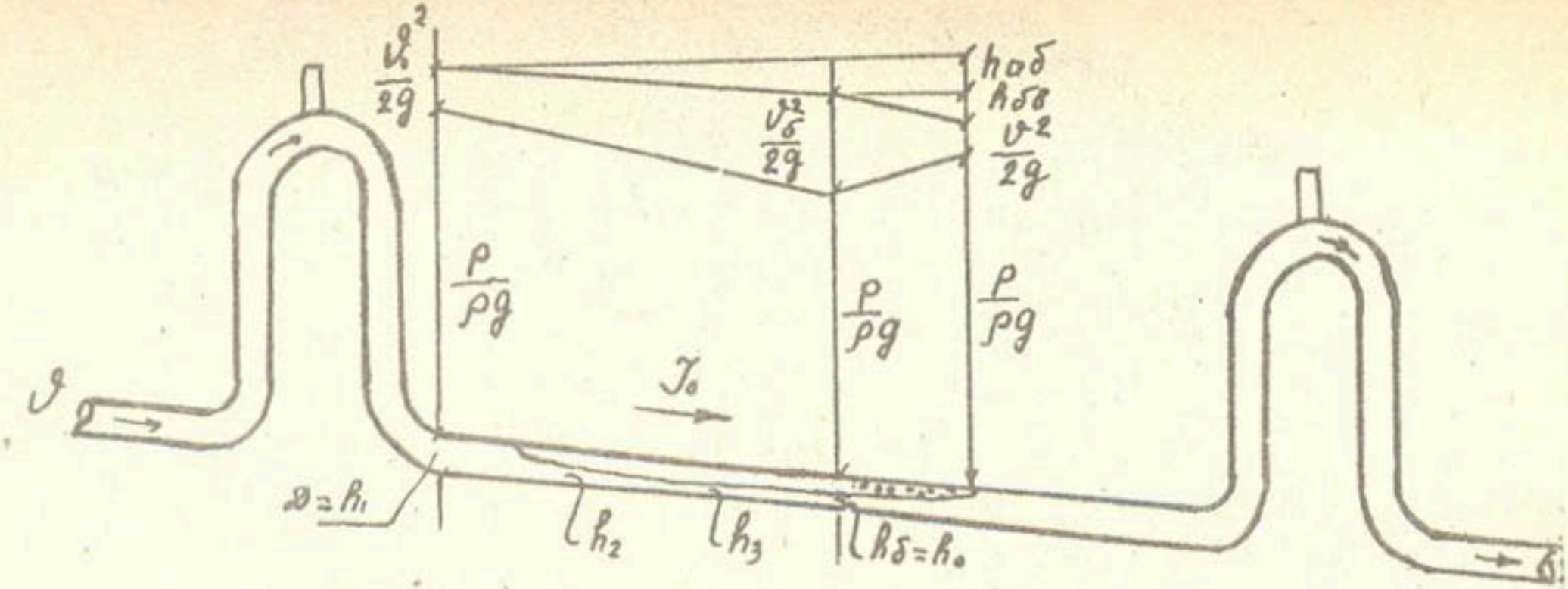
6 кг, который был вынесен потоком воды через водовыпускной гидрант благодаря эффекту самопромывки трубопровода.

Опыты показали, что при скоростях движения воды меньше 0,08 м/с возникают условия для осаждения наносов. Результаты исследований заиления трубопровода при частом расположении вертикальных изгибов и меньшей скорости движения воды применительно к капельному орошению, приведены в гл.4.

Условия образования скоплений воздушных масс в трубопроводе и их учет при проектировании. Существенный недостаток распределительно-поливного трубопровода с П-образными вертикальными изгибами состоит в возможности скопления воздуха на прямых участках. По этой причине может снизиться пропускная способность и нарушиться режим работы трубопровода (см. рис. 3.24).

На трубопроводе с вертикальными изгибами, при наличии больших уклонов трассы (0,02-0,40), пьезометрическая линия может пересекать прямой участок водовода. Там, где он расположен выше пьезометрической линии, возникает вакуум. Поэтому данный участок трубопровода будет работать как сифон. Здесь выделяется много воздуха, ухудшающего нормальную работу водовода. В воде при температуре 20°С и нормальном атмосферном давлении, содержится 1-2 % нерастворенного воздуха (В.С.Дикаревский, 1958, 1973, 1978; Д.В.Штеренлихт, 1984). При этом, в зависимости от скорости течения воды, продольного профиля и других условий воздух может перемещаться вместе с водой по водоводу в виде пузырьков или скапливаться в виде воздушных полостей. В поливном трубопроводе с П-образными участками воздух может скапливаться во время первоначального заполнения или кратковременного опорожнения.

Степень воздействия воздушных полостей на работу трубо-


$\frac{v_1^2}{2g}$
$h_{об}$
$h_{зв}$
$\frac{v_з^2}{2g}$
$\frac{v^2}{2g}$
$\frac{p}{\rho g}$
$\frac{p}{\rho g}$
$\frac{p}{\rho g}$
J_0
ϑ
$0 = h_1$
h_2
h_3
$h_з = h_0$

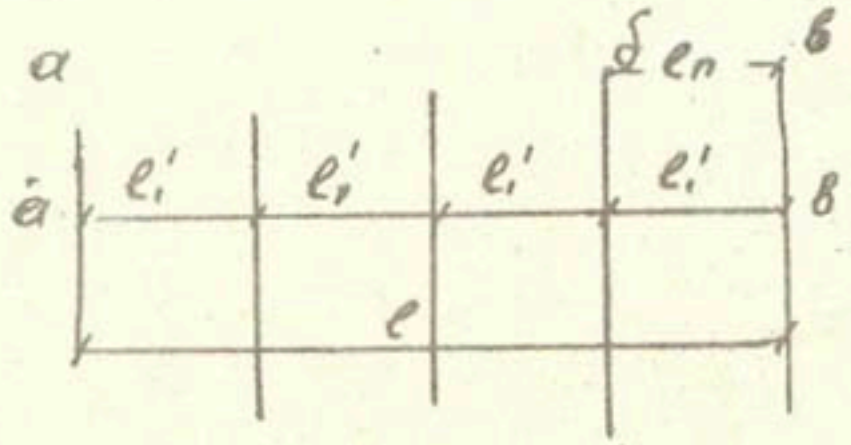

а
б
e_n
в
e_1'
e_1'
e_1'
e_1'
а
в
e

Рис 3.19.

провода в первую очередь зависит от скорости течения воды.

Исследованиями влияния скопления воздуха на возвышенных участках водоводов применительно к водоснабжению и канализации занимались М.К.Баженова (1983), В.И.Водолазский (1965), В.С. Дикаревский (1978), Н.А.Куделя (1982), Н.П.Яковлев (1964) и др.

Задача по установлению критической скорости, при которой отводятся воздушные скопления в воде, впервые была решена на кафедре водоснабжения и канализации Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта доктором технических наук, профессором В.С.Дикаревским (1958, 1977). Он считает, что "если скорость течения больше некоторой критической скорости ($v_{кр}$), то воздух перемещается по водоводу вместе с водой в виде мелких пузырей и при его ничтожном количестве обычно оказывает весьма незначительное влияние на работу водовода. Если скорость течения воды в водоводе меньше или равна критической, вблизи возвышенности скапливаются пузырьки и образуются большие неподвижные воздушные скопления. Они достигают в длину нескольких метров. Вода под скоплением течет с большей скоростью, чем обычно при полностью заполненной трубе и в конце скопления происходит возмущение потока (гидравлический прыжок). Эти два фактора вызывают резкое увеличение потерь напора в водоводе и снижают его пропускную способность".

Воздушные скопления можно отвести установкой вантуза на каждом П-образном участке или созданием в трубопроводе скорости движения воды выше критической. Для обеспечения отвода воздушных скоплений из трубопровода, диаметр вантуза рассчитывается из условия удовлетворения уравнению неразрывности массы (В.С.Дикаревский, 1978):

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot v_в = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v, \qquad (3.10)$$

где d - диаметр отверстия воздушного клапана, м;

D - диаметр водовода, м;

$v_в$ - скорость движения воздуха в отверстии клапана (по А.А.Сурину, 1946); $v_в$ = 40-50 м/с;

v - наибольшая скорость течения воды в водоводе при его наполнении и опорожнении, рекомендуется принимать 4,0 м/с.

Диаметры воздуховодной трубки вантуза для разных диаметров трубопровода с U-образными участками и характерные скорости движения воды приведены в табл. 3.II.

Таблица 3.II

Диаметры отверстий воздухоотводной трубки вантуза при различных диаметрах поливного трубопровода (при $v_в$ = 50 м/с)

Диаметр водовода, мм	20	32	50	75	100	150	200	250	300
Скорость движения воды в водоводе, м/с	0,50	0,50	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Диаметр воздухоотводной трубки (вантуза), мм	2	3	7	13	20	33	49	66	85

С целью определения участков трубопровода, где нет необходимости установки вантуза, требуется выявить величину критических расходов и скоростей воды. Для этого В.С.Дикаревский (1973, 1978) предлагает рассматривать уравнение равновесия воздушного скопления в трубопроводе. Длину воздушного скопления (l) вычисляют путем определения его объема по формуле:

$$V = \frac{0{,}1 \cdot q_0 \cdot v}{100 p}, \qquad (3.II)$$

где q_o - содержание нерастворенного воздуха в воде при атмосферном давлении по объему в процентах (рекомендуется принимать I-2 %);

ρ - среднее рабочее давление на нисходящей ветви П-образного участка, МПа (принято равным 0,I);

V - объем воды между П-образными участками трубопровода, $м^3$.

Длина воздушного скопления вычисляется по формуле:

$$l = V/\omega_{cp} \ , \ м \qquad (3.12)$$

где ω_{cp} - средняя площадь поперечного сечения воздушного скопления, $м^2$.

Для расчета критической скорости (В.С.Дикаревский, А.Е.Татура, Н.А.Черников, I983) разработана программа на ЭВМ серии ЕС на языке PL .

Условие предельного равновесия воздушного скопления в трубопроводе имеет вид:

$$h_{a-b} - i_o \cdot l = 0 \ , \ м \qquad (3.13)$$

где h_{a-b} - потери энергии в потоке между сечениями a и b ;

i_o - уклон трубопровода;

l - длина воздушного скопления, м.

Поток под воздушным скоплением разделяется на два характерных промежутка (рис.3.24). На первом из них, между сечениями a и b происходит неравномерное движение со свободной поверхностью, очерченной по кривой спада, а на втором $б-б$ размещается гидравлический прыжок. При этом глубина воды в конце спада перед гидравлическим прыжком $h_б$ близка к нормальной глубине h_o , соответствующей данному уклону и поперечному сечению потока.

Для определения потерь напора $h_{ст}$ по длине кривой спада l , последняя разделена на t равных участков; протяженность каждого из них равна $l_i' = \frac{l_i}{t}$. В программе, подготовленной для расчета на ЭВМ, принято 30 участков. В пределах каждого из них предполагается равномерное движение жидкости. Потери напора на этих участках определяются по общепринятой формуле:

$$h_{min} = \frac{l_i^2 \cdot Q^2}{K_{pi}^2}, \qquad (3.14)$$

где K_{pi} - расходная характеристика, различная для отдельных участков.

При таком количестве участков, степень точности определения нормальной глубины ε_n = 0,001 м, критической скорости ε_v = 0,005 м/с, длины воздушного скопления ε_l = 0,1 м.

Для расчета в память ЭВМ вводятся следующие исходные данные: уклон трубопровода i_0 , коэффициент шероховатости n , диаметр трубопровода D , объем воздуха в трубопроводе $V_в$.

ЭВМ методом подбора определяет последовательно значения воздушного скопления l , нормальной глубины h_n и критической скорости $V_{кр}$.

Расчет производится по каждой нисходящей части П-образного участка распределительно-поливного трубопровода. На участке трубопровода, где скорость течения $\vartheta > \vartheta_{кр}$, воздушные скопления будут выноситься потоком. Здесь нет необходимости устройства эксплуатационного вантуза. На тех участках трубопровода, где $\vartheta \leq \vartheta_{кр}$ необходима установка вантуза, выпускающего воздух в малых количествах и, таким образом, не допускающего скопления его во время перерывов в подаче воды.

Полученные результаты расчета для различных вариантов применения распределительно-поливного трубопровода с П-образными участками сведены в таблице 3.12.

Анализ материалов показывает, что при уклоне трассы трубопровода 0,03-0,20, его диаметре 0,200 м, расстоянии между П-образными участками 100 м объем воздушного скопления в трубопроводе между П-образными участками составляет 0,061 $м^3$. Нормальная глубина потока равна 0,063-0,035 м. При этом в трубопроводе возникают критические скорости равные 0,59-0,38 м/с и расход воды составляет 0,018-0,012 $м^3/с$. Длина воздушного скопления не превышает 3,91-3,17 м. Вот почему на участках трубопровода, где расход воды меньше 0,018-0,012 $м^3/с$, необходимо устраивать вантузы (воздухоотводные трубки). Другие участки будут работать без них с отводом воздуха вместе с поливной водой в точках ее раздачи.

Н.П.Яковлев (1964), исследуя характер и условия образования скоплений воздуха в изгибах в вертикальной плоскости напорных трубопроводов, рекомендует вычислить скорости, при которых пузырьки воздуха выносятся из трубопровода, по зависимости:

$$\vartheta_{кр} = \frac{0.00065}{\mu_{t^\circ c}}, \qquad (3.15)$$

где $\vartheta_{кр}$ – скорость, при которой выносятся пузырьки воздуха, м/с;

$\mu_{t^\circ c}$ – коэффициент динамической вязкости, зависящий от температуры.

Расчеты, произведенные нами, показали, что при температуре воды от 0° до 28° скорость ее, при которой выносятся воздушные пузырьки, изменяется от 0,36 до 0,77 м/с.

Таблица 3.I2

Результаты расчета на ЭВМ гидравлических элементов распределительно-поливного трубопровода с П-образными участками в местах раздачи воды

Уклон	Исходные данные				Результаты вычислений на ЭВМ			
	Диаметр трубопровода, мм	Длина трубопровода, м	Расстояние между П-образными участками, м	Объем воздуха, $м^3$	Нормальная глубина h_o, м	Критическая скорость $V_{кр}$, м/с	Критический расход $Q_{кр}$, $м^3/с$	Длина воздушного скопления ℓ, м
0,05	200	I000	I00	0,06I	0,063	0,59	0,0I9	3,9I
0,I0	200	I000	I00	0,06I	0,045	0,43	0,0I4	3,35
0,20	200	I000	I00	0,06I	0,035	0,38	0,0I2	3,I7
0,05	I50	I000	I00	0,035	0,058	0,7I	0,0I26	4,39
0,I0	I50	I000	I00	0,035	0,046	0,64	0,0II4	3,98
0,20	I50	I000	I00	0,035	0,036	0,58	0,0I03	3,49
0,05	I00	I000	I00	0,0I6	0,086	I,0I	0,0I40	3,33
0,I0	I00	I000	I00	0,0I6	0,043	0,95	0,0075	4,66
0,20	I00	I000	I00	0,0I6	0,037	I,00	0,0079	3,97
0,I0	75	I00	5	0,00I	0,0I5	0,I55	0,0007	0,27
0,20	75	I00	5	0,00I	0,009	0,086	0,0004	0,27
0,40	75	I00	5	0,00I	0,007	0,063	0,0003	0,27
0,05	25	I00	2	0,00	0,02I	0,7I0	0,0003	0,I2
0,I0	25	I00	2	0,00	0,0I3	0,350	0,0002	0,I2
0,20	24	I00	2	0,00	0,004	0,074	0,000I	0,I2

М.К.Баякенова (1983), исследуя режим образования воздушных скоплений, предлагает устанавливать вантузы для выпуска воздуха на первой возвышенности самонапорных водоводов и в наиболее высоких точках профиля высоконапорных водоводов, где давление ниже 0,1-0,2 МПа.

В предлагаемом нами самонапорном оросительном трубопроводе с частыми (через 2-100 м) вертикальными изгибами воздушные трубки (вантузы) устанавливались на каждом изгибе. Но несмотря на это, при определенных условиях наблюдалось образование воздушных скоплений.

Для исследования характера возникновения воздушных скоплений в трубопроводе с П-образными изгибами была создана лабораторная установка. В качестве поливного трубопровода использовались стеклянные трубы , диаметрами 40, 50, 75 мм. Эксперименты показали, что на стеклянном оросительном трубопроводе с П-образными участками,в зависимости от уклона трассы, высоты изгиба и расстояния между ними установлены следующие три режима.

Расход воды, подаваемый в трубопровод, минимальный "заправочный". В нем возникают скорости не более 0,13 м/с (рис.3.25а). При этом режиме работы,линия пьезометрического напора пересекает прямой участок трубопровода. На незаполненном участке образуются воздушные скопления, но благодаря свободному проходу они перемещаются вверх к основной воздушной трубке и выходят в атмосферу, не оказывая влияния на режим работы трубопровода.

При нормальном режиме пропуска максимальных расходов воды, линия пьезометрического напора располагается в пределах нисходящей ветви вертикального изгиба (рис.3.25б). При этом режиме воздух скапливается также в верхней части изгиба и через основную воздушную трубку выходит в атмосферу. Следовательно, он не

влияет на работу трубопровода. В этом случае пропускная способность трубопровода рассчитывается по общепринятым зависимостям гидравлики с учетом местных потерь напора на вертикальных изгибах.

"Критический" режим возможен при значительных расстояниях между вертикальными изгибами, большом уклоне трассы и расходах воды, превышающих величину "заправочного" (рис.3.25в). При этом поток возмущается, нисходящая ветвь изгиба заполняется водой и в ней теперь отсутствует свободное пространство для передвижения воздуха. Линия пьезометрического напора пересекает прямой участок, где образуется воздушная пробка в защемленном состоянии. По мере увеличения размера воздушного скопления пробка медленно перемещается вниз и через определенное время срывается и транспортируется потоком на нижерасположенные участки. Это явление повторяется периодически. Такой режим работы трубопровода приводит к нарушению равномерной подачи воды на отводах, расположенных в вертикальных изгибах.

Экспериментально и теоретически установлено, что для вывода воздушных скоплений и обеспечения равномерности подачи воды необходимо оборудовать трубопровод дополнительной воздуховодной трубкой в местах образования воздушных скоплений.

Расстояние от оси нижерасположенного изгиба до места установки дополнительной воздуховодной трубки определяется по известной зависимости:

$$i_{пр} \cdot \Delta l_x = h_0 + \frac{v^2}{2g}\left(\Sigma \xi_n + \frac{\lambda \Delta l_x}{D}\right), \qquad (3.16)$$

когда $\Delta l_x \leq \Delta l$,

где Δl_x – расстояние от оси изгиба до точки установки допол-

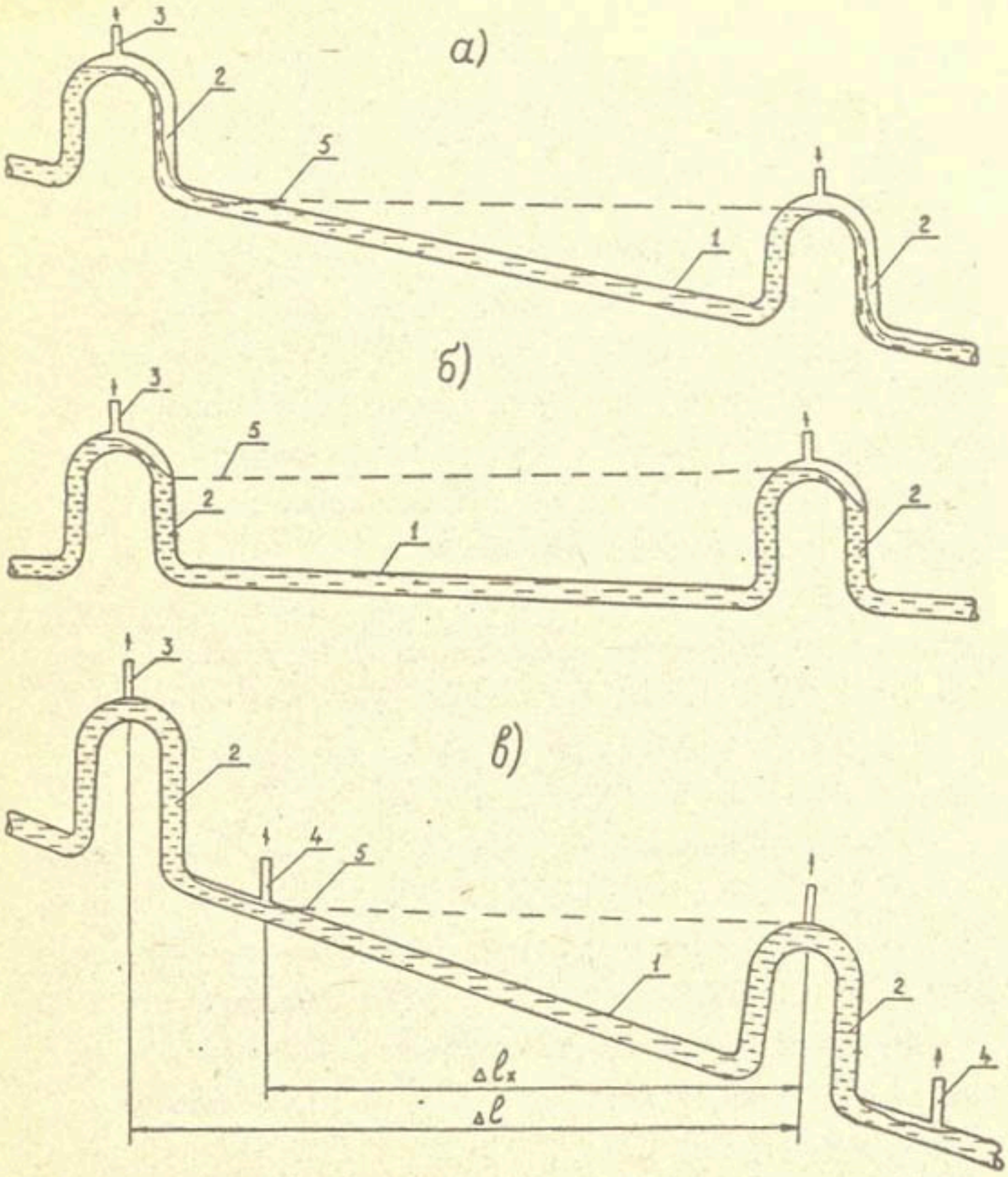


Рис. 3.25. Режимы работы распределительно-поливного трубопровода с вертикальными П-образными изгибами (а -заправочный; б- нормальный; в - критический): I - прямой участок; 2 - П-образный участок; 3 - воздуховодная трубка (основная); 4 - то же (дополнительная); 5 - пьезометрическая линия напора.

нительной воздухоотводной трубки, м;

Δl - расстояние между вертикальными изгибами, м;

ϑ - скорость движения воды, м/с;

$\Sigma \zeta_n'$ - коэффициент местных сопротивлений на 2-х поворотах П-образного изгиба;

λ - коэффициент сопротивления трения по длине трубопровода;

h_n - высота вертикального изгиба, м;

D - диаметр трубопровода, м;

$i_{тр}$ - уклон трубопровода.

Выполняя несложные преобразования, получим:

$$\Delta l_x = \frac{(h_n \cdot 2g + \vartheta^2 \cdot \Sigma \zeta_n')D}{i_{тр} \cdot 2gD - \vartheta^2 \cdot \lambda}, \qquad (3.17)$$

Сравнение расчетных и наблюдаемых значений Δl_x в полевых условиях показало, что их отклонение составляет от 2 до 9 %.

Высота дополнительной воздухоотводной трубки ($h_g^{от}$) устанавливается исходя из глубины укладки трубопровода (H_c)

$$h_g^{от} = H_c + 0.20, \text{ м}. \qquad (3.18)$$

Таким образом, при установке дополнительных трубок в местах возможного образования воздушных скоплений, обеспечиваются условия для равномерной подачи воды на боковых отводах вертикальных изгибов.

Первый и второй режимы работы оросительного трубопровода в основном наблюдаются при сосредоточенной подаче воды в поливные шланги и временные оросители. Третий режим работы трубопровода характерен при непрерывной подаче воды в поливные борозды, на террасы и в различные элементы капельной системы, где постепенно уменьшается расход воды.

Для исключения защемления воздушных скоплений в оросительных трубопроводах с вертикальными изгибами, необходимо принимать следующие меры: установить в местах образования воздушных скоплений дополнительную воздухоотводную трубку; использовать телескопический трубопровод; увеличить высоту вертикального изгиба.

В каждом конкретном случае варианты выбирают технико-экономическими расчетами. Например, при больших расстояниях между вертикальными изгибами и уклонах трассы предпочтение отдается установке дополнительной воздуховодной трубки.

Если оросительный трубопровод имеет частые изгибы при большом уклоне трассы, то целесообразно его выполнить телескопическим и по возможности увеличить высоту вертикального изгиба. Эта высота, при которой линия пьезометрического напора не пересекает прямой участок трубопровода и воздушные скопления отводятся через основную воздушную трубку, зависит от уклона трубопровода и расстояния между вертикальными изгибами. При известных значениях расхода воды и диаметра трубопровода, она устанавливается преобразованием зависимости (3.16):

$$h_n = \frac{\Delta l_{\text{ж}} (i_T \cdot 2gD - v^2\lambda) - v^2 \Sigma \zeta_n D}{2gD}. \qquad (3.19)$$

В настоящее время распределительные трубопроводы с П-образными участками для сосредоточенной подачи воды в поливные шланги и временные оросители построены на площади более 2000 га на землях Большого Ашгского массива, на новых объектах Гиссарской долины и Дангаринской степи Таджикской ССР. Здесь длина трубопроводов составляет 500-1600 м, расстояние между гидрантами 60-100 м, диаметры труб 150-350 мм, высота П-образного участка - 2,0 м, уклон трассы трубопровода - 0,03-0,20 и более.

Испытание трубопровода в производственных условиях показа-

ло, что при наличии вантуза (воздушной трубки) на каждом П-образном участке, трубопровод работал в безнапорном режиме и пропускал расчетные расходы 80-150 л/с. Через гидранты (отводы), установленные на расстоянии 0,8-1,0 от верха П-образного участка при диаметре патрубка 200 мм, подавались расчетные расходы воды 30-40 л/с. В период испытаний максимальное давление воздуха над вантузом, измеренное образцовым манометром, не превышало 20-30 кПа.

Систематическими наблюдениями, проведенными в период эксплуатации, установлено, что основная часть воздушных скоплений выносится через гидранты вместе с поливной водой. Поэтому независимо от уклона трассы, трубопровод работает в низконапорном режиме, чем улучшается его эксплуатация.

Благодаря простоте конструкции, низкой стоимости строительства и удобству эксплуатации, предложенный распределительный трубопровод принят в проектах орошения второй очереди Большого Аштского и Кизилинского массивов. Он нашел также применение в разработках по освоению 2,4 тыс.га земель выше канала "Рохаты" и на других объектах Таджикской ССР.

Результаты исследований низконапорного трубопровода с частыми (через 2-4 м) вертикальными изгибами для равномерной раздачи воды на различные элементы капельной системы приведены в главе 4.

На основе лабораторных и производственных исследований предложено использовать П-образные вертикальные изгибы для учета воды. Расход воды, проходящей через П-образные участки, определяют (как для кругового водослива) по формуле К.Сандена и А.Штрауса (см.справочник по гидравлике, 1987)

$$Q = \mu \cdot Q_1 D^{2,5}, \qquad (3.20)$$

где μ - коэффициент расхода; Q_1 - условный расход при Д= 0,1 м, л/с; Д - диаметр отверстия, м.

На рис. 3.25б представлены три варианта П-образных водомеров. В первом варианте водомер работает в безнапорном режиме. Расход воды, проходящий через горловину изгиба, определяют по тарировочной кривой зависимости $Q = \varphi(H)$, где Н- глубина слоя воды над основанием изгиба, которая регистрируется самописцем уровня типа "Мелиор". Второй вариант отличается от первого тем, что П-образный участок перемещается вверх и вниз с помощью специального механизма (домкрата). Для исключения утечки воды и обеспечения главного перемещения горловины в нижних и верхних коленах использованы резиновые уплотнительные кольца для асбестоцементных труб. Такая конструкция водомера позволяет регулировать расход воды или полностью прекратить ее подачу, то есть исключить головное запорное сооружение. Принцип измерения тот же, что и в первом варианте. Третий вариант водомера рекомендуется использовать при работе трубопровода как в безнапорном,так и в напорном режимах. При безнапорном режиме действует только пьезометр, установленный на левом колене и расход воды определяется по его показаниям. При напорном режиме работают и верхний и нижний пьезометры. В этом случае на П-образном участке фиксируют местные потери напора между пьезометрами, и расход,проходящий через этот участок,определяют по разности показаний пьезометров или как $Q = f(\Delta h_м)$. Запись уровней ведется на одном или двух бланках, где в масштабе отражается значение $\Delta h_м$.

На основе экспериментов нами выявлено, что в отличие от кольцевого водослива П-образный водомер (ВПО) при безнапорном режиме работает как водослив практического профиля, в котором необходимо учитывать скоростной напор, образующийся на капоре водослива. Исходя из этого, расход воды, протекающий через П-образный водомер, можно вычислить по формуле

$$Q = \mu\omega\sqrt{2g\left(H + \frac{\alpha v^2}{2g}\right)}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где ω - площадь живого сечения, м^2; Н - напор на капоре водослива,м; α - скоростной коэффициент равный I; v - скорость движения воды, м/с; μ - коэффициент расхода.

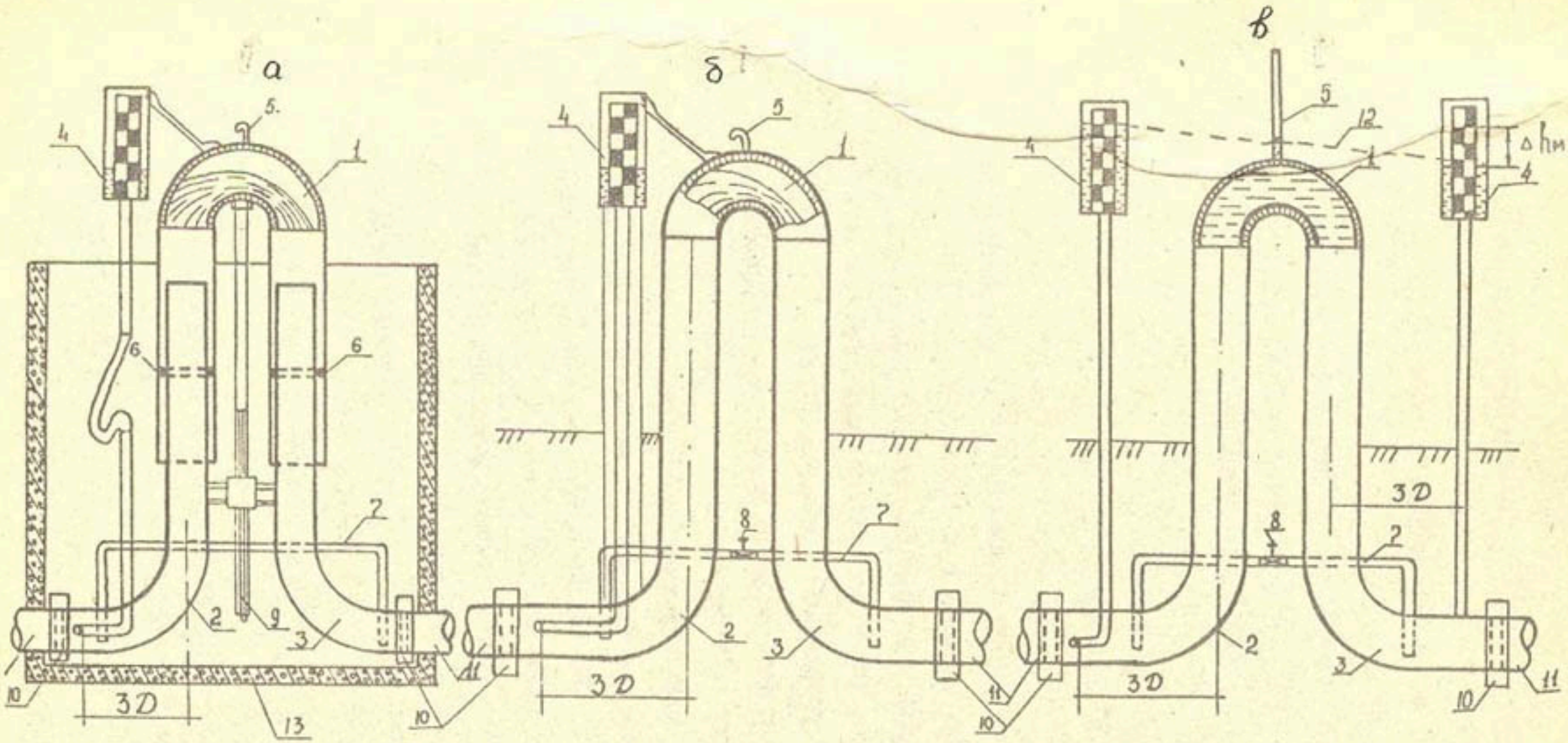


Рис. 3.25б П-образные водомеры для трубчатой сети.

а - водовыпуск-водомер безнапорный; б - водомер безнапорный; в - водомер напорный.

I - напорная часть; 2 - левое колено; 3 - правое колено; 4 - пьезометр; 5 - воздуховодная трубка; 6 - резиновые кольца; 7 - опорожнительный сифон; 8 - краник; 9 - подъемник (домкрат); I0 - соединительная муфта; II - асбоцементный трубопровод; I2 - пьезометрическая линия напора; I3 - бетонный колодец; $\Delta h_м$ - местные потери напора на П-образном участке; Д - диаметр трубопровода.

Значения M по результатам экспериментов и расчетов при степени наполнения напора (0,4...0,9) Д (где Д – диаметр трубопровода) Курбановым Р.К. и Камолидиновым А., установлен равным С,74.

Для практического использования на рис. 3.25в приведены тарировочные графики расхода для П-образных водомеров различных диаметров, при работе их в безнапорном режиме.

3.3.2. Поливной трубопровод с дроссельным водовыпуском и гирляндными заслонками

Для равномерной подачи воды независимо от уклона местности был предложен поливной трубопровод с П-образными участками. Но при большой глубине укладки и потребном напоре более I м, а также частой подачи воды происходит перерасход труб. Это приводит к увеличению стоимости и усложнению монтажных работ.

С целью равномерной подачи воды по всей длине трубопровода, при больших уклонах местности и безнапорной его работе с возможностью изменения расхода водовыпускных отверстий, нами предложен вариант трубопровода с дроссельными устройствами. Учитывая телескопичность поперечного сечения трубопровода по длине и трудности регулирования малых расходов воды с помощью дросселей, один или несколько последних водовыпусков можно выполнить в виде П-образных участков. При этом исключается сброс воды.

На рис. 3.26 изображен продольный разрез и сечение предлагаемого трубопровода.

Оросительный трубопровод уложен с большим уклоном из расчета безнапорного режима работы. В местах раздачи воды трубопровод имеет водовыпускные отверстия и оборудован патрубками с дросселем, имеющими штанги и ручки. Патрубок имеет сливное отверстие и диаметрально расположенные по всему периметру прорези

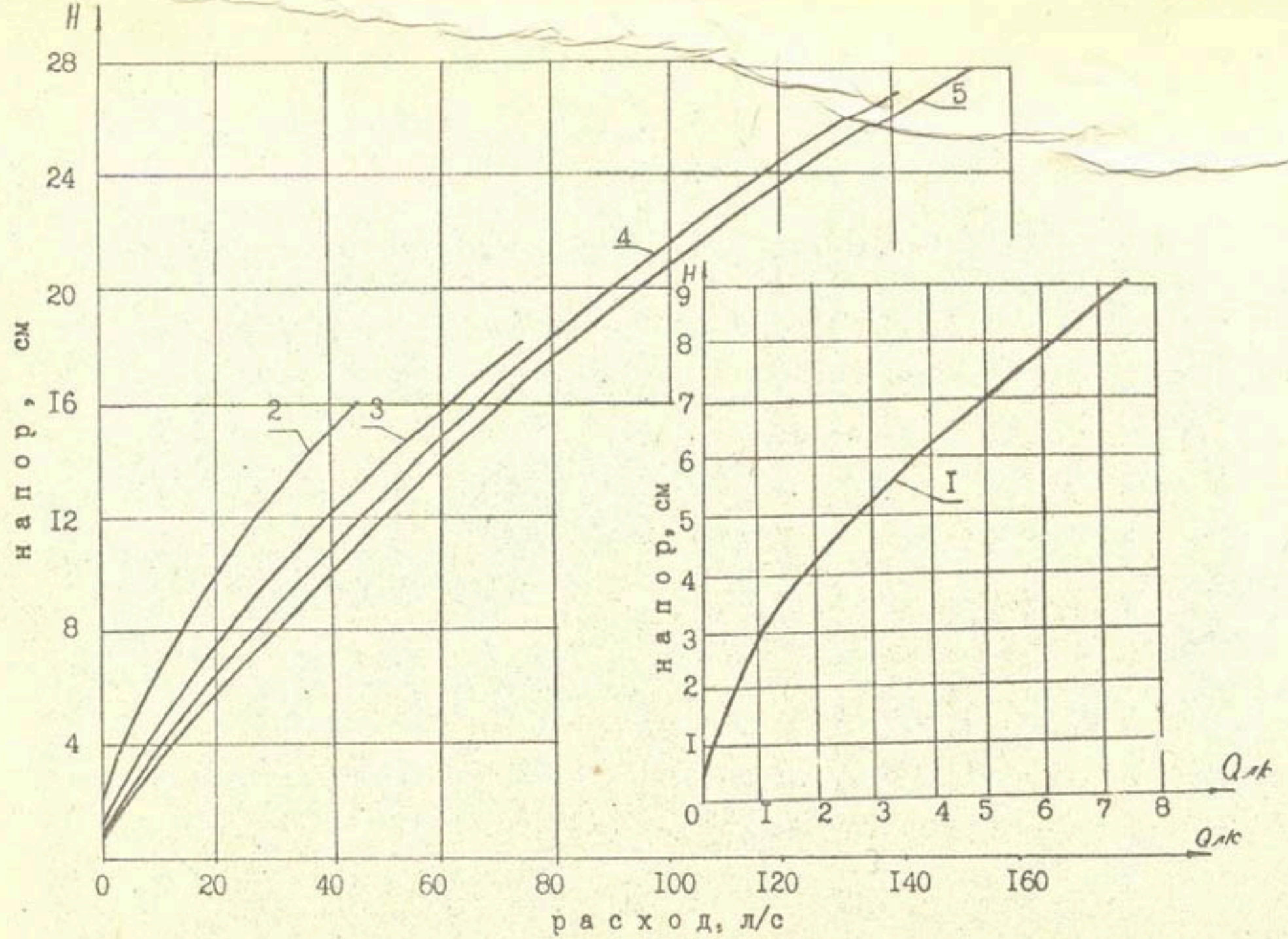


Рис. 3.25б Графики зависимости $Q = f(H)$ для П-образных трубчатых водомеров

I – при d_y = I00 мм; 2 – при d_y = I50 мм; 3 – при d_y = 200 мм;

4 – при d_y = 250 мм; 5 – при d_y = 300 мм.

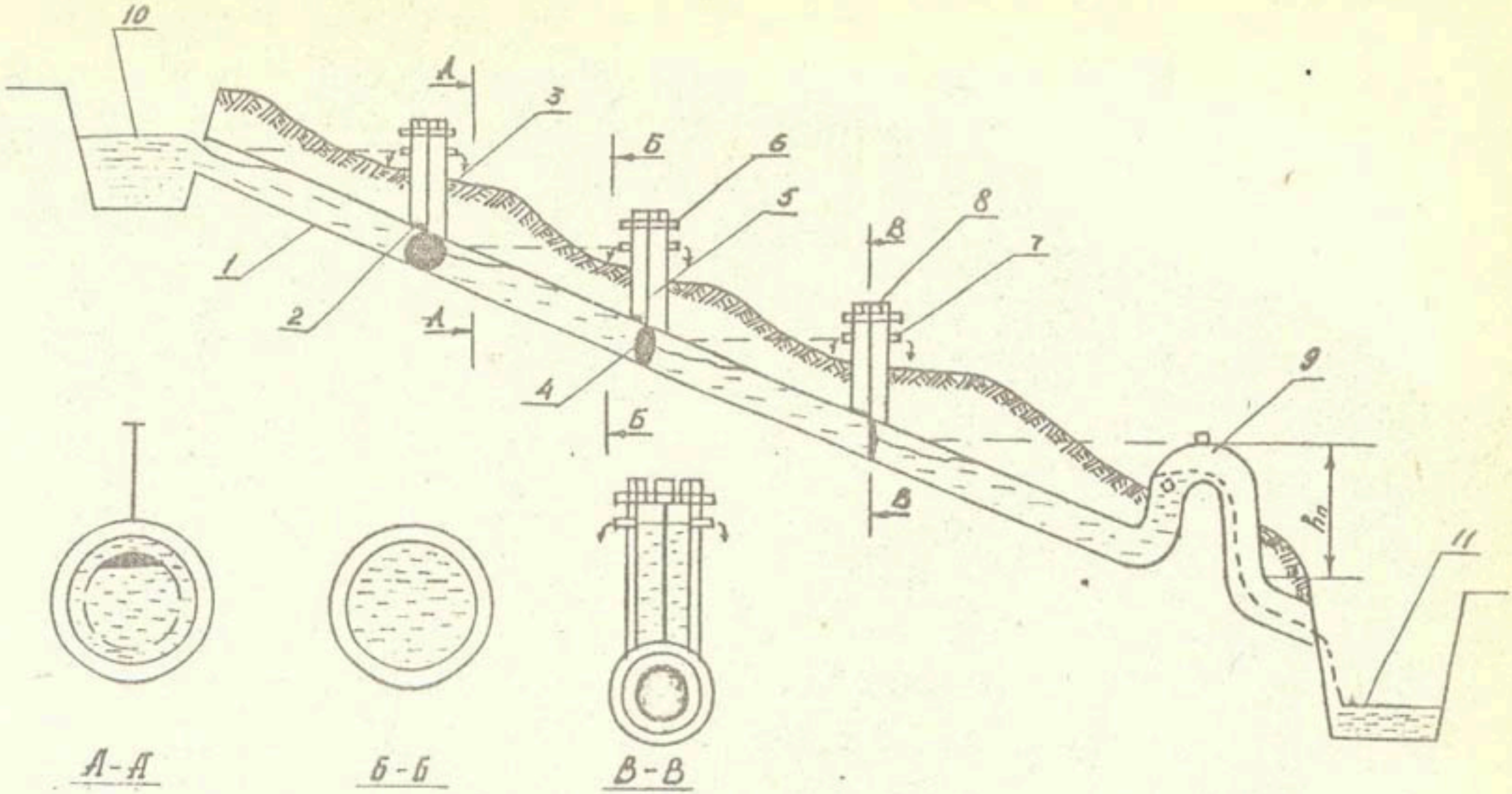


Рис.3.26.Поливной трубопровод с дроссельными водовыпусками: I - трубопровод; 2 - водовыпускное отверстие; 3 - патрубок; 4 - дроссель; 5 - штанга; 6 - ручка; 7 - сливное отверстие; 8 - прорезы; 9 - П-образный участок; I0 - ороситель; II - сбросной канал .

для регулирования положения дросселя. На концевом участке трубопровода один или несколько водовыпусков выполняются П-образными.

Работает поливной трубопровод следующим образом. Перед началом полива дроссели водовыпускных патрубков находятся в открытом положении. Вода из открытого распределителя подается в поливной трубопровод. Двигаясь в безнапорном режиме, она поступает на нижерасположенные П-образные участки и здесь начинается полив.

Для последовательного включения в полив водовыпусков, начиная с верхних, прикрывают дроссель, переставляя ручку в диаметрально расположенные прорези. Тогда в водовыпускных патрубках вода поднимается до расчетной отметки и через сливное отверстие поступает расчетный расход воды, необходимый для полива сельскохозяйственных культур. Для регулирования расхода воды, подаваемого на полив, патрубок выступает на 10-15 см выше поверхности земли, т.е. выше сливного отверстия. Меняя положение дросселя, можно изменять горизонт воды в патрубке, а следовательно, и расход воды.

В случае отложения наносов трубопроводы промываются путем открытия всех дросселей по окончании полива.

Поливной трубопровод с дроссельным устройством позволяет значительно экономить трубы и регулировать в известных пределах расход воды, подаваемый через водовыпуски. Его рекомендуют использовать на землях с уклонами 0,01-0,20.

С целью анализа и сравнения гидравлических показателей (коэффициентов сжатия, скорости и расхода воды, гидравлического сопротивления), свойственных дросселю диаметром 65 мм с известными запорными устройствами (типа задвижек, клапанов и др.)

проводились расчеты и фактические замеры. Они позволили установить гидравлические характеристики дроссельного устройства, которые по сумме показателей схожи с задвижкой типа "Лудло".

В табл.3.I3. приведено отношение площади закрытия заслонки к площади внутреннего диаметра трубопровода (ζ) при разных ее положениях (углах поворота α_g).

Таблица 3.I3

Значение ζ при разных углах поворота α_g дросселя

Угол поворота	90	75	60	45	30	I5	0
ζ	0,057	0,204	0,332	0,46	0,6I6	0,787	0,978

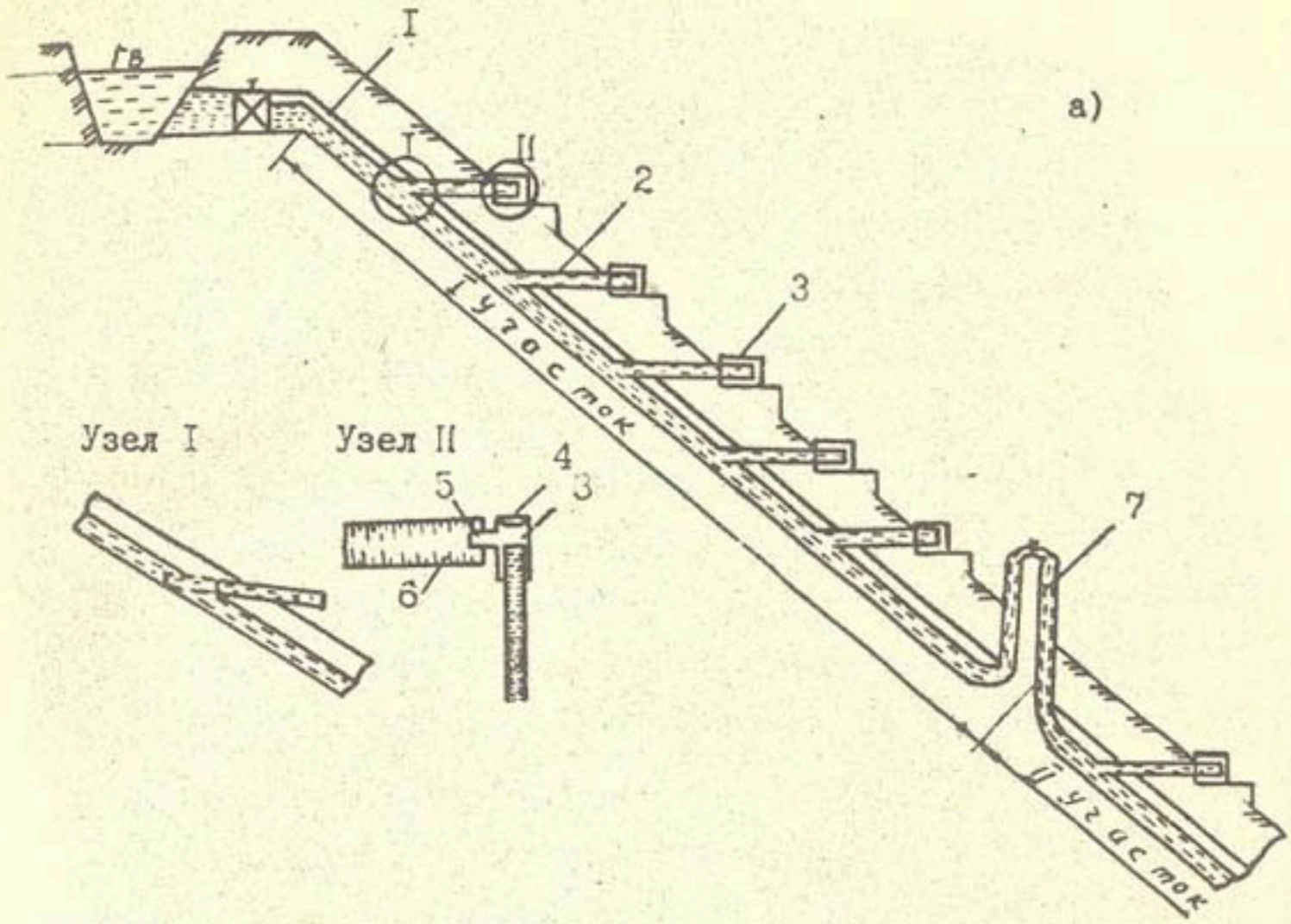
В практике трубопровод может работать как транспортирующий и как поливной. Расчет трубопровода производится по общепринятым методам гидравлики с учетом местных потерь напора на дросселях.

Поливной трубопровод с гирляндой заслонок. Эксплуатацию поливного трубопровода с дроссельными водовыпусками затрудняет необходимость индивидуального регулирования положения дросселя.

С целью снижения эксплуатационных затрат, предложен поливной трубопровод с гирляндой заслонок, имеющих сферические поверхности, скрепленные между собой тросами (подробное описание см. а/с № IIII707).

Распределительно-поливная и водосборно-сбросная сеть для террасированных склонов. Для орошения террас предложена распределительно-поливная и водосборно-сбросная сеть (Нурматов Н.К., Ходжаев В.Н. и др., I990).

Преимущества такой сети - применение низконапорных конструкций, простота изготовления и низкая стоимость. Распределительно-поливной трубопровод, работающий в безнапорном режиме, выполняется из полиэтиленовых труб низкого давления (рис. 3.27). Вода из канала через упрощенный водовыпуск поступает в трубопровод, а из него, двигаясь в безнапорном режиме - в водовыпускные трубки, которые присоединяются в нижней части поперечного сечения трубопровода в точке А.



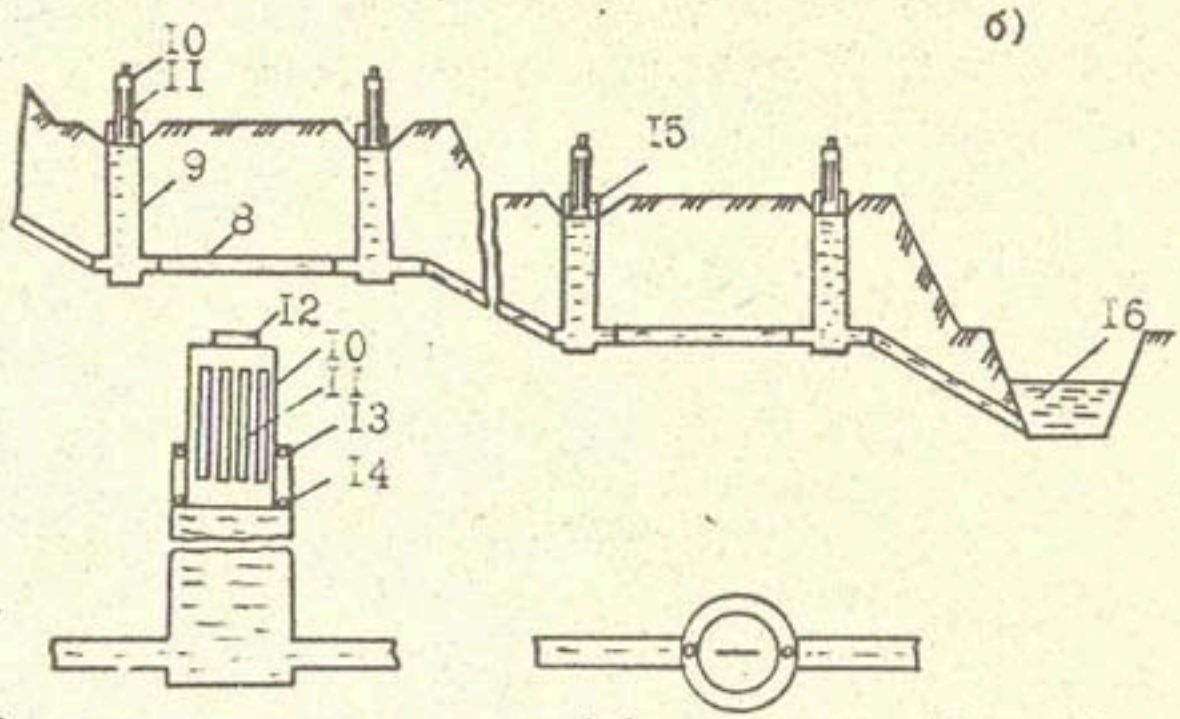


Рис. 3.27 Распределительно-поливная (а) и сбросная (б) трубчатая сеть для орошения садов и виноградников на террасированных склонах:
1 - основной трубопровод; 2 - водовыпускная трубка; 3 - регулятор; 4 - расширенная часть регулятора с упругим кольцом; 5 - отводной патрубок; 6 - поливная борозда; 7 - П-образный участок; 8 - сбросной трубопровод; 9 - стояк; 10 - водоприемный оголовок; 11 - щели; 12 - ручка; 13 - фиксатор; 14 - резиновое кольцо; 15 - полиэтиленовый экран; 16 - главный сбросной канал.

Диаметр труб, применяемых при строительстве поливной сети, в зависимости от расхода воды и длины склона, составляют от 50 до 100 мм, диаметр водовыпускной трубки от 16 до 32 мм.

На конце водовыпускной трубки устанавливается регулирующее устройство, с помощью которого вода через отводные патрубки подается в поливные борозды. В последнюю водовыпускную трубку вода подается из П-образного участка для регулирования расхода воды, подаваемой в поливную борозду, регулятор передвигается соосно трубке вниз и вверх - до полного открытия или закрытия. Возможность регулирования подачи воды в поливную борозду позволяет обеспечить полив террас разной длины при сложном рельефе склоновых земель.

Для отвода излишних вод с террасированных участков разработана водосборно-сбросная сеть, которая работает следующим образом. Излишняя вода от атмосферных осадков и вегетационных поливов стекает по полотну каждой террасы в конец ее, где устанавливается водоприемник, защищенный водонепроницаемой пленкой. Дождевая или сбросная вода стекает с полотна террасы, поступает через щели в водоприемник и направляется в отводной трубопровод и транспортируется вниз по склону, где сбрасывается в основной канал. Сбросной трубопровод укладывается на глубине 70-80 см и выполняется телескопическим. Верхняя часть водоприемного патрубка может передвигаться, что упрощает эксплуатацию сети. Диаметр труб для сбросной сети в зависимости от площади обслуживания и количества террас - от 40 до 60 мм, диаметр водоприемных патрубков от 50-до 80 мм. Конструкция трубопровода позволяет сбрасывать излишние воды в условиях сложного рельефа, не допуская эрозию почвы и овражкообразование. При этом обеспечивается беспрепятственный проезд машин и орудий при выполнении агротехнических работ.

Таким образом, разработаны и внедрены несложные конструкции передвижной и стационарной трубчатой оросительной сети, обеспечивающие равномерную раздачу воды на различные поливные элементы при сложном рельефе склоновых земель.

Глава 4

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ НИЗКОНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

4.I. Характеристика существующих систем капельного орошения

В настоящее время капельное орошение рекомендуется для высокоинтенсивных и доходных сельскохозяйственных культур в условиях, когда имеется острый дефицит оросительной воды или применение других способов орошения затруднено. Склоновые земли наиболее приспособлены к капельному способу орошения. По перспективному плану на 1986-2005 гг. капельное орошение намечено внедрить в стране на площади 200-250 тыс.га, в т.ч. в Таджикской ССР около 40 тыс.га в основном на склоновых землях. Только в I3-й пятилетке в республике предусмотрено строительство системы капельного орошения на площади более I0 тыс.га.

В соответствии с руководством по капельному орошению (I980, I986) к этому способу полива предъявляются следующие мелиоративные требования: почва не должна содержать соли больше 0,4 %, в том числе хлористого натрия - не более 0,05 %, минерализация оросительной воды до 0,4 г/л, в том числе содержание ионов хлора 350-600 мг-экв/л,

Для аридной зоны капельное орошение рекомендуется применять в тех районах, где годовая сумма атмосферных осадков составляет не менее 500 мм.

Многочисленными исследованиями, проведенными различными авторами, разработаны схемы и конструкции капельной оросительной сети (В.Х.Арст , I98I; В.С.Клюхин, I983; И.А.Матсон, I98I;

J. Keller, D. Karmeli 1978; В.Ф.Носенко, 1974; Г.Ю.Шейнкин, Н.П.Митянин, 1981; Ф.В.Унгуряну, 1983; И.С.Флорце, 1980; Н.Р.Хамраев, 1981; Б.Г.Штепа, 1983 и др./.

Установлены контуры увлажнения, расчетные расходы и другие элементы капельного орошения.

На рис.4.1 приведена принципиальная схема системы капельного орошения плодовых культур и винограда, рекомендуемая для равнинных земель. По этой схеме главный распределитель трассируется по наибольшему уклону, участковый трубопровод – по направлению горизонталей, поливной трубопровод с капельницами – по направлению наибольшего уклона.

При значительных уклонах орошаемой площади в распределительных и поливных трубопроводах возникают большие статические напоры, пропорциональные их длине. Для регулирования напора на распределительных трубопроводах устраивают запорные устройства. Поливные трубопроводы принимают короткими, длиной 100–150 м. Для обеспечения расчетных напоров на всех точках системы производится дополнительная подкачка.

Для горных условий И.А.Матсон (1981), с целью равномерной подачи воды рекомендует использовать саморегулирующие капельницы, которые имеют сложную конструкцию.

J. Oertelcher, G.A Jobling (1980) предлагают капельное орошение применять там, где стоимость воды высокая, на землях с большими уклонами и волнистым рельефом, при недостатке рабочей силы, а также при допустимом для использования качестве оросительной воды.

П.И.Коваленко (1983) приводит данные о том, что во Франции разработана и выпускается система локализованного орошения и орошения по бороздам "Бас-Рю". В стенке полиэтиленового трубо-

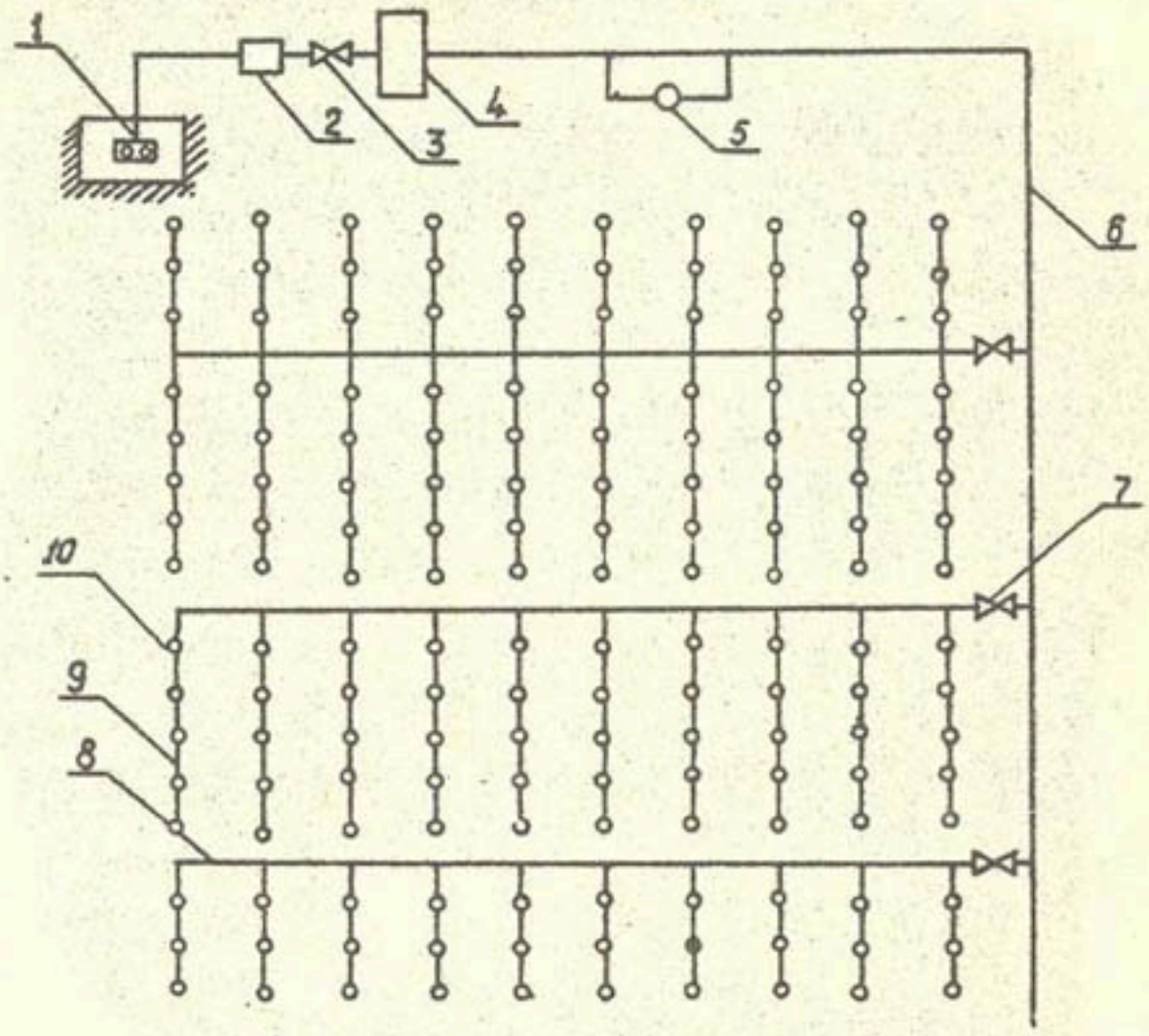


Рис.4.I Принципиальная схема капельного орошения, I - водозаборный узел; 2 - напорообразующий узел; 3 - головная задвижка; 4 - фильтр; 5 - устройство для приготовления и подачи в трубопроводную сеть удобрений; 6 - магистральный трубопровод (МТ); 7 - запорное устройство для (РТ);8 - распределительный трубопровод (РТ); 9 - поливные трубопроводы (ПТ); I0 - капельницы.

провода диаметром 25 мм вмонтированы вкладыши с отверстиями d_0 = I,6–2,I мм, закрытые муфтами, которые отражают и дробят струю воды. Расход воды, выходящей из каждого отверстия, составляет 65 л/ч, длина отрезка, где впитывается вода – 3,5–-7,0 м, рабочий напор не превышает I0–I5 м.

Для склоновых земель предложена специальная капельная система "горная"(Г.Ян, I982), которая также имеет сложную конструкцию и требует тонкой очистки воды.

При существующих схемах оросительной сети, с целью улучшения равномерности расхода воды капельницами на склоновых землях, рекомендуется редки растений, а следовательно, и полизные трубопроводы, располагать по направлению, близкому к горизонталям.

В таблице 4.I. приведены напорно–расходные характеристики капельниц, рекомендованных производству. Они работают при давлении от 20 до I000 кПа. Эти капельницы рассчитаны на пропуск

Таблица 4.I

Технические характеристики капельниц, рекомендованных к внедрению в производство

Капельницы	Принцип действия	Расход, л/ч	Диапазон давлений, кПа	Допустимая крупность твердых частиц в воде, мм
Молдавия–I[a]	непрерывный	4,8	I00–200	до 0,2
Горная	непрерывный	2,0	30–I000	до I,5
К–383	непрерывный	4,5–6,5	20–600	–
Таврия–I	непрерывный	6–I0	40–80	до 0,I
Ку–I	непрерывный	3–5	50–600	–
Водполимер–3	непрерывный	5	I00–300	–
Узгипроводхоз	непрерывный	6–I0	20–270	до 0,8
Коломна–I	циклический (импульсный)	0,5–5	I50–300	до I,0

воды с размерами взвешенных частиц до 0,1-1,0 мм. Следовательно, капельные отверстия имеют диаметр в рабочем режиме менее 1,0 мм и требуют тонкой очистки воды.

В.Х.Арст (1981) приводит данные, свидетельствующие о том, что для предотвращения механической закупорки капельниц, диаметр минимального поперечного сечения водопроходных путей должен в три раза превышать диаметр самых крупных взвешенных частиц. На склоновых землях из-за большого уклона по длине поливного трубопровода возникает разное по величине давление, которое приводит к неравномерности расхода воды капельниц на разных участках трубопровода.

При существующей технологии строительства распределительные трубопроводы укладывают на глубине 0,7-1,0 м. Поливные трубопроводы с капельницами могут быть уложены на глубину 0,5-0,6 м, на поверхности почвы или же привязаны к нижней проволоке шпалер виноградников.

При укладке их под почвой потребуется для каждой капельницы вывести на поверхность отводные питатели, что увеличивает стоимость системы. В варианте укладки поливных трубопроводов на поверхности и привязки к проволоке возможны повреждения их механизмами. Значительное влияние на трубопроводы оказывают температурные условия.

Ответственные элементы капельной системы - отстойники и фильтры. Для очистки оросительной воды от крупных наносов, песка и других плотных частиц минерального происхождения, применяют сепараторы и гидроциклоны. Взвешенные наносы улавливают песчаными и сетчатыми фильтрами. Недостатки их - быстрое засорение и соответственно возрастание потерь напора, а также потребность в дополнительной электроэнергии для подкачки.

Таким образом, основная проблема капельного орошения - это подверженность засорению каналов капельниц, имеющих небольшие водовыпускные отверстия. Поэтому в настоящее время часто проектируются системы, работающие при напоре более 10 м и как минимум - 4 м.

Но наиболее существенным недостатком систем капельного орошения считается значительная неравномерность расхода воды капельницами.

Поэтому для улучшения эксплуатационной надежности и снижения затрат перспективны низконапорные капельные системы с большими диаметрами отверстий капельниц.

Проведенные исследования по капельному орошению в разных районах СССР показали, что оно способствует повышению урожайности при уменьшении расхода поливной воды в 3-5 раз по сравнению с другими способами полива. Но несмотря на это, по результатам многолетних производственных исследований выявлен ряд существенных недостатков: высокая первоначальная стоимость, возможность закупорки капельных водовыпусков, большая протяженность трубопроводной сети и количество капельниц. Принимая во внимание эти недостатки, решением координационного совещания (17-20 июля 1986 г. в г.Киеве) на 1986-90 гг. предусмотрена разработка новых конструкций системы капельного орошения, отвечающих следующим требованиям: способность работать при концентрации взвешанных частиц не менее 100 мкм, при степени очистки не менее 60 %, с коэффициентом надежности технологического процесса не менее 0,90.

Основным условием капельного орошения является равномерная подача воды каждому растению, независимо от его местоположения.

В существующих капельных системах это условие осуществляет-

ся созданием оптимальных напоров и гашением их сложными конструкциями капельниц.

В предлагаемых нами капельных системах выравнивание напоров в распределительной и поливной сети производится вертикальными изгибами в местах раздачи. Капельницы представляют собой цилиндрические насадки или небольшие ёмкости, (рис. 4.2.).

В частности, в системе "Таджикистан-I" распределительная и поливная сеть, а также капельницы работают при напорах воды, в десятки раз меньших, чем в традиционных.

В ней по длине поливных трубопроводов, благодаря вертикальным изгибам, независимо от уклона возникают напоры, с учетом способа укладки, равные 0,08-0,70 метров. Поэтому через капельницы с фиксированным отверстием (диаметром I,0-I,5 мм) равномерно идет подача воды на каждое растение. В варианте работы с импульсными капельницами диаметр их отверстий можно увеличить до 2,5...4,0 мм, что исключает необходимость тонкой очистки воды.

4.2. Низконапорные капельные системы нового типа

4.2.I. Описание конструкции элементов и установление основных параметров

В низконапорной капельной системе (рис.4.2а)из открытого канала через водовыпуск - автомат сифонного типа вода подается в вертикальный отстойник-автомат, из которого через соросбирающую конусную сетку поступает в распределительный трубопровод. Последний в местах подключения участковых трубопроводов выполнен в виде П-образного изгиба, выступающего над землей на 0,4-

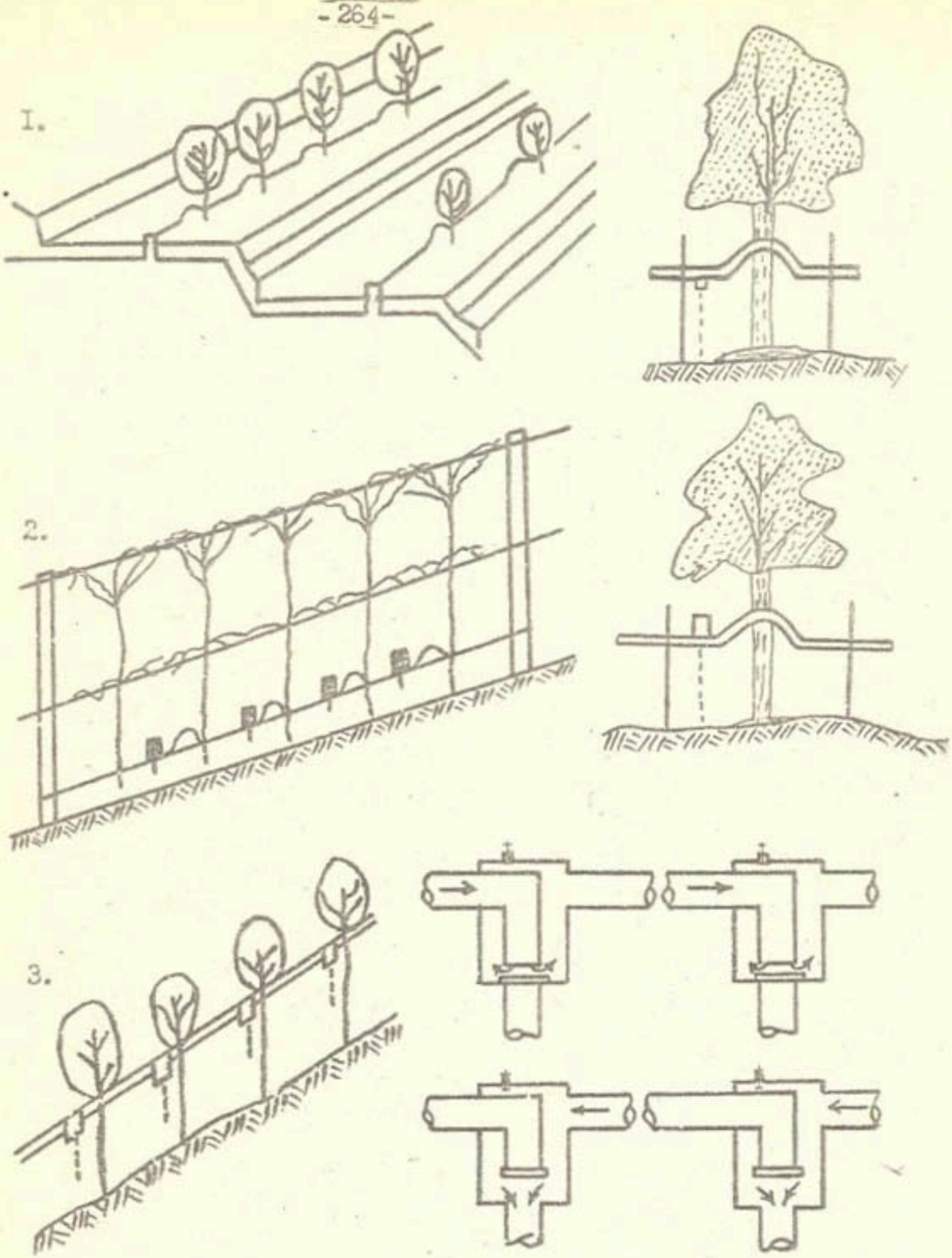


Рис. 4.2 Низконапорные капельные системы: I - Таджикистан-I (непрерывная); 2 - Таджикистан-Iм (импульсная); 3 - Таджикистан-2 (импульсная).

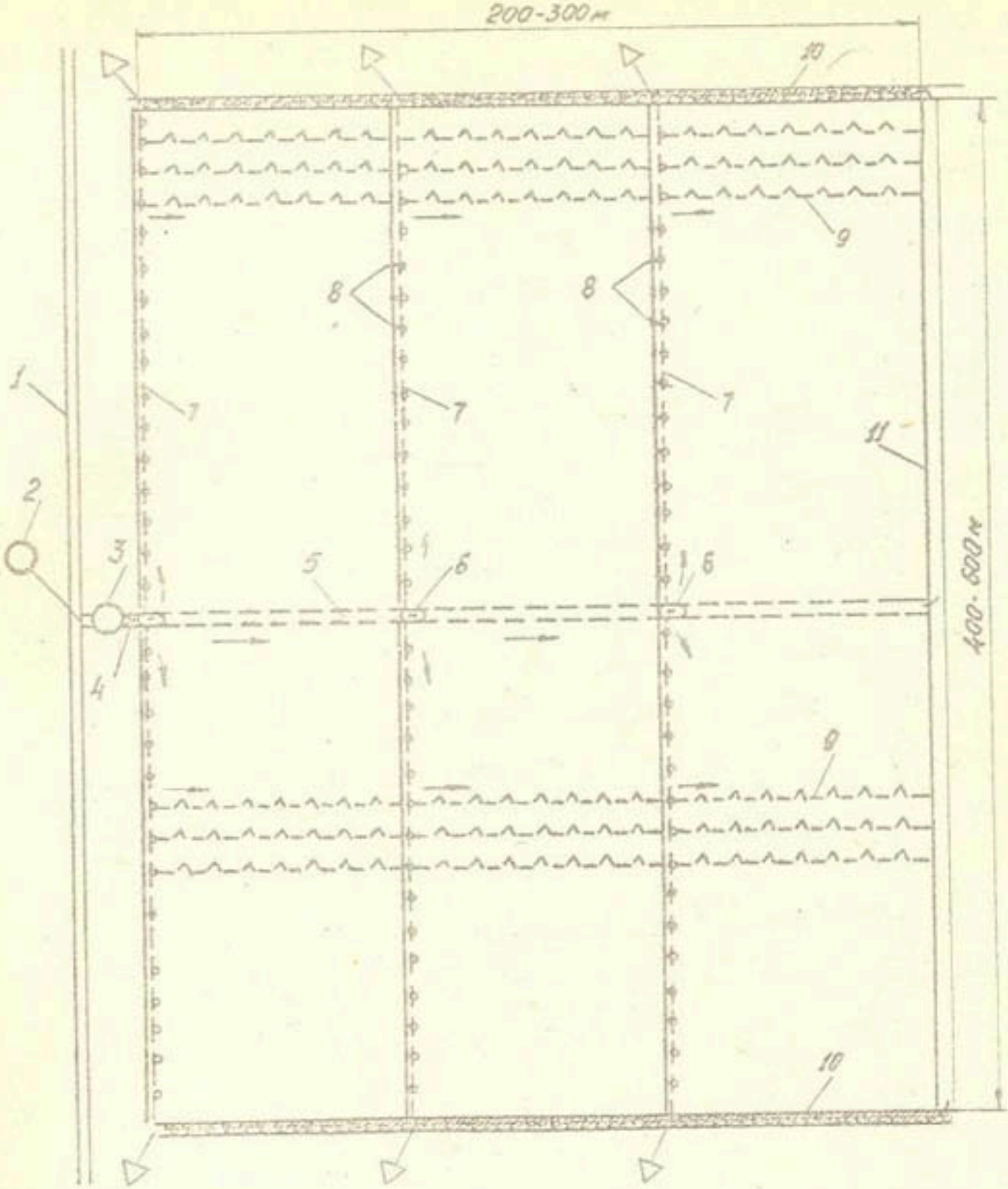


Рис. 4.2. Схема низконапорной капельной системы Таджикистан - I:
I - канал; водовыпуск - автомат; 3 - отстойник; соросбирающая сетка, 5 - распределительный трубопровод; 6 - Л - образный гидрант; 7 - участковый трубопровод; 8 - выводные или двухкамерные патрубки, 9 - поливной трубопровод, I0 - водосборно-сбросные канавки с гравийной засыпкой, II - сбросной канал.

0,5 м. К П-образным участкам подключается участковый трубопровод, на котором в створе рядков растений устанавливаются выводные патрубки постоянного уровня, снабженные в напорной секции регулятором расхода воды для раздачи на поливной трубопровод. Поливной трубопровод в местах прикрепления капельниц (а/с 854327) имеет Λ -образные или другие формы изгибы, высотой 0,08-0,70 м. На восходящей ветви изгиба устанавливают одну или несколько капельниц.

С целью автоматического сброса излишней воды и исключения образования больших статических напоров, конец поливного трубопровода верхних ярусов соединяется с нижерасположенными ярусами, а на последнем ярусе их концы открыты и сообщаются с водосборно-сбросным каналом. Для сбора промывных вод имеется канавка с гравийной засыпкой. Таким образом, по всей длине распределительной сети, независимо от уклона трассы, напоры не превышают 1,0-2,0 м, а на участковом и поливном трубопроводах 0,08-0,7 м. При этих напорах и расходах воды 2-5 л/ч размеры отверстий капельниц непрерывного действия будут 1,0-1,5 мм, что позволяет использовать поливную воду с мутностью до 2,0 г/л. Используя импульсную капельницу, можно увеличить диаметр капельного отверстия до 4 мм, что позволяет еще более снизить степень очистки воды.

Предлагаемая капельная система эффективно работает на землях с уклонами 0,01-0,20.

Ниже дается описание и порядок гидравлического расчета элементов капельной системы "Таджикистан-I" и "Таджикистан-Iм".

Водовыпуск-автомат включает раму из труб и верхнюю П-образную часть, которые соединены между собой сильфоном, снабженным поплавком и вантузом, и связаны тросом с барабаном через

блок и кронштейн (рис.4.3).

Для пуска воды в трубопровод, в зависимости от ее расхода, потребного для одного блока капельной системы, регулируется положение поплавка. Вращением барабана ослабляется трос. Благодаря упругости гофрированной трубки, под действием собственного веса П-образный участок погружается, и вода поступает в отводящий трубопровод. Поскольку П-образная часть водовыпуска снабжена поплавком, изменение горизонта не влияет на величину забираемого расхода водовыпуска.

Для прекращения подачи воды трос наматывается обратно, и верхняя часть водовыпуска поднимается выше горизонта воды. Пропускная способность водовыпуска вычисляется по известной формуле:

$$Q = \omega \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h}{\zeta_в}}, \qquad (4.I)$$

где ω – площадь поперечного сечения трубы, м^2;

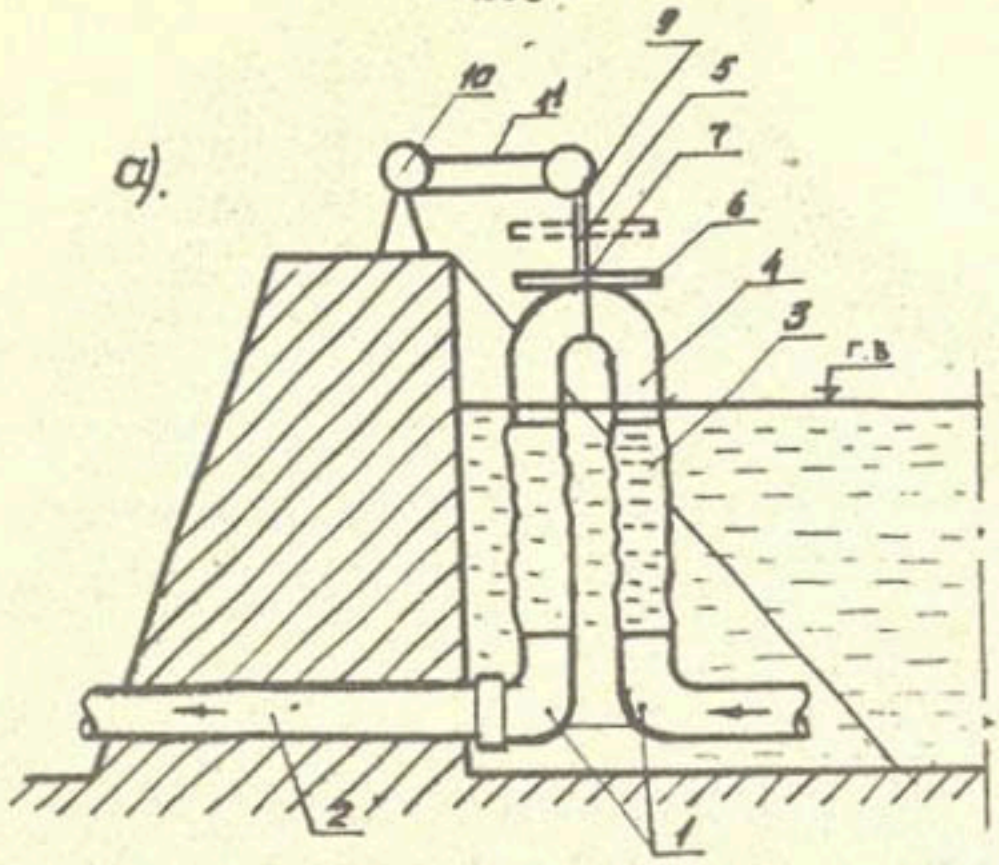
Δh – напор над осью верхней части водовыпуска, м;

$\zeta_в$ – коэффициент местного сопротивления водовыпуска, равный по опытным данным 3,0.

В низконапорной капельной системе можно использовать и другие типы водовыпусков-автоматов.

Отстойник-автомат (рис.4.4) представляет собой корпус с патрубками подвода, отвода очищаемой и очищенной воды и приспособление для вывода осадка, корпус отстойника устанавливается на опорной раме посредством пружины; патрубки подвода и отвода очищаемой и очищенной воды соединены с корпусом шарнирно. При этом опорная рама снабжена фиксатором, размещенным под штоком (а/с 899071).

По мере отложения наносов вес отстойника увеличивается,



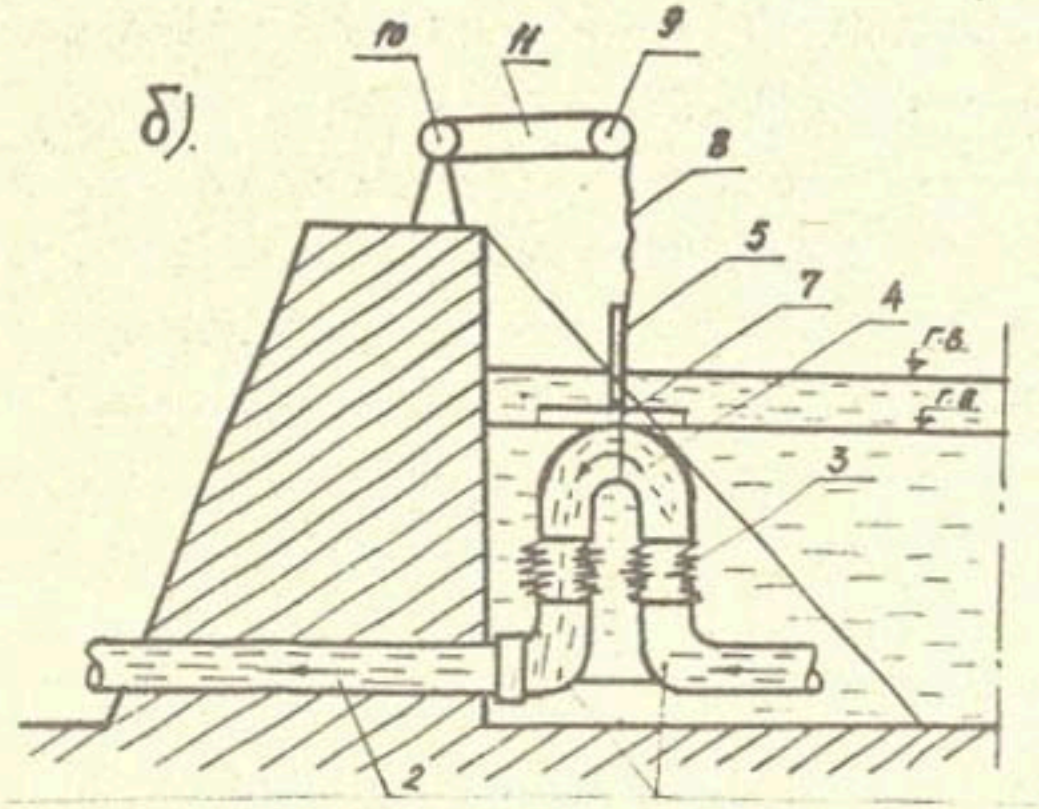


Рис. 4.3. Водовыпуск-автомат: I - подводящий трубопровод; 2 - отводящий трубопровод; 3 - сильфон; 4 - верхняя П-образная часть; 5 - вантуз; 6 - поплавок; 7 - прижимное кольцо; 8 - трос; 9 - блок; 10 - барабан; II - кронштейн.

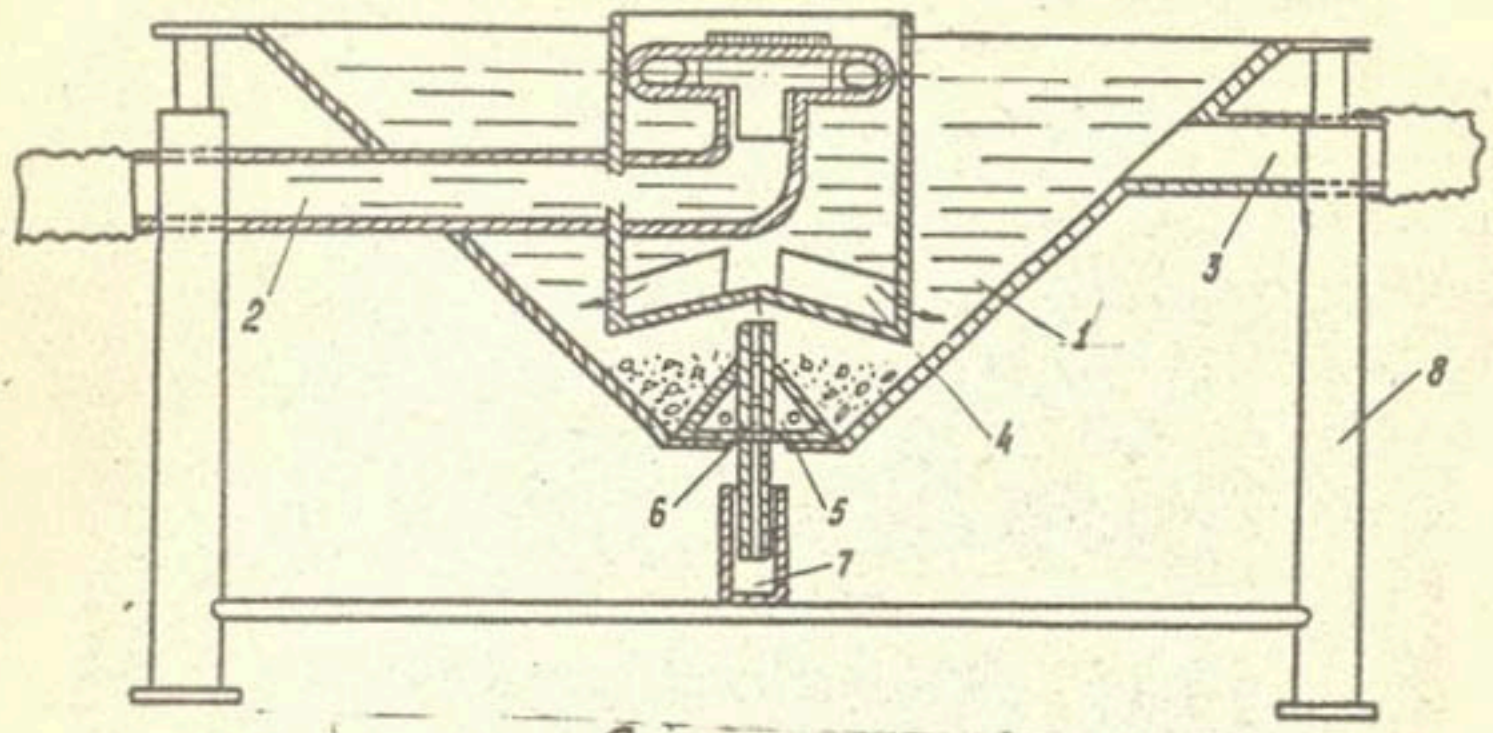


Рис. 4.4. Отстойники-автоматы:
а - весовой; I - корпус; 2 подводящий патрубок;
3 - отводящий патрубок; 4 - гаситель; 5 - клапан;
6 - шток; 7 - фиксатор; 8 - опорная часть.
б - сифонный: I - корпус; 2 - подводящий патрубок;
3 - отводящий патрубок; 4 - сифон; 5 - восходящая ветвь сифона; 6 - ограничитель; 7 - гофрированный кожух; 8 - поплавок; 9 - разрядные отверстия;
I0 - стакан; II - капор.

что ведет к постепенному сжатию опорных пружин. Они сжимаются до тех пор, пока нижний конец штока не коснется фиксатора, выполненного в виде стакана. В этот момент клапан открывается и наносы удаляются водой, после чего масса отстойника снижается и пружины возвращают его в исходное положение.

Параметры вертикального отстойника рассчитывают по методике, предложенной А.М.Кургановым, Н.Ф.Федоровым (1973).

Поперечное сечение вертикального отстойника состоит из зоны осаждения и камеры хлопьеобразования. Площадь зоны осаждения F определяют по формуле:

$$F = \beta \cdot \frac{Q}{U_0} , \qquad (4.2)$$

где F - площадь поперечного сечения отстойника, $м^2$;

Q - расчетный расход, $м^3/с$;

U_0 - скорость выпадения взвеси, задерживаемой отстойником, м/с;

β - коэффициент объемного использования отстойника, принимаемый в пределах I,3-I,5.

Отношение диаметра отстойника (D) к высоте его зоны осаждения (H) принимают не более I,5.

Размеры частиц наносов, поступающие из источников орошения в оросительные каналы, обычно не превышают 0,5-I,0 мм. Илистые наносы транспортируются потоком и могут выходить через капельницы на поле. Учитывая это, нами рассчитаны параметры вертикального отстойника для осаждения наносов различной гидравлической крупности с использованием зависимости (4.2) (табл.4.2).

Расчеты показывают, что при расходах воды 6-20 л/с для осаждения песчаных наносов размерами 0,05-I,0 мм диаметр отстойников не превышает 2,2-0,6 м. Таким образом, общая высота

Таблица 4.2

Основные параметры вертикального отстойника при различных значениях расходов и гидравлической крупности наносов

Расходы, л/с	Диаметр частиц (мм) и гидравлическая крупность наносов, мм/с			
	0,05/1,78	0,10/6,9	0,5/57,0	1,0/94,4
Площади зоны осаждения, $м^2$				
Q_1 = 6/л/с	4,32	1,5	0,17	0,09
Q_2 = 10 л/с	7,2	1,9	0,24	0,14
Q_3 = 15 л/с	11,1	2,8	0,36	0,21
Q_4 = 20 л/с	14,0	3,8	0,48	0,28
Диаметр, м				
Q_1 = 6 л/с	2,32	1,37	0,46	0,33
Q_2 = 10 л/с	3,0	1,55	0,55	0,42
Q_3 = 15 л/с	3,77	1,88	0,67	0,52
Q_4 = 20 л/с	4,2	2,2	0,78	0,60
Высота осаждающей части, м				
Q_1 = 6 л/с	1,5	0,90	0,3	0,25
Q_2 = 10 л/с	2,0	1,1	0,5	0,40
Q_3 = 15 л/с	2,5	1,3	0,7	0,50
Q_4 = 20 л/с	2,8	1,9	0,8	0,60

вертикального отстойника составляет I,5-2,5 м. Масса отстойника с учетом массы воды и осажденных наносов при расходе I5 л/с не превышает I т.

. Для улучшения эксплуатационных показателей и снижения расхода воды на промывку, разработан также сифонный отстойник (а/с № II37I46, Н.К.Нурматов, Т.Сайфуллаев) (см. рис.4.4). В табл.4.3 дается его техническая характеристика.

Таблица 4.3

Техническая характеристика вертикального отстойника

Тип	Вертикальный, сифонный
Габаритные размеры, мм	
нижней части	300 x 300
верхней части	2500 x 2500
высота	2000
Размеры окошка распределительной стенки, мм	200 x 80
Толщина стенки, мм	2
Диаметр сифона, мм	69
Длина сифона, мм	4500
Коэффициент расхода сифона (μ)	0,53
Производительность, л/с	до 6
Продолжительность промывки, мин	I,8...2,3
Количество разрядного отверстия, шт	3
Размеры разрядного устройства, мм	30 x 30
Диаметр входного и выходного патрубков, мм	II0
Места установки разрядного устройства	На расстояние 0,2 м от верха корпуса
Диаметр сифона, мм	84
Объем поплавка, $м^3$	0,0255
Масса отстойника, кг	
без воды	3I5
с водой	6500

Сорособирающая сетка представляет собой конусную сетчатую емкость с диаметром основания, равным диаметру патрубка; длина ее 0,5–1,0 м. Диаметр перфорации принимается в пределах 0,5–1,0 мм. Расчетная длина засорения равна 50 % общей длины. После засорения сетка заменяется новой, а засоренная очищается и подготавливается для очередной смены. Наблюдения, проведенные за работой сорособирающей сетки на оросительной системе Гиссарской долины Таджикской ССР, показали, что расчетный объем ее, в зависимости от засоренности воды, заполняется за 8–24 ч.

Сорособирающая сетка, находясь внутри трубопровода, вызывает местные потери напора воды и оказывает дополнительное сопротивление. Поэтому потери напора в ней складываются из местных потерь на незаполненной части сетки и на преодоление заполненного участка. Методика гидравлического расчета была изложена в гл.3.

Распределительный трубопровод выполняется из асбестоцементных или полиэтиленовых труб. В местах подключения участкового трубопровода имеются П-образные изгибы, оборудованные запорными устройствами. Высота П-образного участка над землей принимается в пределах 0,5–0,6 м. Конец трубопровода открыт и сообщается со сбросной канавкой с гравийной засыпкой. Диаметры труб подбирают по общепринятой методике с учетом местных потерь напора на П-образном участке (см. гл.3).

Участковый трубопровод укладывается по расчетному уклону и в местах подключения поливного трубопровода имеет двухкамерные стояки. Вода из распределительного трубопровода поступает в участковый и последовательно заполняет секцию А двухкамерного стояка. Успокаиваясь, она образует потребный напор для работы поливного трубопровода и через порог распределительной стенки

сливается в секцию Б, а затем стекает в последующие участки трубопровода. В нижней части перегородки имеется отверстие для сброса воды (рис.4.5).

Участковый трубопровод работает при укладке с положительным уклоном. Он предназначен для подачи воды в поливной трубопровод с капельницами. Расчет его ведется по общепринятой формуле равномерного движения, но с учетом местных потерь напора на стояке.

Пропускная способность трубопровода определяется по формуле:

$$Q \cdot \omega \cdot v, \qquad (4.3)$$

где ω - площадь поперечного сечения трубы, м/с;

v - скорость воды в трубопроводе, м/с.

Скорость движения воды в трубопроводе выражается формулой:

$$v \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta l \cdot i_{тр}}{\zeta_g}} \qquad (4.4)$$

где Δl - расстояние между водовыпусками, м;

$i_{тр}$ - уклон трассы;

ζ_g - коэффициент местных сопротивлений в двухкамерном стояке, установленный нами опытным путем (табл.4.4)

Таблица 4.4

Зависимость коэффициента местного сопротивления от диаметра двухкамерного стояка

Диаметр, мм	32	40	50	65	80	I00	II9	I4I	I89	235	279	368
Коэффициент ζ_g	5,3	4,7	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5	3,2	3,I	3,0

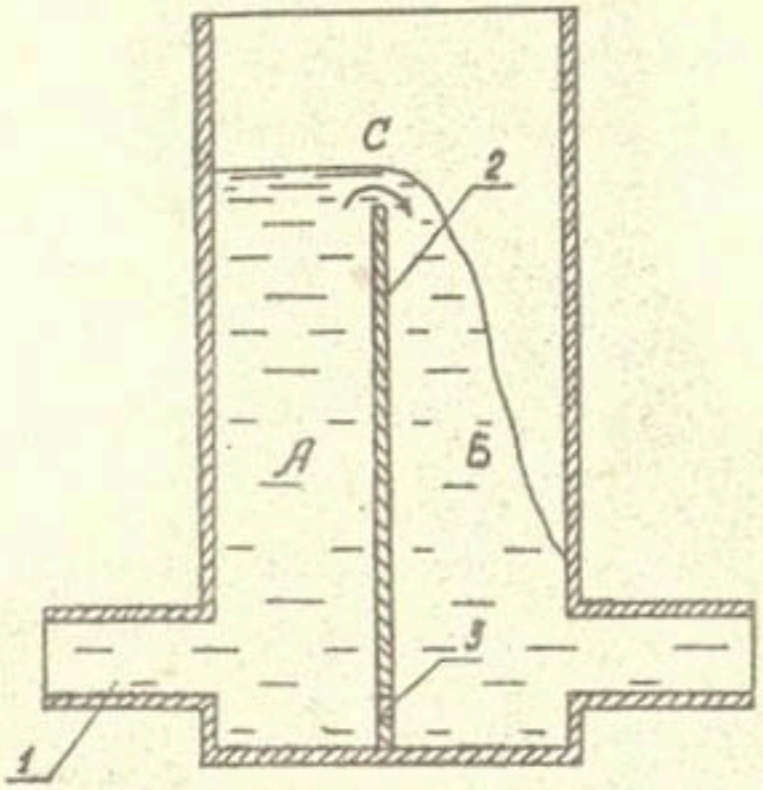


Рис. 4.5. А - напорная; Б - безнапорная камера; I - участковый трубопровод; 2 - сливная стенка; 3 - промывное отверстие.

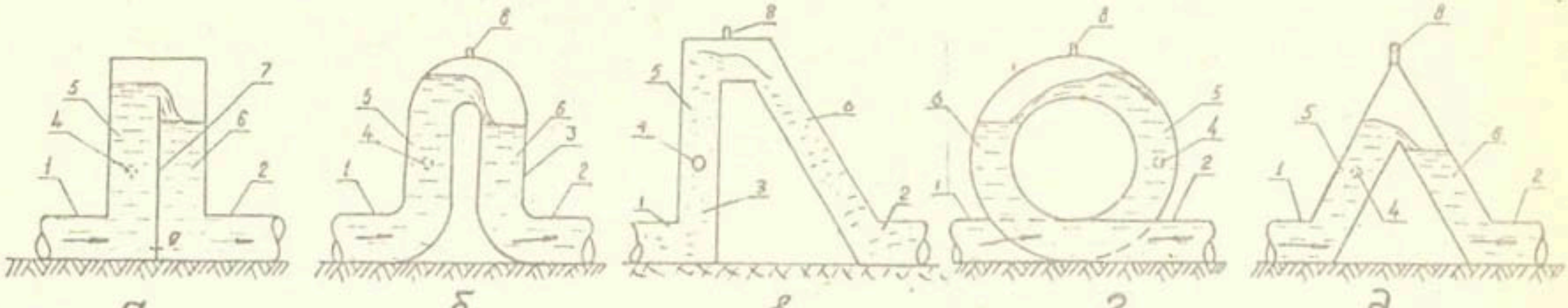


Рис. 4.6. Виды вертикальных изгибов: а)- двухкамерный; б) б-образный; в) Г-образный; г)- кольцеобразный; д) Л-образный;
I и 2 - подводящая и отводящая части; 3 - прямой участок; 4 - капельница; 5 - напорная камера; 6 - безнапорная камера; 7 - перегородка; 8 - вантуз; 9 - промывочное отверстие.

Поливной трубопровод укладывается вдоль рядка растений. С целью равномерного распределения воды в капельницы, у ствола каждого дерева он имеет вертикальные изгибы различных очертаний (рис.4.6), снабженные воздушной трубкой для впуска и выпуска воздуха. На восходящей их ветви прикрепляется капельница (рис.4.7 и 4.8).

Для оценки характеристик вертикальных изгибов разных конфигураций была вычислена сумма условных баллов (табл.4.5). При этом учитывались гидравлические показатели, материалоемкость, трудоемкость изготовления и монтажа. По сумме баллов наименьшее значение - 8,9 приходится на кольцеобразный и наибольшие - I4,9, на двухкамерный стояк-водовыпуск. По расходу материала самый невыгодный-кольцеобразный, но он имеет лучшие гидравлические показатели и наименьшую трудоемкость при монтаже.

Наиболее практична из условий изготовления и монтажа Л-образная конструкция вертикального изгиба.

Исходя из гидравлических условий и удобства монтажа, целесообразно применить кольцеобразный вертикальный изгиб (рис. 4.6г).

Гидравлический расчет поливного трубопровода производится как и участкового, принимая во внимание потери напора на вертикальном изгибе, который может иметь различную конфигурацию. Поэтому значение коэффициента гидравлического сопротивления устанавливалось нами экспериментальным путем (табл.4.6).

Например, коэффициент местного сопротивления кольцеобразного изгиба определяется эмпирической зависимостью вида

$$\zeta_к = 0.115 \cdot D_к \quad , \qquad (4.5)$$

где $D_к$ - диаметр кольца, см.

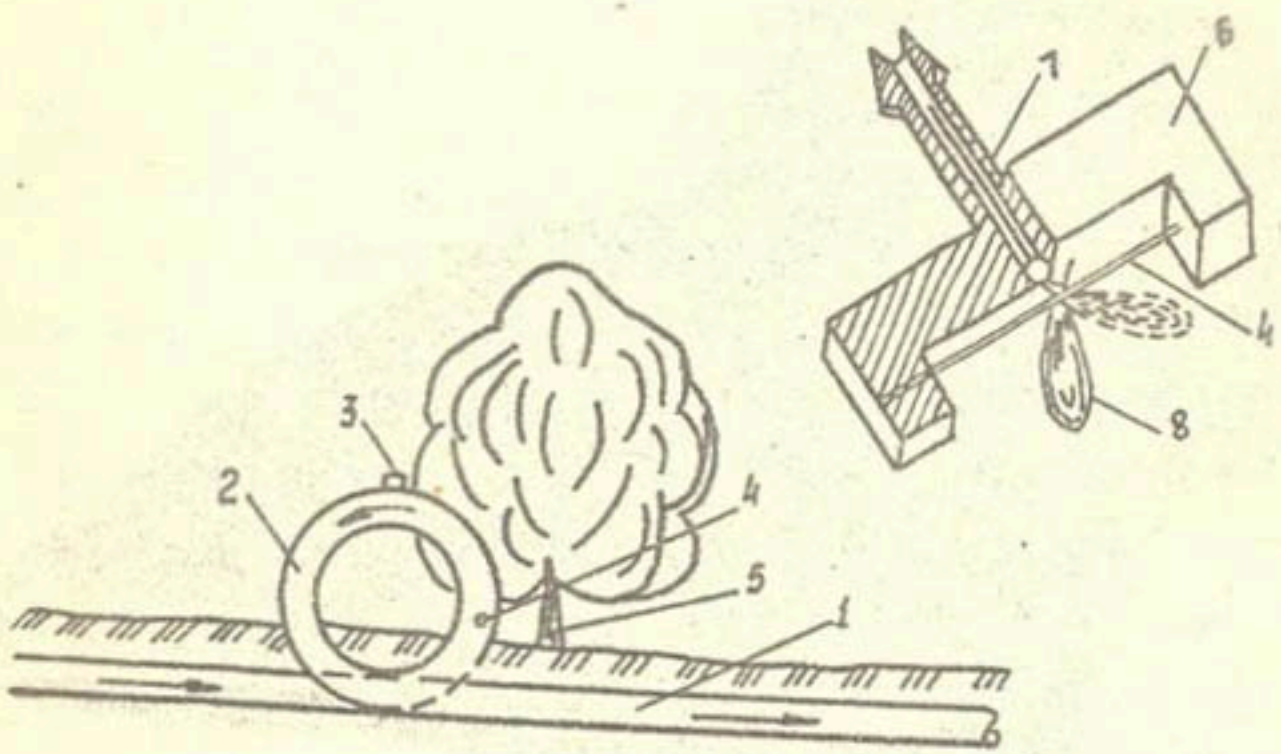


Рис. 4.7 Капельница с фиксированным отверстием: I - поливной трубопровод; 2 - кольцеобразный изгиб; 3 - вантуз; 4 - капельница; 5 - растение, 6 - корпус, 7 - шток; 8 - щётка.

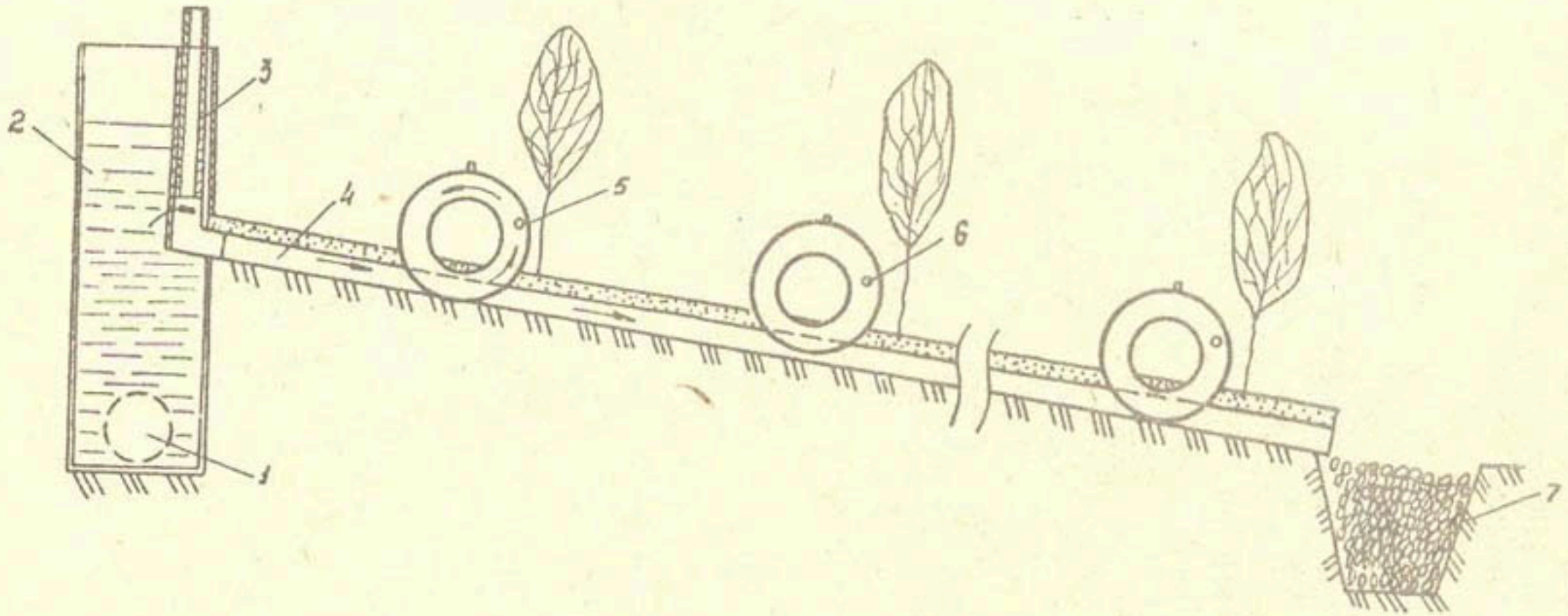


Рис. 4.8. Поливной трубопровод с кольцеобразными вертикальными изгибами. I - участковый трубопровод; 2 - двухкамерный стояк; 3 - цилиндрический затвор; 4 - поливной трубопровод, 5- кольцеобразный участок; 6 - капельница; 7 - водосборно-сбросная канавка.

Таблица 4.5

Оценка гидравлических и технологических характеристик вертикальных изгибов различных видов (по условным баллам)

Виды вертикальных изгибов	Коэффициент местных сопротивлений	Расход труб, м на I участок	Коэффициент материалоемкости	Трудоемкость, условные единицы		Сумма баллов
				изготовление	монтаж	
П-образный	3,50	0,90	I,80	4,0	2	I2,2
Кольцеобразный	2,50	I,I3	2,27	I,5	2	8,8
Л-образный	3,I6	0,68	I,36	3,0	2	I0,4
Г-образный	3,I6	0,78	I,56	3,0	2	I0,5
Двухкамерный	5,00	0,95	I,95	5,0	2	I4,9
Прямолинейный	0,30	0,50	I,00	I,0	2	4,8

Таблица 4.6

Исходные данные для расчета

Диаметр D, м	0,0I	0,0I5	0,020	0,025	0,032
Коэффициент местного сопротивления $\zeta_к$	3,5	3,0	2,8	2,5	2,3
Коэффициент гидравлического сопротивления λ	0,03	0,029	0,028	0,027	0,026

В табл.4.7 приведены значения поправочного коэффициента при различных расстояниях между кольцеобразными изгибами.

Таблица 4.7

Значение поправочного коэффициента K_r для определения пропускной способности с учетом расстояний между кольцеобразными изгибами

Диаметры труб, мм	Расстояние между точками раздачи, м									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I0	I,0	I,08	I,I6	I,22	I,29	I,3I	I,33	I,35	I,37	I,39
I5	I,0	I,09	I,I9	I,29	I,39	I,42	I,42	I,44	I,46	I,48
20	I,0	I,I2	I,24	I,36	I,45	I,45	I,42	I,5I	I,59	I,59
25	I,0	I,I3	I,26	I,39	I,I5	I,53	I,56	I,59	I,62	I,65
32	I,0	I,I4	I,28	I,42	I,56	I,59	I,62	I,65	I,69	I,73

Поливной трубопровод предназначен для раздачи воды на каждую капельницу. При расчете поливного трубопровода необходимо различать два режима работы (см.гл.3).

I. "Зарядочный", наблюдаемый при пропуске минимальных расходов воды, необходимых для заполнения трубопровода в начале полива. Значение зарядочных расходов, при угле поворота Л-образного изгиба 60°, полученное совместно с Т.Сайфуллаевым в полевых условиях для диаметров труб I6, 2I, 28, соответственно составляет 0,03, 0,06, 0,II л/с.

Увеличивая угол поворота Л-образного изгиба до I20°, можно почти в два раза увеличить пропускную способность поливного трубопровода. На рис.4.9 даны зарядочные расходы для различных диаметров трубопровода, при углах поворота изгиба 60° и I20°.

2. Второй режим, рабочий, когда линия пьезометрического

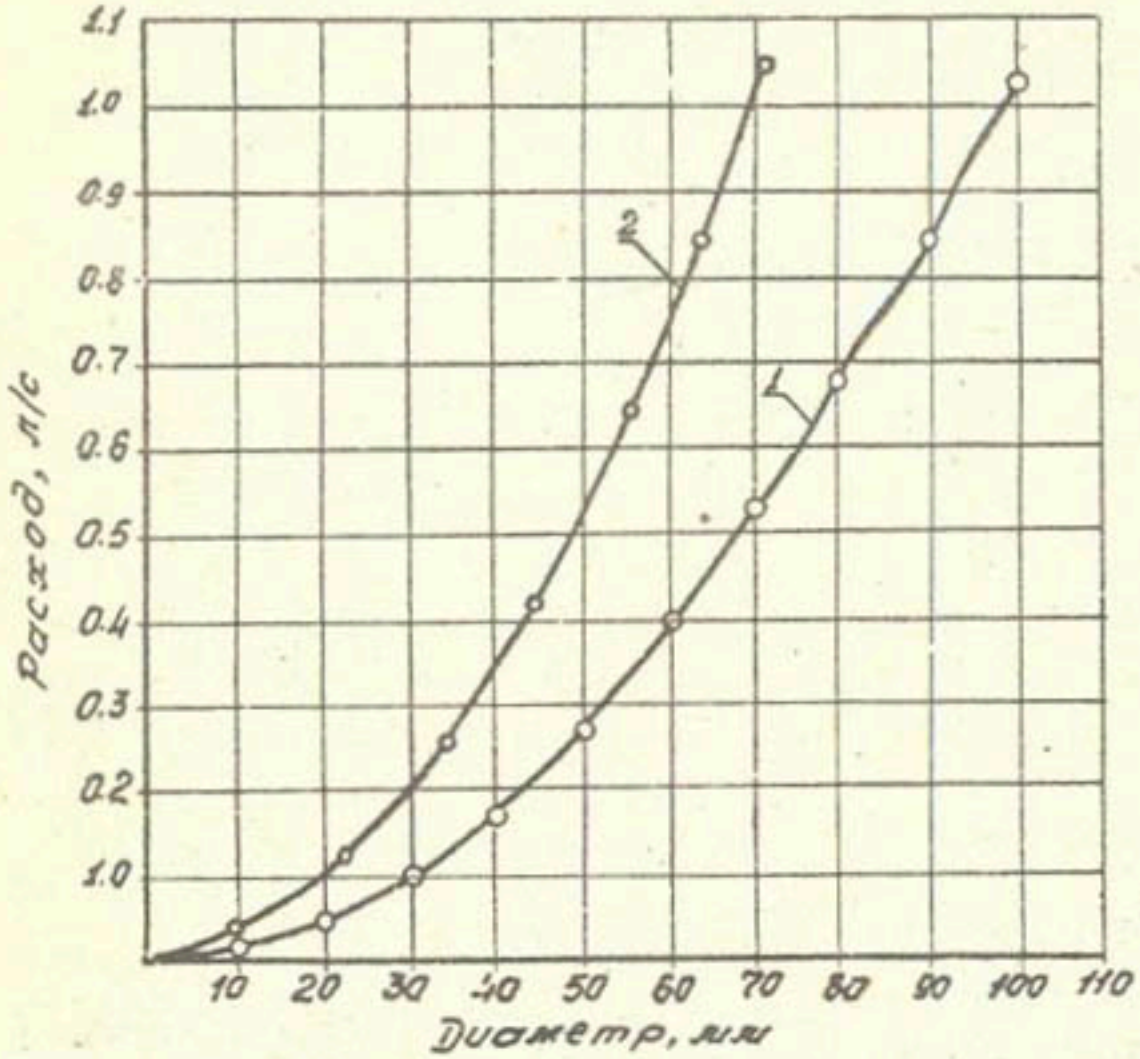


Рис. 4.9. Зависимость заправочных расходов воды от диаметра труб, при I $\alpha = 60^{\circ}$; 2 - $\alpha = 120^{\circ}$.

напора пересекает нисходящую ветвь вышерасположенного Л-образного изгиба. При этом высота изгиба должна быть больше произведения уклона трубопровода на расстояние между изгибами ($h_п > il$). При этом режиме, в начале подаются зарядочные расходы воды (соответственно принятому диаметру трубопровода). После пропуска зарядочного расхода, когда удален воздух, подается расчетный рабочий расход, определяемый по формуле

$$Q_п = \frac{L \cdot q'_к}{l \cdot 3600} \quad , \ л/с \qquad (4.6)$$

где L - длина поливного трубопровода, м;

l - расстояние между капельницами, м;

$q'_к$ - расход капельницы, л/ч.

Расчетный расход воды, определенный по формуле (4.6) должен быть не больше допустимого максимального из условия равномерности расхода капельниц по длине поливного трубопровода.

Значения $Q_{доп}$, в зависимости от диаметра отверстия капельницы и внутренних диаметров трубопровода, приведены в табл.4.8.

Таблица 4.8

Пропускная способность полиэтиленовых трубок разных диаметров в зависимость от угла поворота вертикального изгиба (данные Сайфуллаева Т.Х. и Икромова И.И.)

Внутренний диаметр тр-да, мм	Угол поворота вертикального изгиба, α					Вертикальный изгиб с полкой $\alpha = 120^0$
	60^0	80^0	100^0	120^0	140^0	
	расход , л/с					
16	0,03	0,04	0,05	0,08	0,08	0,154
20	0,05	0,06	0,085	0,135	0,135	0,316
28	0,10	0,110	0,155	0,240	0,240	0,480

Если расчетный диаметр превышает минимально рекомендуемый (16 мм), то поливной трубопровод проектируется телескопическим, состоящим из двух или трех участков. Длину участков поливного телескопического трубопровода определяют по формуле В.А.Сурина (1976):

- для первого и последующих участков

$$l_n = \mathcal{L}\left(\frac{d_n^2}{d_к^2} - \frac{d_{n-1}^2}{d_1^2}\right), м \qquad (4.7)$$

- для концевого участка

$$l_к = \mathcal{L}\left(\frac{d_к^2}{d_1^2}\right), м \qquad (4.8)$$

где d_1, d_n, $d_к$ - соответственно диаметры труб на первом, n-ном и концевом участках;

$\mathcal{L}$ - общая длина поливного трубопровода, м;

l_n - длина рассматриваемого участка, м.

Капельница состоит из корпуса, штока, щетки (см.рис.4.7) и других элементов.

Каплеобразование происходит под действием напора воды, равного 0,08-0,12 м - расстоянию между осями капельницы и горизонтом воды в верхней части кольца или Л-образного изгиба.

Для нормального каплеобразования в водовыпускное отверстие капельницы вводится шток со щеткой. Под действием струи и силы ветра шток постоянно находится в состоянии качания. Это способствует самоочистке и увеличивает зону полива.

Низконапорную капельницу можно выполнить в виде насадки с диаметром отверстий 1-1,5 мм без щетки и штока. Она имеет длину 5-6 мм и представляет собой короткую трубку. Поэтому отверстие таких капельниц работает как при истечении в тонкой стенке и число Рейнольдса определяется по формуле:

$$R_e = \frac{\sqrt{2g \cdot H} \cdot d_0}{\nu}, \qquad (4.9)$$

где Re – число Рейнольдса;

H – действующий напор, м;

d_0 – диаметр отверстий, м;

ν – кинематическая вязкость жидкости, $м^2/с$.

При малых числах Рейнольдса все коэффициенты истечения зависят от них. Поэтому для определения коэффициента μ при $300 < Re < 10000$ пользуются формулой:

$$\mu = 0{,}592 + \frac{0{,}27}{Re^{1/6}}, \qquad (4.13)$$

Напорно-расходная характеристика этих капельниц (рис.4.10) свидетельствует о том, что из условия недопущения образования лужи расход воды 2-6 л/ч подается при диаметрах 1,0...1,5 мм и действующих напорах 0,04...0,20 м.

При сильноводопроницаемых почвах перспективными считаются импульсные капельницы. Однако такие, как "Коломна" (Руководство, 1981), требуют специальной импульсной установки, что осложняет технологический процесс.

В связи с этим, нами совместно с аспирантом Т.Сайфуллаевым предложена импульсная капельница "Таджикистан-1м", работающая за счет напоров, создаваемых вертикальными изгибами, устраиваемыми в местах прикрепления капельниц.

Капельница состоит (рис.4.11) из корпуса. Нижняя часть его с целью лучшей промывки, а верхняя - для мгновенной зарядки сифона выполнены в виде конуса. На верхней части корпуса имеется отверстие для отвода воздуха. Корпус соединен с поливным трубопроводом через наконечник.

Для периодической подачи воды на полив, корпус снабжен сифоном, а наконечник - самоочищающимся штоком с поплавком, ограничителем и направляющим элементом.

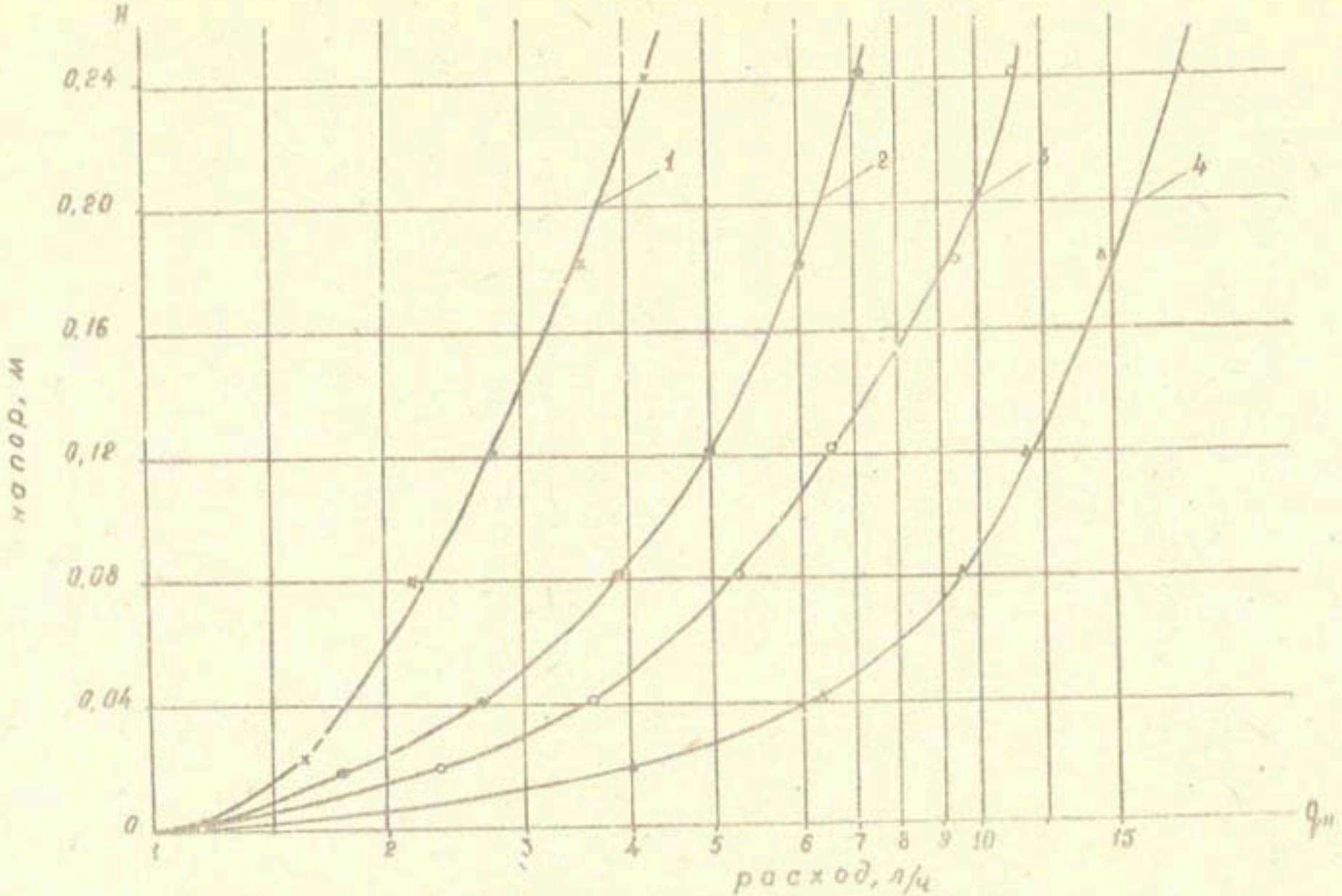


Рис. 4.IC. Напорно-расходная характеристика капельницы с фиксированным отверстием:

1-d_0=1мм; 2-d_0=1,3мм; 3-d_0=1,5мм; 4-d_0=2,0мм

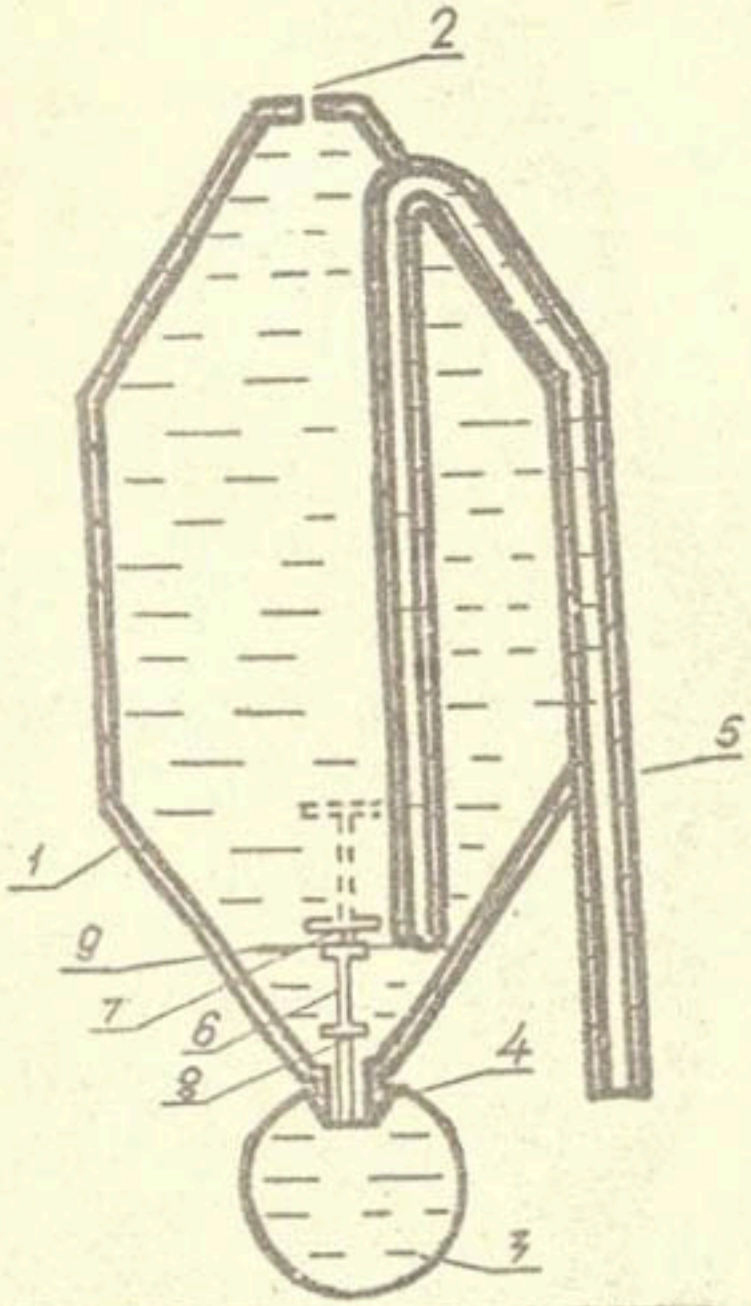


Рис. 4.II. Импульсная капельница " Таджикистан-Iм":
I - корпус; 2 - отверстие для отвода воздуха; 3 - поливной трубопровод; 4 - наконечник; 5 - сифон; 6 - шток; 7 - поплавок; 8 - ограничитель; 9 - направляющий элемент.

Имгульсная капельница работает следующим образом: из поливного трубопровода вода через наконэчник поступает в корпус. В этот момент поплавок со штоком находится в нерабочем положении. Поэтому в капельницу поступает небольшой расход воды. По мере заполнения корпуса, поплавок со штоком поднимается и открывает отверстие наконечника до тех пор, пока ограничитель не коснется направляющего элемента.

После наполнения всего объема капельницы заряжается сифон и начинается полив. По мере опорожнения, поплавок со штоком опускается в исходное положение и входное отверстие наконечника самоочищается. Перемещая поплавок по штоку, можно регулировать расход капельницы.

На основе расчетов и экспериментальных данных применительно к сильноводопроницаемым каменистым почвам получены следующие параметры импульсной капельницы: действующий напор - 0,08 м; диаметр наконечника 2,5 и сифона 6 мм, продолжительность цикла I2I, полива 23, паузы 98 с, расход воды 5,I8 л/ч; коэффициент равномерности расхода 0,90.

Для упрощения конструкции узлов, исключения водоочистных устройств, повышения качества полива и надежности системы капельного орошения, а также работы ее в автоматическом режиме, нами предложена капельная система имгульсного действия "Таджикистан-2" (заявка № 4243037, получено положительное решение на выдачу авторского свидетельства). Она выполнена из двух блоков (рис.4.I2), работающих попеременно в цикличном режиме (заполнение и выпуск) и имеет переключатель поливного тока, корпус которого между распределительными трубопроводами разделен перегородкой на две секции - А и Б. Переключение поливного тока воды с одной секции на другую осуществляется трубчатым коромыслом,

внутри которого для мгновенного и надежного переключения подаваемого расхода с одного блока в другой помещен шарик и вязкая жидкость. Для изменения положения коромысла концы его связаны с поплавками.

Для попеременного включения в работу блоков в нижней части распределительных трубопроводов имеется устройство обратного тока, которое для закрытия и открытия отводящих патрубков снабжено клинообразными запорами, связанными с трубчатым коромыслом и спаренными поплавками.

С целью полного вытеснения воздуха и использования обратного тока воды для равномерного распределения ее растениям, поливной трубопровод укладывается с положительным уклоном и заполнение его происходит снизу вверх. Раздача воды из поливных трубопроводов осуществляется капельницами, установленными через определенные расстояния, представляющими собой емкости с входным, выходным и выпускным патрубками, между которыми размещен клапан с двусторонним штоком, обеспечивающий попеременное их закрытие посредотвом прямого (при заполнении) и обратного (при опорожнении) тока воды.

В предлагаемой системе, по мере заполнения поливных трубопроводов по закону сообщающихся сосудов, происходит одновременное наполнение распределительного трубопровода. После полного наполнения блока А системы происходит подъем уровня воды и поплавка в секции А переключателя поливного тока. В свою очередь трубчатое коромысло, изменяя свое положение, выравнивается, а шарик при дальнейшем поднятии, резко перемещается в сторону секции Б, и поливной ток переключается в эту секцию. Вода, двигаясь по распределительному трубопроводу блока Б, доходит до нижней части его, давит на поплавок коромыслового устройства обратного

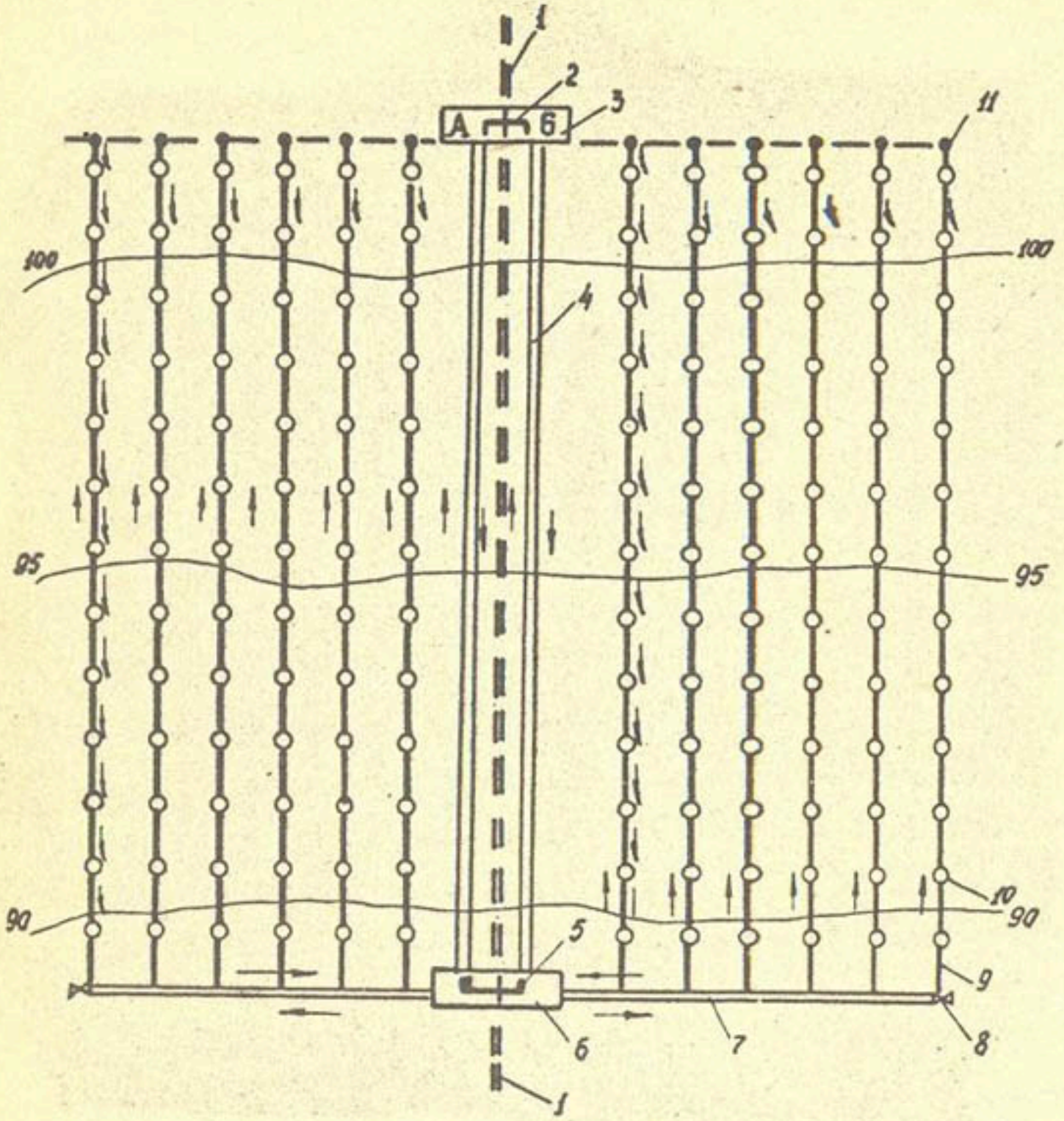


Рис. 4.I2, Импульсная система "Таджикистан-2":
I.- распределительный трубопровод; 2 - переключатель поливного тока;3 - регулирующий двухкамерный резервуар; 4 - участковый трубопровод I-го порядка; 5 - устройство обратного тока; 6 - двухкамерный регулятор обратного тока; 7 - участковый трубопровод 2-го порядка; 8 - промывник; 9 - поливной трубопровод; I0 - капельница с двухсторонним клапаном; II - вантуз;
↓ - направление прямого тока (заполнение);
↑ - направление обратного тока (выплеск).

тока, что приводит к резкому поднятию клинообразного запора и образованию кратковременного обратного тока воды из заполненного блока А в порожний блок Б. В этот момент во всех входных патрубках капельниц блока А образуется вакуум, который способствует отрыву клапана выпускного патрубка и прижатию его к входному патрубку.

Вся накопленная вода на участках поливного трубопровода между капельницами, а также в емкости капельницы, через выпускной патрубок выходит на полив. Таким образом, опорожняются все поливные трубопроводы блока А. После повторения описанного процесса в блоке Б, цикл повторяется до подачи расчетных поливных норм.

В конце вегетационного периода вся система опорожняется через промывной краник, размещенный в пониженной части участковых трубопроводов. В настоящее время эта система проходит стендовые испытания.

4.2.2. Результаты исследований равномерности расхода воды, заиления и контура увлажнения при капельном орошении

При постоянной высоте вертикальных изгибов и фиксированном диаметре капельного отверстия, равномерность расхода воды по длине поливного трубопровода зависит от действующего напора и скорости транзитного потока у входа в капельницу. За счет подачи воды на полив, разница между действующим напором в начале и в конце поливного трубопровода равна диаметру трубки и составляет 0,015–0,025 м. При этом скорость движения воды изменяется, например, от 0,2 м/с до 0. Все эти факторы влияют на величину расхода капельницы, то есть на коэффициент k . Расчетное зна-

чение расходов вычисляется по формуле:

$$q_0 = 3.48\, d_0^2\, \mu \sqrt{h}\,, \qquad (4.11)$$

где d_0 – диаметр капельного отверстия, м;

h – напор над капельницей, м;

μ – коэффициент расхода капельного отверстия.

Участковый и поливной трубопроводы работают в режиме подачи воды. В начале их скорость движения воды максимальная, а в конце у последней капельницы она равна нулю. Поэтому в трубопроводах, работающих с равномерной раздачей воды по всей длине, коэффициент расхода поливного отверстия μ В.А.Сурин, Н.К. Нурматов (1976) рекомендуют вычислять по формулам:

$$\mu = \frac{2.1\,\mu_к}{2.1 + F_r}\,; \qquad (4.12)$$

$$F_r = v^2/gh\,, \qquad (4.13)$$

где μ – коэффициент расхода концевого поливного отверстия при $v = 0$;

F_r – число Фруда;

h – действующий напор, м;

v – скорость воды, м/с.

По данным В.А.Сурина (1982), значение $\mu_к$ для асбестоцементных труб равно 0,95, для пластмассовых тонкостенных труб (толщина стенки 6–10 мм) – 0,70. Учитывая, что полиэтиленовые трубки диаметром 25, 20 мм имеют толщину стенки 2,0–4,2 мм, значение μ было установлено опытным путем и равно 0,65. При пропуске расчетных расходов воды 0,05–0,10 л/с, скорости движения ее 0,1–0,3 м/с, число Фруда, вычисленное по формуле (4.13), составило 0,02–0,46. Результаты расчета представлены на рис. 4.13, где видно, что равномерность расхода капельниц по длине

поливного трубопровода 0,93-0,95 достигается уже при действующих напорах 0,08-0,I2. С уменьшением напора воды, равномерность расхода капельниц снижается. Из этих условий минимальную высоту надземной части вертикального изгиба принимают 0,I0-0,20 м.

Как было указано выше, одно из преимуществ низконапорной капельной системы - это большие диаметры капельных отверстий и возможность подачи мутной воды. В.С.Клюхин (I983) на основе опытов с применением традиционных напорных капельных систем установил, что для нормальной работы капельниц мутность очищенной воды не должна превышать 30 мг/л. Для этого необходимо предусматривать одноступенчатую и двухступенчатую очистку, на оборудование которых расходуется до 600-700 руб/га.

В.А.Сурин (I984), классифицируя качество поливной воды, считает, что для трубчатой сети допустима мутность до I-2 г/л. Учитывая это, мы при лабораторных и полевых опытах изучали заиляемость элементов низконапорной капельной системы при мутности поливной воды до 2,2 г/л.

Эксперименты проводились при уклонах трассы поливного трубопровода 0,05, 0,I5, 0,23, её длины 75...I20 метров и мутности поливной воды - 0,47...2,2 г/л. Расстояние между капельницами было 2,0 м, высота Л-образного участка - 0,08-0,50 м. Продолжительность опыта определялась из условий подачи расчетного расхода воды - 50 л на каждое растение и составила 4-7 ч.

При работе поливного трубопровода с равномерной подачей воды по длине, в его конце скорость движения воды приближается к нулевой и появляется условие для осаждения наносов.

Анализ результатов опытов (рис.4.I4, табл. 4.9) показывает, что при уклоне трассы 0,05, ее длине 72 м и мутности полив-

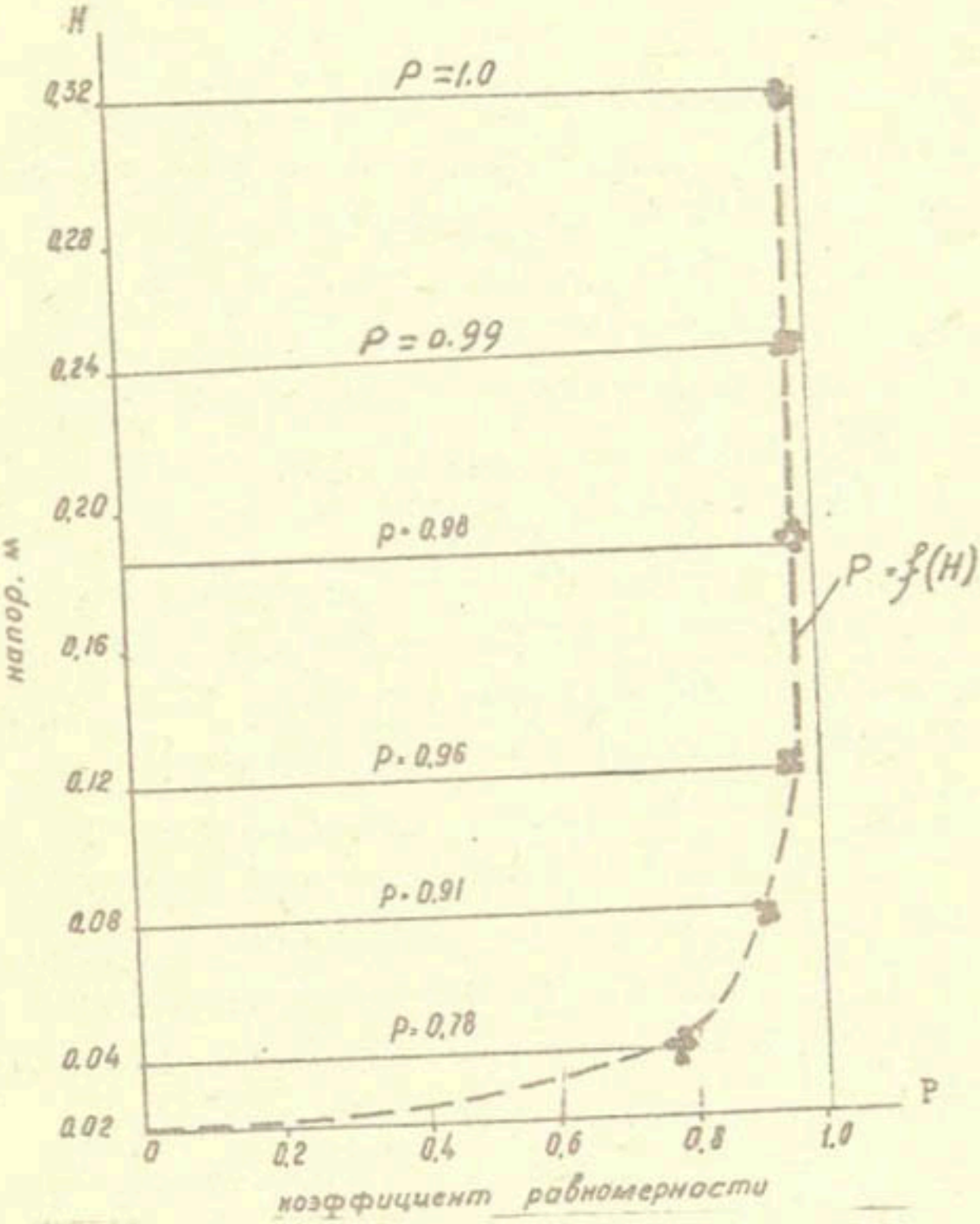


Рис. 4.13. Зависимость равномерности расхода капельницы с фиксированным отверстием от напора.

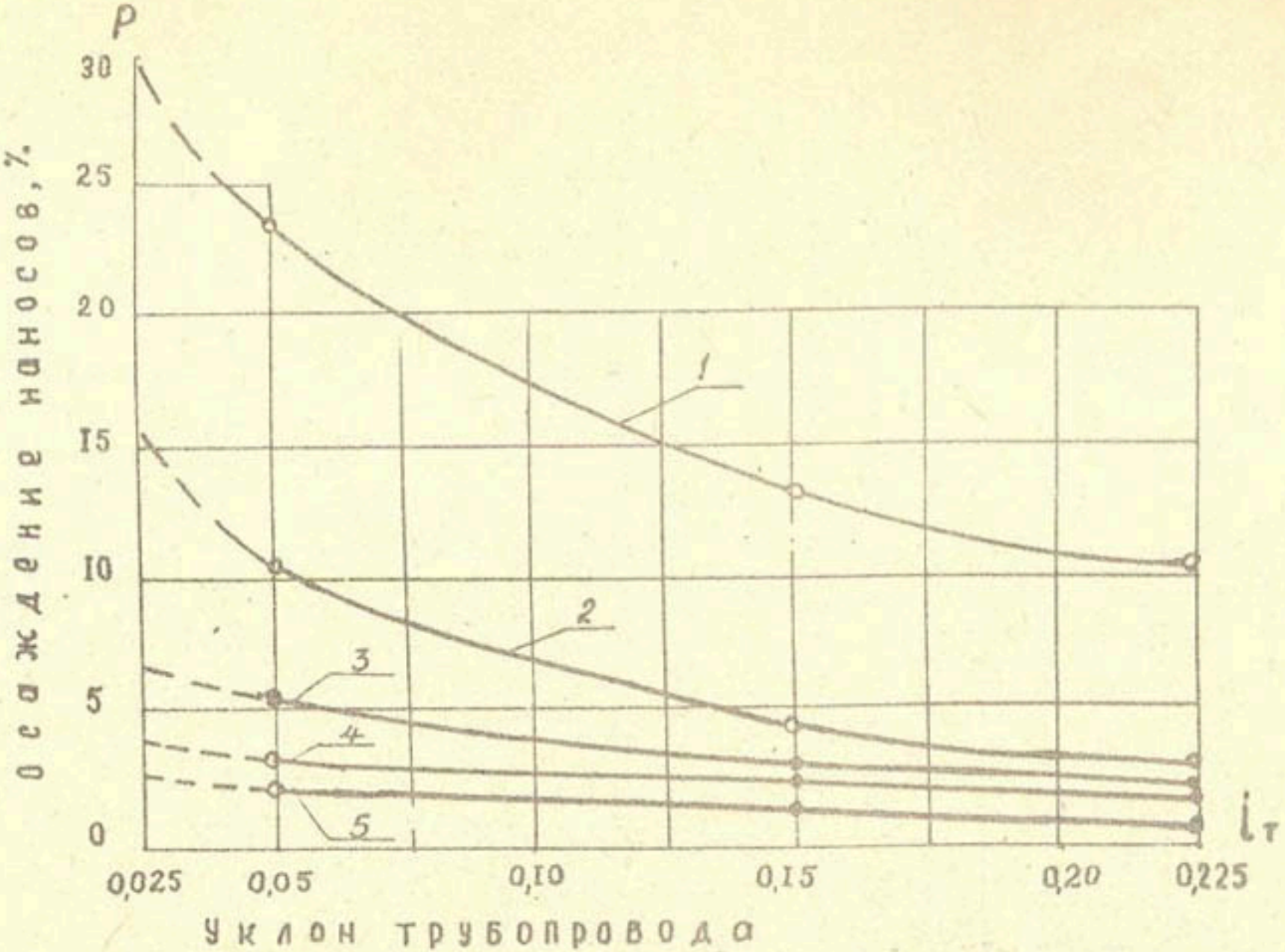


Рис. 4.14. Процент отложения наносов в поливном трубопроводе при различной высоте Л-образного изгиба разных уклонах и расходах: I - при h =0,50; 2 - при h =0,20м (q = = 0,033 л/с); 3 - при h =0,50; 4 - при h = 0,2; 5 - при h =0,10 м (q = 0,066 л/с).

ной воды I,0 г/л осаждалось твердого стока 28,2 %. При этом на начальном участке поливного трубопровода, длиной I8 м отложилось в I,2 раза больше наносов, чем на конечном. С увеличением уклона трассы поливного трубопровода до 0,23 в нем осаждалось значительно меньше наносов, всего I0 % твердого стока. При этом характер отложения их по всей длине выравнивается. Более 90 % твердого стока выходит через капельные отверстия вместе с поливной водой. Такое явление вызвано тем, что с увеличением уклона растет турбулентность потока и в местах Л-образных участков поливного трубопровода откладывается меньше наносов, а поливная вода, насыщенная ими, выходит через капельные отверстия на поле. Таким образом происходит самопромывка трубопровода.

Таблица 4.9

Отложение наносов в поливном трубопроводе при разных расходах, уклонах и высоте Л-образного изгиба, в % от поступления

Уклоны	Высота изгиба, м				
	при q = 0,033 л/с		при q = 0,066 л/с		
	0,20	0,50	0,I0	0,20	0,50
0,05	I0,2	24,0	I,94	2,98	5,2
0,I5	4,2	I2,6	I,77	2,74	3,52
0,23	2,4	I0,8	0,55	2,I8	2,59

С увеличением высоты вертикального изгиба процент отложившихся наносов в трубопроводе возрастает (табл. 4.I0).

Таблица 4.IO

Транспортировка и осаждение наносов в низконапорной капельной системе при разных уклонах трассы и мутности поливной воды (длина поливного трубопровода I00 метров)

№№ опытов	Уклон трассы поливного трубопровода	Мутность поливной воды,	Подано воды, л	Продолжительность опыта, ч	Твердый сток		
					всего, кг	в том числе	
						осталось в поливном трубопроводе, %	вышло через капельницы, %
I	0,053	I,0	I260	7	I,26	28,2	7I,8
2	0,I5	2,2	900	5	I,98	I0,4	89,6
3	0,23	2,0	720	4	I,44	I0,0	90,0

При надземном расположении представляется возможность устанавливать капельницы на прямом участке трубопровода. В этом случае выход наносов с водой из капельниц резко увеличивается, что почти исключает возможность зайления трубопровода.

А.И.Василенко, А.А.Василенко (I979) считают, что для размыва и подъема осевших наносов нужна скорость примерно в I,5-2,0 раза больше, чем скорость, при которой произошло оседание. Такого же мнения придерживается В.С.Клюхин (I983).

Отложившиеся начосы в предлагаемом нами поливном трубопроводе вымывались в течение I-2 мин благодаря увеличению расхода воды в два раза при открытии цилиндрического затвора. На промывку каждой линии затрачивалось всего 5-20 л воды, или 500 л на гектар. Проведенные исследования показали работоспособность низконапорной капельной системы при уклонах 0,05-0,23 и мутности оросительной воды до 2,2 г/л.

Контуры увлажнения при капельном орошении. Изучением контура увлажнения при капельном орошении занимались Дж.Келлер и Д.Кармели (1978), И.С.Флюрце и И.Н.Балцату (1979), М.В.Унгуряну (1983), Д.В.Герлунов (1983), Г.Ю.Шейнкин и Н.П.Митянин (1981), В.Х.Арст (1981) и др.

Так, Дж.Келлер и Д.Кармели на основе опытных данных установили средний диаметр контура увлажнения, равный для легких почв 1,4 м, средних - 1,8, тяжелых - 2,25.

По данным М.В.Унгуряну (1983), при капельном орошении в условиях Молдавской ССР установлено отношение диаметра увлажнения к его глубине, равное 0,90-1,16. Было выявлено, что предельное значение диаметра увлажнения при очень больших объемах водоподачи не превышает 3,0 м. В опытах, проведенных Д.В.Герлуновым и др. (1983) на среднесутлинистых почвах Казахской ССР, при капельном орошении отношение диаметра увлажнения к глубине составило 1,6. Им установлено также, что при $q_n \leq q_{kr}$ размер контура увлажнения зависит только от объема водоподачи.

Г.Ю.Шейнкин и Н.П.Митянин (1981) установили, что при непрерывной подаче воды в течение 84 ч капельным способом на террасах в условиях суглинистых почв Ленинского района Таджикской ССР отношение диаметра к глубине увлажнения равно 1,2-1,3.

Наши исследования, проведенные на суглинистых почвах склоновых земель опытного участка института физиологии и биофизики растений АН Таджикской ССР, показали однозначность ширины контура увлажнения и глубины. Отношение диаметра контура увлажнения к глубине близко к единице, а контур увлажнения близок к окружности (рис.4.15$_а$ 4.15$_б$).

Относительный размер площади увлажнения при капельном орошении В.А.Сурин, В.Ф.Носенко (1981) считают для аридной зоны

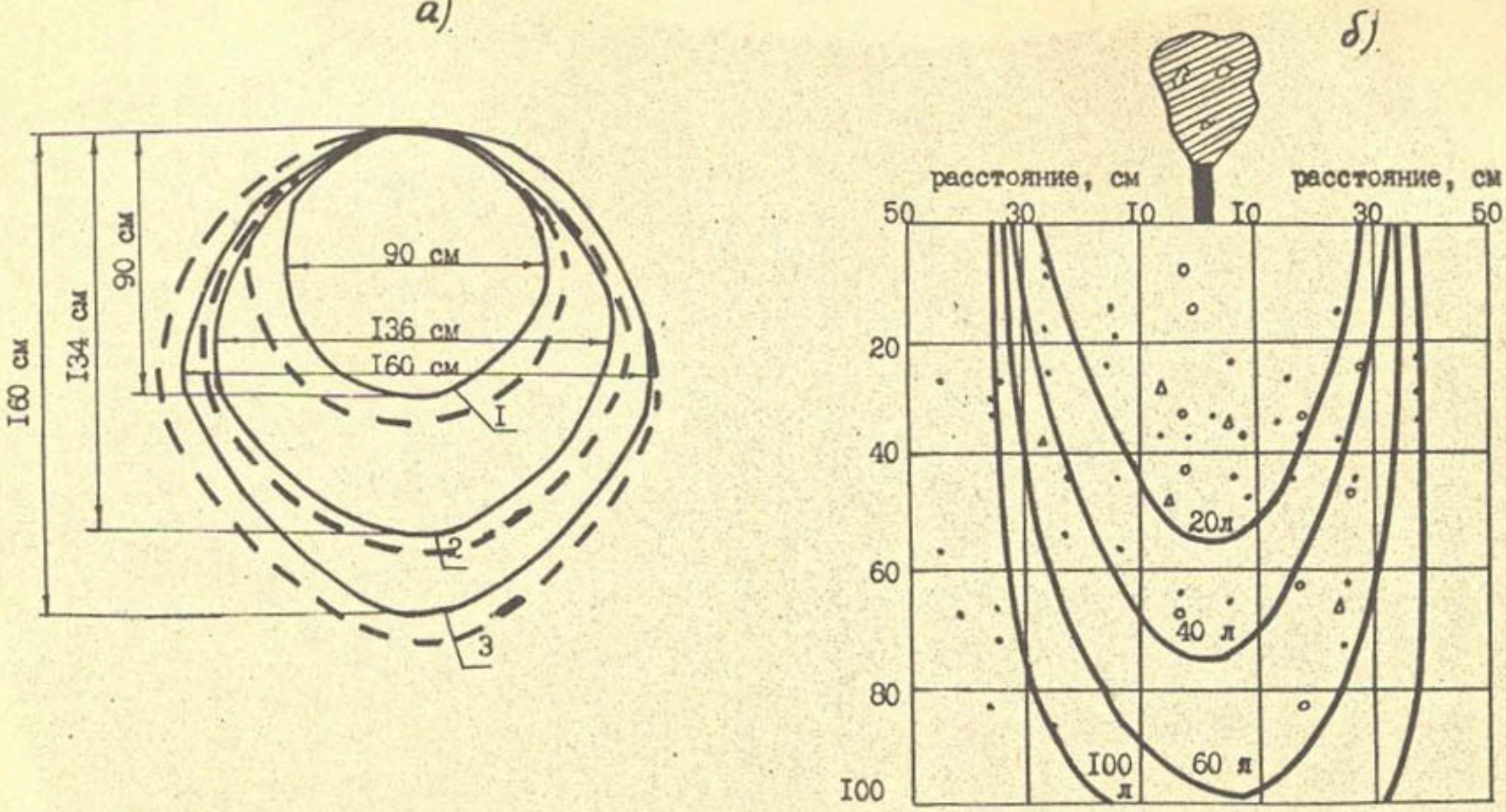


Рис. 4.I5 Контуры увлажнения при разных объемах водоподачи и распределения корневой системы 5-летнего виноградника при капельном орошении.

(•) - диаметр корней до 3 мм; (°) - то же от 3 до 6 мм; (▵) - более 6 мм;

(—) - импульсный ; (– –) - непрерывный .

равным 30 % площади питания растений. Этого же мнения придерживается G. Jobling (I980), В.Х.Арст (I98I) и др.

Но, пособием по капельному орошению (I986) рекомендуется I00-процентное увлажнение площади питания растений, что трудно осуществимо на практике. Исследованием установлено, что при уклоне склона до 0,20 смещение контура увлажнения вниз по склону при непрерывной подаче воды на среднесуглинистых почвах не обнаружено. Анализ имеющихся литературных данных и рекогностировочные опыты, проведенные на среднесуглинистых почвах склоновых земель Таджикской ССР, показали, что для увлажнения 30 % площади, отведенной для одного насаждения, расстояние между капельницами следует принимать не более 2,0 м.

Следует отметить, что в настоящее время существующие конструкции капельных систем не обеспечивают I00 % увлажнение площади питания дерева.

При капельном орошении одним из спорных и до конца не решенных вопросов в аридной зоне является степень увлажнения площади питания деревьев. Особенно тогда, когда деревья посажены на большом расстоянии по схеме 4 х 5 и 8 х 8 друг от друга, например, яблоневые и абрикосовые сады.

Поэтому для увеличения площади увлажнения нами(Нурматов Н.К. и Икромов И.И., I989) предложен капельно-бороздковый полив при котором струя воды с расходом 5–40 л/г продвигается по короткой (4–8 м) микроборозде от дерева к дереву. Для этого у каждого дерева устанавливается струйная или импульсная капельница, прикрепленная к Л-образному изгибу с диаметром поливного отверстия I,5–3,5 мм. Исследования показали, что при продолжительности подачи воды от I2 до 25 часов достигается равномерное увлажнение всей длины ($К_р$= 0,9I–0,95) и появляется возможность увеличить площадь увлажнения в 4–8 раз по сравнении с очаговым увлажнением. При этом, на 20 % снижается материалоемкость, на 30–40 % капиталовложение и на 20–30 % повышается надежность системы в целом.

На рис. 4.I6 представлены результаты экспериментов по выявлению равномерности впитавшейся воды в почву на начальных и конечных участках 4 метровой длины микроборозды, нарезанной от растения до растения.

С учетом вышеприведенного в табл. 4.II и 4.I2 даются расчетные параметры предлагаемой низконапорной капельной системы при различных схемах посадки и коэффициентах увлажнения площади.

Приведенные данные показывают, что расход поливного трубопровода при этих параметрах составляет 0,0I3–0,056 л/с. Такой расход воды свободно транспортируется полиэтиленовыми трубками диаметрами 20–25 мм при уклонах 0,0I–0,20.

4.2.3. Особенности технологии монтажа, строительства и эксплуатации

Простота конструкции элементов предлагаемой капельной

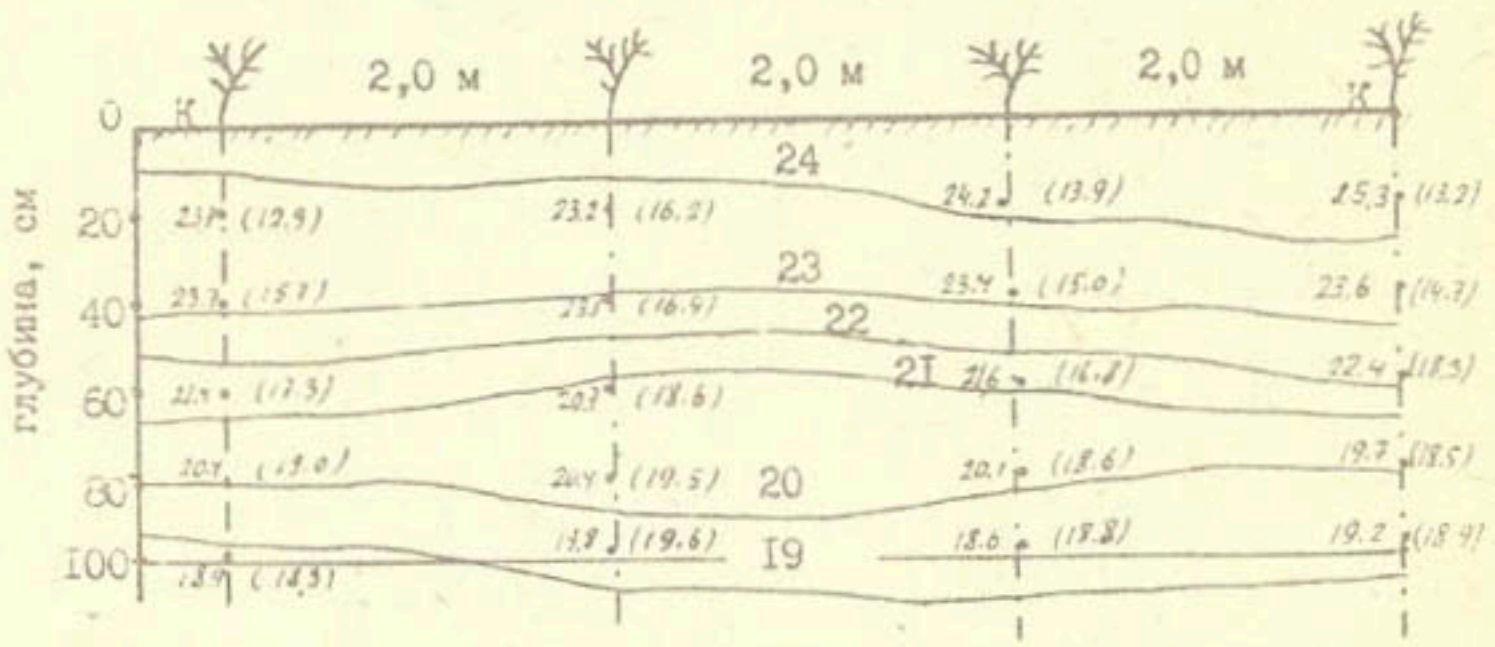


Рис. 4.I6 Изоплеты массовой влажности почвы при капельно-бороздковом поливе яблоневого сада при $t_п$= 36ч, $q_к$ = I0 л/ч, объеме водоподачи 360 литров; (I3,9) - влажность до полива; 24,2 - влажность через сутки после полива; (К) - место установки капельниц.

Таблица 4.II

Расчетные расходы поливного трубопровода при различных схемах посадки растений и непрерывной работе капельниц

Ширина междурядий, м	Расстояние между растениями, м	Количество растений на I га	Количество капельниц на I га, шт.	Фактическая площадь увлажнения, %	Максимальное суточное водопотребление		Расход капельницы, л/ч	Расход поливного трубопровода, л/с	Удельный расход, л/с, га
					$м^3$/га	на одно растение, л			
3	2,0	I666	I666	66,5	48-80	25-50	0,96-I,9	0,0I3-0,025	0,4I2
4	2,0	I250	I250	50,0	-"-	32-64	I,34-2,6	0,0I8-0,036	0,427
5	5,0	500	I000	40,0	-"-	40-80	I,67-3,3	0,023-0,046	0,462
6	5,0	333	666	26,3	-"-	60-I20	2,5 -5,0	0,028-0,056	0,452

Таблица 4.I2

Основные параметры низконапорной капельной системы "Таджикистан-I"

Наименование элементов	Длина, м	Диаметры труб, мм	Расходы, л/с
Распределительный трубопровод	200-I000	50-I50	4,5-I2,5
Участковый трубопровод	I50-200	32-50	I,5-2,5
Поливной трубопровод с капельницами	I00-200	I0-25	0,030-0,I0
Высота вертикального изгиба	0,22-0,70	I0-32	—
Капельница	-	I,0-4,0	0,00I л/с 3,6 л/ч

системы и использование пластмассовых труб позволяют изготовить их не только в заводских условиях, но и на специализированных стройучастках, используя простые приспособления. Они легко доставляются на объект строительства.

По намеченным трассам водоводов выполняются земляные работы роторными траншеекопателями с расчетным положительным уклоном. Глубина траншеи на распределительном трубопроводе - I,0 м, на участковом - 0,7 м.

В зависимости от агротехнических условий поливные трубопроводы могут быть подвешены на шпалерах или уложены в почве на глубине 0,I0-0,I5 м. Если создается опасность повреждения рабочими органами сельскохозяйственных машин, трубопроводы заглубляют до 0,5 м от поверхности земли.

Распределительные трубопроводы и запорные устройства монтируются, как в обычных системах.

Первую секцию трубы соединяют с распределительным колодцем, далее последовательно монтируют секции труб с помощью муфт до створа первого ряда растений. Лишнюю часть трубы отрезают так, чтобы после монтажа двухкамерный стояк устанавливался в створе рядка растений. Все двухкамерные стояки соединяются с прямолинейными участками. Затем регулятор расхода воды с цилиндрическим затвором соединяют с двухкамерным стояком, а к его патрубку прикрепляют поливные трубопроводы. Последовательно раскручивают бухту, с вертикальными изгибами с капельницами у каждого растения.

Конец каждого яруса поливного трубопровода подключают к стояку следующего участкового трубопровода. На пересечении полевых дорог поливной трубопровод заглубляют до 0,7 м.

Конец последнего яруса поливного трубопровода выпускают в водосборно-сбросную сеть, которая трассируется по границам кварталов. Прокладывают ее обычным каналокопателем. После подготовки ложа канавок по всему периметру укладывают двойной слой полиэтиленовой пленки. Затем покрывают отсортированной гравийной засыпкой; сверху оставляют запас на 5–10 см с целью исключения перелива.

От правильной эксплуатации капельных систем зависит их надежность и эффективность. Эти вопросы изучались многими исследователями (И.Н.Балцату, 1981; Р.Д.Браверман, А.В.Новикова, 1981; А.А.Федорец, 1981; И.С.Флюрце, 1980, А.И.Токар , 1989, и др.).

По нашим исследованиям для эффективной эксплуатации капельной системы "Таджикистан-I" следует выполнить комплекс мероприятий. До начала полива промывают всю систему. Для этого водовыпуск-автомат и отстойник-автомат настраивают на расчетный

расход воды, необходимый для полива подкомандной площади. В распределительный трубопровод вводят сорособирающую сетку и открывают последовательно сверху вниз участковые трубопроводы, а затем через регулятор с цилиндрическим затвором – поливные трубопроводы. Расход воды регулятора регулируют таким образом, чтобы в конце его отсутствовал сброс.

В течение полива необходимо следить за работой сорособирающей сетки и отстойника-автомата. При заполнении сорособирающей сетки ее заменяют новой. После подачи расчетной поливной нормы промывают поливные, участковые и распределительные трубопроводы. Опорожняют отстойник-автомат и сорособирающую сетку. Промывают сеть поярусно. К концу поливного сезона после промывки смазывают трущиеся части и систему консервируют на зиму.

Для определения надежности работы оросительной системы использована методика Ц.Е.Мирцхулавы и др., (1982), согласно которой основной показатель безотказности – средняя наработка на отказ (T_o), определяемая из уравнения:

$$T_o = \frac{\sum_{i=1}^{m} t_i}{m}, \qquad (4.14)$$

где m – число отказов всех элементов системы;

t_i – наработка между определенными отказами элементов системы.

Впервые исследования надежности капельной системы "Молдавия-I" проведены А.А.Федорцом (1981), М.Г.Журбой (1982). На основе многолетних исследований ими было установлено, что общая надежность этой системы была на уровне 0,42. Основными причинами столь низкого показателя они считают неравномерность расхода капельниц из-за засорения и заиления, частый выход их из строя.

Надежность существующих капельных систем зависит также от работоспособности насосных станций, линий электропередач и других внешних факторов. Например, напорность капельной системы уже ориентирует на низкий коэффициент надежности, так как при напоре воды 30–40 м в трубопроводах происходит гидравлический удар и вибрация, что может привести к поломке стыковых соединений.

Надежность систем капельного орошения (А.И.Токар , 1989) характеризуется двумя комплексными показателями: качеством и безотказностью. При проектировании систем капельного орошения он подчеркивает необходимость обеспечения равномерного распределения (раздачи) оросительной воды по системе, для чего комплексный показатель равномерности раздачи расходов предлагает довести до 0,75, а вероятность доставки воды растениям - не менее 0,90.

Низконапорная капельная система, предложенная нами, имеет упрощенные элементы, несложные соединения и капельницы с диаметрами отверстий 1–4 мм.

Исследованиями, проведенными на модульном участке площадью 10 га в совхозе "Коминтерн" Ленинского района Таджикской ССР, установлено, что надежность распределительных трубопроводов, водовыпуска автомата и отстойника-автомата высокая; в этих элементах не наблюдалось ни одного отказа в течение всего вегетационного периода.

На других элементах низконапорной капельной системы были отказы (табл.4.13).

Вероятность безотказной работы низконапорной капельной системы (P_c) определяется по формуле:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \dots P_n = \prod_{i=1}^{n} P_i \cdot t, \qquad (4.15)$$

где $P_1, P_2 \dots P_n$ - соответственно надежности элементов капельной системы

$$P_c = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}99 = 0{,}892$$

Следовательно, коэффициент надежности предлагаемой капельной системы равен 0,892, т.е. эта система значительно надежнее капельной системы "Молдавия-I". Такая надежность обеспечивается простотой конструкции элементов и работой ее в безнапорном режиме.

Таблица 4.I3

Число отказов и надежность элементов низконапорной капельной системы "Таджикистан-I" за вегетационный период

Наименование элементов	Количество элементов в начале вегетации	Количество отказавших элементов	Статистическая оценка
Водовыпуск-автомат	I	нет	I,0
Вертикальный отстойник	I	нет	I,0
Распределительный трубопровод	I	нет	I,0
П-образный стояк	333	I0	0,97
Поливной трубопровод	333	I0	0,97
Капельные участки	I6650	I00	0,99
Капельницы	I6650	600	0,97
Соединительные муфты	33300	200	0,99

Основные характеристики низконапорной капельной системы, полученные на основе производственных исследований, даны в табл. 4.I4

Таблица 4.I4

Основные характеристики капельной системы
"Таджикистан-I" и "Таджикистан-Iм"

Характеристики	Показатели
Способ водоподачи	Самотечный
Режим работы	Непрерывный, низконапорный
Тип отстойника и сороудержания	Вертикальный совмещенный, сороудерживающая сетка конической формы
Рабочие напоры, м:	
- в распределительной сети	I,0-3,0
- в поливном трубопроводе	0,I-0,7
- в капельнице	0,07-0,I2
Расход капельницы	3,0-6,5 л/ч
Тип капельницы	Струйная с фиксированным отверстием d_o = I,0-I,5 мм или импульсная с d_o = 2,5-4,0 мм на восходящей части кольцеобразных участков поливного трубопровода
Способ монтажа:	
- капельницы	Ниже поверхности земли на 0,I-0,5 м
- поливного трубопровода	или на проволоке первого яруса
- распределительной сети	Ниже поверхности земли на 0,7-I,0 м
Условия применения:	
- уклон поверхности	0,0I-0,20
- допустимая мутность оросительной воды, г/л	до 2,0
- крупность наносов	до 0,5 мм
Коэффициент равномерности расхода	0,93-0,95
Коэффициент надежности	0,892
Ориентировочная удельная стоимость, руб/га	3000

Глава 5

РАЙОНИРОВАНИЕ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО СПОСОБАМ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ, ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

5.I. Основные принципы районирования

Развитие орошения в Таджикской ССР определяет перспективный фонд всех возможных к орошению земель, составляющих около I578 тыс.га. Большая часть земель (I336,7тыс.га) расположена на склонах различной крутизны, сложенных разными типами почв. На этих землях намечается возделывать как пропашные, так и плодовые культуры и виноград. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, экономии оросительной воды и трудовых затрат, важное значение имеет правильный подбор способов и техники полива с учетом почвенно-рельефных условий.

Вопросы районирования техники и технологии орошения изложены в работах В.И.Алексеева (I967), Г.М.Гусейнова (I980), Л.В. Дунина-Барковского (I960), А.Н.Костякова (I960), С.М.Кривовяза (I966), Н.Т.Лактаева (I978), В.Ф.Носенко (I974),

В.М.Романова (I974), В.А.Сурина (I984), Г.Ю.Шейнкина (I970) и др. Ими установлено влияние на выбор способов и технологий орошения природных факторов: климатических, геоморфологических, почвенных, геологических, гидрогеологических, гидрологических и других.

Впервые районирование способов и техники полива сельскохозяйственных культур по Таджикской ССР проводилось Г.Ю.Шейнкиным (I970). При районировании им учитывались уклоны орошаемых земель, водно-физические свойства почв, глубина расположения грунтовых вод, особенности возделывания сельскохозяйственных

культур и другие факторы.

Согласно этому районированию, рекомендуется пять видов техники полива. Из них три относятся к поверхностному бороздковому поливу и отличаются между собой параметрами элементов техники полива и схемой распределительной и поливной сети. Таким образом, рекомендовалось поливать по бороздам более 90 % орошаемых земель республики.

Для орошения дождеванием из самонапорных закрытых систем средне- и дальноструйными аппаратами были отнесены земли с уклонами более 0,06, которые составляют всего 5 % площади существующего и перспективного орошения республики.

Г.Ю.Шейнкин (1970), изучая различные аспекты техники полива, наметил пути дальнейшего исследования по следующим направлениям:

- разработка приемов по выравниванию шероховатости борозд на землях с повышенными уклонами, где воду подают малыми поливными струями;

- совершенствование закрытой оросительной сети путем разработки устройств для защиты транспортирующих и поливных трубопроводов от поступления плавающего сора и наносов, а также от засорения их снаружи;

- разработка конструкции выпусков воды из трубчатой сети в поливные борозды.

Эти вопросы особую важность приобретают на склоновых землях, где в поливные борозды подают небольшие струи (0,02-0,20 л/с), чтобы уменьшить сброс и ирригационную эрозию.

Исходя из этого, нами особое внимание уделялось разработке техники и технологии полива склоновых земель. Использовались новые приемы и устройства применительно к бороздковому поливу и

капельному способу орошения.

Принимая за основу предложения Г.Ю.Шейнкина, а также учитывая новые разработки, выполненные за последние I5 лет, нами предлагается следующая схема районирования техники и технологии полива склоновых земель по Таджикской ССР (табл.5.I).

Применительно к склоновым землям за основные факторы районирования техники и технологии орошения нами принимались водопроницаемость и степень засоления почвы, крутизна и сложность рельефа склона, количество атмосферных осадков, обеспеченность поливной водой и ее минерализация, а также особенности возделываемой сельскохозяйственной культуры.

По почвенным условиям были выделены каменистые почвы и почвы с мощным слоем мелкозема. При районировании учитывались культуры сплошного сева, пропашные, сады и виноградники. Учитывая агротехнику возделываемых сельскохозяйственных культур, работоспособность тракторов при культивации и возможность водной эрозии почв от естественных осадков, нами установлены четыре градации уклона склона: 0,0I–0,05; 0,05–0,I0; 0,I0–0,20 и 0,20–0,40.

По сложности рельефа склоны с уклонами 0,0I–0,05 мы относим к относительно ровным; 0,05–0,I0 – неровным; 0,I0–0,20 – сложным и 0,20–0,40 – очень сложным. Последние рекомендуется осваивать только террасированием (см.гл.I).

Около 60 % склоновых земель республики, намеченных к освоению в ближайшей перспективе, имеют среднюю и сильную просадочность (О.К.Комилов, М.А.Сатторов, I986). Сильно- и среднепросадочные земли в основном расположены в Вахшской долине и Дангаринской степи. В других районах республики они встречаются на небольших участках.

Таблица 5.I

Районирование рекомендуемых способов техники и технологии поливов склоновых земель в Таджикской ССР

Способы и технология полива	Краткая характеристика почв и рельефа	Крутизна склона	Площади, тыс.га	Возделываемая культура	Способ освоения	Природно-хозяйственные зоны и районы
I	2	3	4	5	6	7
Поверхностный бороздковый						
а) по прямолинейным микробороздам с боковыми лунками, нарезаемым комплектом катков КБ-2	Склоны слабо-расчлененные, почвы слабо-щебенистые с размерами частиц не более 3 см. Сильно водопроницаемые (Куст = 3,0 см/ч)	0,0I0-0,I0	246,I	Пропашные	Сплошная пахота с посадкой и поливом по микробороздам вдоль склона	По всем зонам республики
б) т о ж е	Склоны сильно расчлененные (Куст = 0,3 см/ч)	0,20-0,40	I23,0	Сады и виноградники	Террасирование с продольным уклоном террас до 0,05, с орошением по микробороздам	По всем зонам республики

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7
в) По прямолинейным зигзагообразным микроборо здам, нарезаемым комплектом катков КБ-I	Склоны слаборасчлененные, но с мощным мелкоземистым слоем. Средневодопроницаемые (Куст= 0,6-0,3 см/ч)	0,05-0,I0	536,6	Пропашные	Сплошная пахота с посадкой и поливом по микроборо здам вдоль склона	Вахшская, Кулябская, Гиссарская, Гармская зоны
г) По зигзагообразным микроборо здам с монотонно изменяющимся коэффициентом извилистости, нарезаемым специальным орудием	Т о ж е	0,I0-0,20	I80,0	Сады и виноградники	Без террас с обработкой почвы и нарезкой зигзагообразных микроборозд вдоль склона	Вахшская, Кулябская, Гиссарская, Гармская зоны
Дождевание из закрытых систем и синхронно-импульсное (СИД)	Склоны крутые, короткие, сильнорасчлененные с частыми изменениями экспозиции; почвы как каменистые, так и мелкоземистые от сильной до слабой водопроницаемости (Куст =3,0-0,3 см/ч)	0,20-0,40	40,0	Люцерна, многолетние травы, сады	Естественный травостой с поливом культурных трав без обработки	По всем законам республики

Продолжение табл. 5.I

I	2	3	4	5	6	7
Капельное с капельницей с фиксированным отверстием диаметром I,0-2,0 мм	Склоны с мощным мелкоземистым слоем и со средней водопроницаемостью (Куст = 0,6 с м/ч)	0,I0-0,20	II2,0	Сады и виноградники	Обработка междурядий вдоль склона	Районы республиканского подчинения. Ленинградский, Дангаринский, Советский районы Хатлонской области
Т о ж е	Т о ж е'	0,20-0,40	8I,0	-"-	Террасирование с продольным уклоном террас до 0,05	Т е ж е районы
Импульсная капельница с диаметром капельного отверстия 2,5-4,0 м	Склоны с каменистыми сильноводопроницаемыми почвами (Куст = 3,0 см/ч)	0,I0-0,20	8,0	-"-	Обработка междурядий вдоль склона	Т е ж е районы
И т о г о:			I326,7			

Что касается такого важного показателя, как обеспеченность атмосферной влагой, то нами выделены две зоны. В первой выпадает более 500 мм осадков, вымывающих легкорастворимые соли из верхнего горизонта почвы. Во второй менее 500 мм осадков, и поэтому здесь не происходит естественного опреснения земель и применение капельного орошения в некоторых случаях может привести к засолению почвы.

Уровень грунтовых вод, в связи с повсеместным глубоким (ниже 10 м) его расположением от дневной поверхности, на склоновых землях при районировании не учитывался.

5.2. Районирование способов и технологии орошения склоновых земель

Для склоновых земель республики, исходя из почвенно-рельефных условий, приемлемы поверхностно-бороздковый способ полива, капельное орошение и дождевание. Полив по прямолинейным микроборозда рекомендуется на склонах с уклонами 0,015-0,10 при возделывании пропашных культур. Нарезка их производится комплектами катков КБ-1 и КБ-2 как на землях с мощным мелкоземистым слоем, так и на слабо-щебнистых почвах с размерами щебня менее 3 см.

Комплектом катков КБ-2 нарезаются микроборозды на террасированных склонах крутизной 0,20-0,40, где террасы выполняются со значительными продольными (до 0,05) уклонами.

Склоновые земли, пригодные к орошению поверхностным способом по таким микроборозда, составляют в республике 782 тыс.га. Для распределения воды в этих условиях наиболее пригодны передвижная и стационарная трубчатые оросительные сети (см.гл.Ш).

В садах и виноградниках, заложенных без террас на склонах крутизной 0,10-0,20, целесообразно вести полив по зигзагообразным микробороздам с монотонно возрастающим коэффициентом извилистости, т.е. с постепенно уменьшающимся уклоном. Прокладывают их с помощью специального орудия. Обычно здесь имеет место мощный мелкоземистый слой. Такие земли площадью 180 тыс.га - находятся в Вахшской, Кулябской, Гиссарской и Гармской зонах. Для распределения воды предлагается закрытая трубчатая сеть с водовыпусками в каждый ряд растений.

Таким образом, в ближайшей перспективе под бороздковый полив рекомендуется до 82 % орошаемых земель республики.

Дождевание из закрытой системы с использованием среднеструйных аппаратов и синхронно-импульсное дождевание рекомендуется на основе исследований, проведенных ВНИИГиМ и ВНИИМиТП (Г.Ю.Шейнкин, В.Ф.Носенко, Р.М.Муртазин, 1984). Этот способ полива рекомендуется на сильнорасчлененных склонах крутизной 0,20-0,40 с частыми изменениями экспозиции. Таким способом целесообразно поливать люцерну и другие травы, сады, заложенные на неотеррасированных склонах. Оросительная сеть рекомендуется ВНИИГиМ и ВНИИМиТП. По предварительным данным в республике имеется около 40 тыс.га (3 %) земель, пригодных для орошения дождеванием.

Согласно пособию по капельному орошению (М., 1986) этот способ полива рекомендуют на почвах с содержанием солей, превышающим 0,3-0,4 %. По данным А.С.Ахмерова, В.Н.Сафарова (1983) лёссовые грунты в приадырной зоне Вахшской долины Таджикской ССР содержат 0,3-0,7 % солей. В других зонах республики почвы склоновых земель менее засоленные и незасоленные.

На склонах крутизной 0,10-0,40, расположенных в районах с

годовой суммой атмосферных осадков более 500 мм, где преобладают незасоленные почвы, при остром дефиците оросительной воды предлагается капельное орошение виноградников и садов. На склонах с мощным мелкоземистым слоем, слабой и средней водопроницаемостью, рекомендуется капельница с фиксированным диаметром отверстий I,0-I,5 мм. Таких земель в республике I93 тыс.га или I5 процентов площади орошения.

На каменистых и щебенистых почвах с сильной водопроницаемостью, которых в республике 8,6 тыс.га, предлагается использовать импульсные капельницы с диаметром отверстий 2,5-4 мм.

Для Гиссарской природно-хозяйственной области, где расположена основная площадь капельного орошения, в отличие от долин южного Таджикистана характерно отсутствие засоленных почв.

На склоновых землях Гиссарской природно-хозяйственной области Таджикской ССР, где грунтовые воды залегают глубоко, годовая сумма осадков и оросительная норма превышает суммарное испарение в среднем на 2I-44 % (табл.5.2). Благодаря этому здесь обеспечивается нисходящий ток воды при выпадении обильных атмосферных осадков в весенний и осенний периоды. Почвы на освоенных ранее землях в нижних террасах Гиссарской долины не засолены. Аналогичные условия наблюдаются в Гармской и отдельных районах Кулябской природно-хозяйственных областях. Земли, отведенные под капельное орошение, расположены в тех районах, где водоисточниками служат реки снегового и ледникового питания (Кафирниган, Зеравшан, Варзоб, Каратаг, Бартанг и др.). Минерализация воды в них в пределах 0,I-0,2 г/л, что практически не оказывает влияния на засоление почвогрунтов и допускается действующими нормативами для орошения.

Земли, отведенные под капельное орошение, расположены в

Таблица 5.2

Земли, районированные под капельное орошение по Таджикской ССР

Наименование областей и районов	Орошаемые площади, тыс.га		Сумма годовых осадков O_c, мм	Оросительная норма O_p, мм	Суммарное испарение E, мм	O_p+O_c	$\frac{O_p+O_c}{E}$
	существующие	перспективные					
Гиссарская природнохозяйственная область:	8,35	86,I					
- Гиссарский район	3,I0	29,0	609	700	II00	I309	I,I9
- Ленинский район	I,76	33,9	595	750	II00	I345	I,22
- Орджоникидзеабадский район	I,62	II,7	705	600	I000	I305	I,3I
- Файзабадский район	I,40	II,5	797	500	900	I297	I,44
Кулябская природнохозяйственная область:	0,45	I03,I					
- Ленинградский район	0,40	38,7	770	400	750	II50	I,54
- Советский район	0,05	24,4	567	600	I000	II67	I,I7
- Дангаринский район	-	40,0	569	600	II00	II69	I,07
Гармская природнохозяйственная область:	5,32	I4,7					
- Гармский район	2,24	3,4	700	400	880	II00	I,25
- Комсомолабадский район	0,84	5,3	838	450	900	I238	I,37
- Джиргитальский район	0,23	6,0	575	350	875	925	I,04
Итого по республике:	I4,I	20I,6					

Примечания: I. Оросительные нормы приняты для садов и виноградников по материалам собственных исследований (см.гл.I).

2. Суммарное испарение установлено расчетным путем по формуле Н.Н.Иванова с поправкой Молчанова.

основном в районах республиканского подчинения и Ленинградском районе Кулябской области и составляют около 201,6 тыс.га.

При возделывании садов и виноградников без террас (i_t = 0,1-0,20) и с террасами (i_t = 0,2-0,4) предлагается трубчатая оросительная сеть с упрощенными конструктивными элементами. При средней и сильной просадочности грунтов, в отдельных районах террасы следует выполнять с большими уклонами (до 0,05), что будет исключать возможности скопления воды на полотне.

Предлагаемое районирование является предварительным и в дальнейшем, при совершенствовании способов орошения и техники полива, отдельные его элементы будут уточняться. В частности, с налаживанием выпуска полиэтиленовых труб в достаточном объеме, в первую очередь будут переведены на капельное орошение все террасированные склоны.

5.3. Экономическая эффективность разработанных технологий полива сельскохозяйственных культур и конструкций внутрихозяйственной оросительной сети

Перевод сельского хозяйства на интенсивный путь развития требует повышения эффективности использования всех производственных ресурсов, в том числе земельных и водных. В наших исследованиях внедрение новой, более совершенной техники и технологии полива направлено на повышение продуктивности орошаемых земель. При расчетах показателей эффективности создания и внедрения новой техники и технологии полива, была обеспечена полная сопоставимость эффекта и затрат как в базовом, так и в рекомендуемом вариантах. Сравниваемые варианты приведены в сопоставимый вид по всем признакам: объему сельскохозяйственной продук-

ции, ее качеству, срокам производства, сроку службы основных производственных фондов и др.

Наилучший вариант определяли на основе методов сравнительной экономической эффективности. В качестве показателя был принят минимум приведенных затрат, представляющий сумму текущих ежегодных затрат (себестоимости) и капитальных вложений, приведенных к одинаковой (годовой) размерности в соответствии с нормативом сравнительной экономической эффективности:

$$3i = C_i + E_н \cdot K_i \longrightarrow min, \qquad (5.I)$$

где $3i$ - приведенные затраты на производство единицы продукции (работы) в i -ом варианте, руб.;

C_i - годовые издержки (себестоимость единицы продукции (работы), произведенной i -тым видом техники (технологии), руб.;

K_i - капитальные вложения в создание и внедрение новой техники и технологии при i -том варианте на единицы продукции, руб.;

$E_н$ - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, равный $E_н$ = 0,I5 (Инструкция, I979).

Для оценки экономической эффективности рассчитана система стоимостных и натуральных показателей. Были показаны изменения себестоимости сельскохозяйственной продукции с одного гектара полива, выявлены долговечность, материалоемкость и капиталоемкость всего комплекта оборудования. Вместе с этим учитывались показатели экономии и эффективного использования земельных и водных ресурсов.

В базовом варианте для сравнения приняты показатели лучшей

техники и технологии полива, применяющиеся в аналогичных природно-климатических зонах.

Экономическая эффективность рассчитана по предлагаемым в диссертации технологическим приемам возделывания сельскохозяйственных культур и средствам, которые улучшают распределение воды по полю, обеспечивают получение более высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях и заключается в следующем:

I) применение катков-бороздоделов КБ-I для нарезки поливных борозд. База для сравнения - существующая технология обработки сельскохозяйственных культур (нарезка борозд окучником НКУ-27А);

2) использование передвижной поливной сети (ППС) для полива хлопчатника и других пропашных культур. База для сравнения - стационарная сеть закрытых поливных и транспортирующих трубопроводов, так как серийно выпускаемая передвижная поливная сеть (ШЛА-I65) предназначена только для равнинных земель;

3) применение распределительно-поливного трубопровода с П-образными водовыпусками для полива пропашных культур и многолетних насаждений. База для сравнения - закрытые транспортирующие трубопроводы с гидрантами-водовыпусками;

4) использование низконапорной капельной системы "Таджикистан-I" для полива многолетних насаждений. База для сравнения - капельная система Молдавия-I.

Фактические оросительные нормы и урожайность хлопчатника приняты по результатам производственного внедрения катков-бороздоделов на склоновых землях колхоза им.Жданова Гиссарского района Таджикской ССР.

Капиталовложения при базовом варианте (закрытая трубчатая

сеть I429 руб/га) приняты по проектным проработкам института "Таджикгипроводхоз" и "Союзгипроводхоз". Для рекомендуемой переносной оросительной сети они составляют всего 66 руб/га.

Ежегодные затраты на эксплуатацию оросительной сети и производство поливов при базовом варианте приняты по данным В.Ф. Носенко (I974).

Для рекомендуемой капельной системы "Таджикистан-I" эти показатели получены по фактическим затратам, произведенным на опытно-производственных участках за I983–86 годы.

Исходные данные и технико-экономические показатели по базовой и рекомендуемой автором технике и технологии полива приведены в табл.5.3–5.6

Внедрение катков-бороздоделов КБ-I, по сравнению с окучниками НКУ-27А, обеспечивает экономию оросительной воды при поливах и горючесмазочных материалов при нарезке борозд. Они позволяют равномерно увлажнять почву на всем поливном участке, что способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. За период испытания и внедрения катков-бороздоделов КБ-I в производство урожайность хлопчатника повысилась в среднем на 0,4 т/га по сравнению с контролем. Экономия поливной воды составила 3000 $м^3$/га, или 30 % оросительной нормы базового варианта.

При расчете также учтены потери гумуса почвы в результате поверхностного смыва. Проведенные анализы и расчеты

показывают, что при обычном бороздковом поливе с каждого гектара смывается 286 кг гумуса. По данным В.А.Васильева и Н.В. Филипповой(I988) для компенсации I кг потери гумуса из почвы, требуется внести 40 кг свежего навоза. Следовательно, разницу по потери гумуса между вариантами можно выражать в количестве

Таблица 5.3

Технико-экономические показатели эффективности использования КБ-I и НКУ-27А

Показатели	Обозначения	Единица измерен.	Варианты	
			базовый	рекомендуемый
Площадь обслуживания за сезон		га	I48	I50
Балансовая стоимость	$Б_c$	руб/ц	0,0I	0,02
Дополнительные ежегодные издержки на производство продукции		-"-	+I,20	-0,I5
Экономия оросительной воды:				
на I га	M	$м^3$		3000
на I ц	-"-	-"-	-	I32
Урожайность хлопчатника	$У_ц$	ц/га	29,0	33,0
Дополнительные приведенные затраты		руб/ц	+I,20	-0,0I2
Годовой экономический эффект от сэкономленной воды	$Э$	-"-	-	4,38
Суммарный годовой экономический эффект: - на I ц	$Э_г$	руб.	-	5,59
на I га		-"-	-	I97,67
на I комплект		тыс.руб.	-	29,65

Таблица 5.4

Технико-экономические показатели использования передвижной поливной сети (ППС)

Показатели	Обозначения	Единица измерения	Варианты	
			базовый	рекомендуемый
Обслуживаемая площадь		га	60	60
Капитальные вложения	$К$	руб/га	I429,0	66,0
Ежегодные затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети и производство поливов	$С$	руб/га	69,7	4I,I
Срок службы	$Т_{сл}$	лет	3	4
Производственные затраты		руб/га	I25,I8	5I,0
Годовой экономический эффект				
- на I га	$Э_г$	руб	-	74,I8
- на I комплект		тыс.руб.	-	4,45

Таблица 5.5

Технико-экономические показатели эффективности использования поливного трубопровода с П-образными гидрантами-водовыпусками

Показатели	Обозначения	Единицы измерения	Варианты	
			базовый	рекомендуемый
Площадь внедрения		га	I250	I250
Капитальные вложения	K	руб/га	246I	299
Ежегодные затраты на эксплуатацию (без учета затрат на проведение поливов)	C	-"-	95	20
Приведенные затраты	$ПЗ$	-"-	I3I,9	64,9
Годовой экономический эффект:				
- на I га	$Э_г$	руб.	-	67,0
- на всю площадь внедрения		тыс.руб.	-	83,75

Таблица 5.6

Технико-экономические показатели эффективности использования низконапорной капельной системы "Таджикистан-I"

Показатели	Обозначения	Единицы измерения	Варианты	
			базовый	рекомендуемый
Стоимость оросительной сети и капельной системы	K_i	руб/га	3000	2520
в том числе балансовая стоимость капельниц, отстойников фильтров и др.	$Б.С.$	-"-	285	I70
Капитальные вложения на строительно-монтажные работы		-"-	27I5	2350
Ежегодные затраты на эксплуатацию оросительной сети и производство поливов	C_i	-"-	I30	80
Приведенные затраты	$ПЗ$	-"-	580	458
Годовой экономический эффект	$Э$	-"-	-	I22

органических удобрений (навоза), которое следует возвратить почве в целях компенсации.

Из приведенных данных следует, что при каждом поливе разница потери гумуса, в зависимости от вариантов извилистости микроборозд, по сравнению с обычным типом поливных борозд составляет 204-220 кг, что эквивалентно 212х40= 8480 кг свежего навоза. Следовательно, при 5-ти вегетационных поливах хлопчатника, потери составят около 42 тонн. Ущерб от выноса гумуса, в сравнении с поливом по микроборозда, при стоимости навоза I,7 руб/т составляет 71,4 руб/га.

Экономический эффект от внедрения передвижной поливной сети (ППС) по сравнению со стационарной трубчатой сетью обеспечивается за счет снижения капиталоемкости одного орошаемого гектара и себестоимости производства поливов. Капитальные вложения в строительство внутрихозяйственной распределительной и поливной сети на I гектар нетто сократились при рекомендуемом варианте более чем в 20 раз (табл.5.4).

Внедрение поливного трубопровода с П-образными гидрантами-водовыпусками позволяет снизить ежегодные эксплуатационные затраты на восстановление трубчатой сети.

По сравнению с системой капельного орошения "Молдавия-I" низконапорная капельная система "Таджикистан-I" ниже по капитальным вложениям в строительство и затратам на производство поливов (табл.5.6), не требует дополнительной подкачки и тонкой очистки воды за счет больших диаметров водовыпускных отверстий и самонапорности.

Расчеты годового экономического эффекта от внедрения в производство разработанных мероприятий по совершенствованию поливной техники и технологии нарезки поливных борозд приведены в табл.5.7.

Таблица 5.7

Составляющие годового экономического эффекта внедрения в производство технологии и алементов оросительной сети

Технологии и оросительные сети	Годовой экономический эффект, руб/га	в том числе за счет		
		экономии оросительной воды	снижения капитальных вложений	снижения себестоимости
Применение катков-бороздоделов КБ-I	I97,7	I50,0	+0,37	-48,I5
Передвижная поливная сеть (ППС)	74,2	-	-84,6	-I0,4
Стационарная трубчатая сеть с П-образными гидрантами	67,0	-	+8,0	-75,0
Низконапорная капельная система "Таджикистан-I"	I22,0	-	-72,0	-50,0

Примечание: + увеличение, - снижение

Суммарная величина годового экономического эффекта, полученная со всей площади, на которой внедрены разработанные нами мероприятия составила 350 тыс.руб., а ожидаемый эффект – более 4,5 млн.руб.

Таблица 5.8

Фактический и ожидаемый экономический эффект от внедрения рекомендуемых технологий и элементов оросительной сети

Технологии и оросительная сеть	Внедрено в хозяйствах		Принято в проектах до I990г.	
	га	тыс.руб.	га	тыс.руб.
По микроборозадам	I000	I97,7	5303	I048,0
Передвижная поливнат сеть	200	I4,8	I000	74,2
Стационарная трубчатая сеть с П-образными гидрантами	2000	I34,0	50000	3350,0
Низконапорная капельная система орошения "Таджикистан-I"	20	2,44	500	6I,0
Итого:	3220	348,94	56803	4533,2

З А К Л Ю Ч Е Н И Е

I. Таджикская ССР располагает высоким биоклиматическим потенциалом и достаточными трудовыми ресурсами, но ограничена удобными для сельскохозяйственного пользования земельными площадями. На одного жителя приходится всего 0,I2 га орошаемой пашни. Дальнейшее развитие орошения сдерживается отсутствием пологих площадей, пригодных для традиционных способов полива. Для земельных массивов перспективного орошения республики характерны большие уклоны (0,0I...0,40). В связи с этим, наиболее актуальной проблемой является разработка технологий и конструкций распределительной и поливной сети, пригодных к использованию на указанных землях ,что позволяет включить в сельскохозяйственное пользование значительные площади новых орошаемых земель.

2. Существующая техника и технология полива сельскохозяйственных культур имеет низкий коэффициент использования оросительной воды (0,49), низкую производительность труда на поливе (0,2 -0,3 га/смену) и не соответствует сложным почвенно-рельефным условиям склоновых земель. Кроме того, эти земли подвержены сильной ирригационной эрозии (до 50 т/га в год).

3. Разработаны, обоснованы и применены прогрессивные технологии полива и элементы трубчатой оросительной сети применительно к различным видам бороздкового и капельного способов орошения склоновых земель, обеспечивающие не только равномерность увлажнения,но также позволяющие свести к минимуму поверхностный сброс и эрозию почвы.

4. Экспериментальные исследования проводились на I5-ти опытно-производственных участках площадью от 20 до 200 га, расположенных в основных зонах орошаемого земледелия Таджикской ССР, типичность которых обоснована методом количественных вероятностных оценок.

5. На основе теоретического анализа имеющихся материалов, проведения лабораторных, опытно- производственных исследований и численных расчетов выведены зависимости, позволяющие установить рациональные параметры элементов техники полива по микробороздам. При этом установлены оптимальные коэффициенты извилистости микро - борозд ($K^{к}_{изв}$) для различных условий: для слабоводопроницаемых почв - 2,0; средневодопроницаемых - 3,0; сильноводопроницаемых-4,0. Вместе с тем нарезка микроборозд, извилистых в плане, позволяет

уменьшить их уклон в 2-4 раза, доведя до допустимого (0,05) значения. Необходимо отметить, что при равномерном увлажнении склона крутизной 0,10 - 0,20 (Кр = 1,0) минимальный поверхностный сброс составляет 4-5%, а эрозия почвы снижается до 1,0 ÷ 3,0 т/га в год. Таким образом расширяется граница применения бороздкового полива (по уклону поверхности), снижаются экологически вредные последствия этого способа полива.

6. С целью реализации предлагаемой технологии полива разработаны различные модификации орудий для формирования микроборозд с учетом почвенно-рельефных условий склоновых земель и возделываемых сельскохозяйственных культур. Они прошли ведомственные, государственные испытания и внедрены на площади 1000 га. Новые технологии нарезки борозд и конструкции орудий защищены пятью авторскими свидетельствами.

7. Предложены усовершенствованные конструкции самонапорной передвижной и стационарной трубчатой оросительной сети, обеспечивающие равномерное распределение воды на различные поливные элементы при поверхностном, подпочвенном и капельном способах орошения, работающие в низконапорном режиме.

На основе экспериментальных и теоретических исследований установлены закономерности транспортирования и распределения воды на склоновых землях. Получены зависимости, позволяющие рассчитывать основные параметры предлагаемой оросительной сети. Разработаны технические условия и инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации указанной сети. Конструкции элементов переносной и стационарной трубчатой сети защищены 13-ю авторскими свидетельствами на изобретения.

Для капельного орошения созданы принципиально новые системы типа "Таджикистан", отличающиеся низкой (0,08...2,0) напорностью, с большими (1,0...8 мм) диаметрами капельных отверстий в сравнении с существующими, возможностью использования в оросительной системе воды бытовой мутности и применения менее дефицитных и дешевых материалов труб. Эти системы имеют высокую эксплуатационную надежность (0,90). Обоснованы основные параметры элементов капельной системы непрерывного и импульсного действий. Новые элементы предлагаемой системы защищены 5 авторскими свидетельствами на изобретения.

8. Рекомендуемые технологии поливов, оросительная сеть и технические средства районированы для склоновых земель. Они использованы Минводхозом Таджикской ССР при разработке территориальной схе-

мы развития орошения. В соответствии с районированием, технология полива с/х культур по микробороздам с подачей воды низконапорной передвижной и стационарной трубчатой сети рекомендуется на площади 880 тыс.га. Капельное орошение, с учетом мелиоративных требо - ваний, предлагается применить на площади 201,6 тыс.га.

9. Результаты многолетних лабораторных, производственных исследований и численных расчетов позволили решить ряд важнейших научных, методических и технологических вопросов орошения склоновых земель, основными из которых являются:

- обоснование путей орошения склоновых земель;
- проверка основных теоретических положений;
- оценка методов расчета и технологических приемов;
- разработка критериев оценки эффективности предлагаемых технологий и оросительной сети на склоновых землях крутизной 0,01-2,0 без террасирования и 0,20-0,40 со строительством террас.

10. Основные результаты работы использованы при составлении нормативных документов:

- рекомендации по технике полива склоновых земель по микробороздам и усовершенствованию элементов поливной сети (Душанбе, 1980);
- временной инструкции по проектированию, строительству и эксплуатации низконапорной капельной системы "Таджикистан- - 1" (ВСН-04-87. - Минводхоз Таджикской ССР, 1987);
- временной инструкции по проектированию, строительству и эксплуатации распределительного трубопровода с П-образными гидрантами (ВСН-03-87. - Минводхоз Таджикской ССР, 1987);
- рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации орошаемых террас. Госагропром и Минводхоз Таджикской ССР Душанбе, 1988, 36 с. (соавторы В.Н.Ходжаев, Р.Курбанов);
- рекомендации по применению передвижной поливной сети на склоновых землях с просадочными грунтами.Госагропром и Минводхоз Таджикской ССР, Душанбе, 1988, 31с. (соавтор А. Камолидинов).

Результаты работ явились основой составления проектов ре - конструкции и нового орошения в следующих 10-ти крупных объектах,

утвержденных и включенных в титульный план до 1990 г. (общая площадь более 300 тыс.га):

- технико-экономическое обоснование реконструкции оросительной сети и мелиоративного улучшения земель в Вахшской группе районов Таджикской ССР;
- оросительные системы в Гармском и Джиргитальском районах на массивах "Намуна", "Обиясман" и "Яхант" Таджикской ССР;
- орошение земель АПО "Ховалинг" Кулябской области Таджикской ССР;
- орошение земель подкомандных Зиддинскому водохранилищу;
- орошение земель Рохатинской оросительной системы Таджикской ССР;
- орошение земель второй очереди Большого Аштского массива;
- обосновывающие материалы "Орошение земель Молдавской и Украинской ССР стоком реки Дунай с водозабором из Придунайских озер";
- орошение земель массива "Арпа" Сузакского района Киргизской ССР.

Часть из них реализована на площади свыше 3200 га с фактическим годовым экономическим эффектом более 350 тыс.рублей. Ожидаемый экономический эффект в 12 пятилетке составит более 4,5 млн. рублей. Разработанная инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации распределительного трубопровода с П-образными гидрантами была включена в отраслевой план внедрения Минводхозом СССР на 1986-1990 гг.

11. Таким образом, опыт освоения и орошения земель указанных объектов подтвердил основные результаты исследований и эффективность разработанных рекомендаций, их высокую конкурентноспособность по сравнению с существующими как по капиталовложению, так и по материалоемкости, трудозатратам, энергозатратам и надежности.

Новые технические решения подтверждаются 23 авторскими свидетельствами на изобретения.

12. Основные результаты работы представлены в прилагаемой таблице.

13. Дальнейшие исследования должны предусматривать:

- уточнение теории равномерного увлажнения склоновых земель при стохастическом изменении водно-физических свойств почвы и уклона склона по длине;
- совершенствование природоохранной и ресурсосберегающей

технологии полива, улучшение экологических условий;
- усовершенствование конструкции рабочих органов, работающих по заданной программе;
- автоматизация водораспределения во всех элементах оросительной сети.

Таблица 6.I

Степень изученности элементов технологии орошения склоновых земель и их усовершенствование

Наименование элементов	Состояние вопроса	Пути совершенствования	Полученные теоретические и практические результаты	Область применения
I	2	3	4	5
Водный режим	В расчетах режима орошения и урожайности с.х. культур не учитываются крутизна и ориентация склоновых земель.	Предлагается учитывать крутизну и ориентацию склонов при расчете поливного режима и урожайности с.х. культур.	Получен коэффициент, учитывающий влияние экспозиции склона на величину оросительной нормы.	Рекомендуется использовать при разработке режима орошения и программирования урожая с.х. культур на склоновых землях.

Продолжение табл.6.I

I	2	3	4	5
Техника полива по бороздам	На склоновых землях при существующем способе нарезки борозд окучниками на ее дне образуется рыхлая почва, которая смывается в первые часы полива, увеличивается поверхностный сброс, происходит неравномерное увлажнение почвы. Для улучшения качества бороздкового полива предложены следующие приемы: переменная подача расхода в течение полива, укрепление ложа борозды химическими препаратами, ее уплотнение, изогнутые борозды и др. Эти приемы требуют больших трудовых и материальных затрат, существенно не улучшают качество полива.	Предложен способ выполнения борозд небольшого размера "микроборозд" (площадь поперечного сечения 4..I0 $см^2$) методом вдавливания прямолинейных, прямолинейных с боковыми лунками, зигзагообразных с монотонно изменяющейся извилистостью. При таком способе нарезки резко снижается поверхностный сброс и эрозия почвы, выравнивается увлажнение по длине склона и повышается урожайность с.х.культур. Он позволяет применять бороздковый полив на пологих и покатых склонах.	Созданы специальные орудия, установлены их параметры. Дана зависимость для расчета элементов техники полива с учетом почвенно-рельефных условий и различных сельскохозяйственных культур. Установлено влияние зигзагообразных микроборозд на характер изменения скорости впитывания. Определена надежность и технико-экономические показатели системы.	Рекомендуется для пропашных культур при крутизне склона 0,0I..0,I0, для садов и виноградников при крутизне склона 0,I0..0,20, а также на террасированных склонах крутизной 0,20..0,40.

Продолжение табл. 6.I

I	2	3	4	5
Капельное орошение	Б известных системах капельного орошения капельницы работают при напорах 5-60 м, имеют сложную конструкцию, условные диаметры поливных отверстий капельниц менее 0,3 мм. Поэтому требуется тонкая очистка воды.Для создания равномерного напора по всей системе вода в систему подается насосами. Все это удорожает удельные капитальные вложения, снижает эксплуатационную надежность капельной системы. Что сдерживает широкое применение этого способа орошения.	Предложены низконапорные системы, работающие за счет уклона местности. Они имеют простые конструкции отстойников весового и сифонного действий, запорно-регулирующие устройства, а также капельницы. Рабочие напоры в системе создаются за счет вертикальных изгибов, устраиваемых в местах раздачи воды. При напорах 0,I...2,0 м, при мутности поливной воды до 2,0 г/л, размерах частиц наносов до 0,5 мм система работоспособна и надежна в эксплуатации. Предложены системы с импульсными капельницами, позволяющие автоматизировать процесс полива, а размеры водовыпускных отверстий довести до 5-8 мм.	Установлены оптимальные параметры всех элементов системы. Разработана методика расчета и проектирования системы. Определена ее надежность, а также технико-экономические показатели.	Рекомендуется на склонах крутизной 0,02-0,2 без строительства террас. При крутизне склона 0,2-0,4 с терасированием.

Продолжение табл. 6.I

I	2	3	4	5
Трубчатая распределительная и поливная сеть	На склоновых землях применяются передвижные и стационарные трубчатые сети. Из-за большого уклона трассы в них возникают большие статисти - ческие и динамические напоры. И как следствие необходимость использования высоконапорных металлических или асбоцементных труб со слож - ными элементами сети и гасителями статического напора. Эти устройства удорожают стоимость сети и усложняют ее эксплуата - цию	Разработана передвижная и стационарная оросительные сети, работающие в низкона - порном (напоры I-2м) режиме независимо от уклона трассы. Они имеют простые конструкции запорно-регулирующих элементов. Для отвода сбросных вод предло - жена канавка с полиэтиленовым экраном и гравийной засыпкой, а так-же трубчатая сеть.	Установлены режимы работы (заправочный, нормальный, критический). Получены зависимости, позволяющие рассчитывать места установки основных и дополнительных воздухоотводных трубок. Дана методика расчета и проектирования распределительной и поливной сети. Определена надежность и технико-экономические показатели ее. Разработан вариант использования вертикального изгиба как водомер для трубчатой сети.	Рекомендуется использовать на террасированных и неторрасированных склонах крутизной 0,0I-0,20 (0,4) при поверхностном, внутрипочвенном и капельном орошении, а также на террасированных склонах крутизной 0,20-0,40

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Айзенштат Б.А. Метод расчета составляющих радиационного баланса горной долины // Труды СредАЗНИГМ. 1964. - С. 347.

2. Акопов Е.С. О допустимом пределе смыва почвы при поливах // Орошение в горных условиях: Тр.ВАСХНИЛ. - М., 1982. - С.104-108.

3. Акопов Е.С. Районирование орошаемых земель в Армянской ССР по применению целесообразных способов и техники полива // Труды ВАСХНИЛ. Орошение в горных условиях. М., 1981. - С. 3-15.

4. Акты государственных испытаний катков для образования противоэрозионных микроборозд к культиватору КРХ-4 № 26-69-81, № 26-69-82, № 26-69-83. - Янги-юль: САМИС, 1981. - 83 с.

5. Алексеев В.И., Попыкин А.П. Внутрихозяйственное районирование орошаемых земель по поливному режиму и техники полива // Вест. с.-х. науки, - 1967. - № 9. - С.20.

6. Алиев Н.А. Разработка и освоение индустриальной технологии возделывания виноградников. - Ялта, 1983. - 44 с.

7. Альтшуль А.Д. Примеры расчетов по гидравлике. М.: Стройиздат, 1977. - 254 с.

8. Альтшуль А.Д., Краснов Н.С. Гидравлическое сопротивление сеток с квадратными ячейками // Водоснабжение и сантехника. - 1967, - № 9. - С.70.

9. Арст В.Х. К вопросу проектирования поливной сети систем локального орошения // Вест. с.-х. науки Казахстана. - 1982 г. - № 7. - С.79-85.

10. Арст В.Х. Исследование гидравлических характеристик водовыпуска для локального орошения садов // Вест. с.-х. науки Казахстана. - 1981. - № 1. - С.67-73.

11. А.с. 952164 (СССР, МКИ А01G25/02 Устройство для укладки гибких трубопроводов / Н.К.Нурматов, С.Х.Бахриев (СССР) - № 2917547/30-15, заявлено 23.04.80 Опубл. 23.08.82, Бюл. № 31. - 2 с.

I2. А.с. 938763 СССР, МКИ А0IВ I3/00. Орудие для нарезки борозд / Н.К.Нурматов, С.Х.Бахриев (СССР). - № 2833I34/30-I5, заявлено 22.I0.79; опубл. 30.06.82. в Бюл. № 24. - 2 с.

I3. А.с. 933050 СССР, МКИ А0I G 25/09. Устройство для раскладки и сборки гибкого поливного трубопровода / Н.К.Нурматов, Т.Сайфуллаев, Т.Х.Мухамедов (СССР). - № 3000291/30-I5; заявлено 05.II.80; опубл. 07.06.82 в Бюл: № 2I. - 2 с.

I4. А.с. 899071 СССР, МКИ В 0ID 2I/00. Отстойник / Н.К.Нурматов, Т.Сайфуллаев (СССР). - № 2926421/23-26; заявлено I6.05.80; опубл. 23.0I.82. Бюл. № 3. - 2 с.

I5. А.с. II37I46 СССР, Е 02.В 8/02. Отстойник сифонный / Т.Сайфуллаев, Н.К.Нурматов (СССР). - № 3560934/29-I5; заявлено 0I.03.83; опубл. 30.0I.85. Бюл. № 4. - 2 с.

I6. А.с. II49900 СССР, МКИ А. 0I G25/02. Импульсная капельница/ Н.К.Нурматов, Т.Сайфуллаев (СССР). - № 36666671/30-I5; заявлено 28.II.83; опубл. I3.04.85; Бюл. № I4. - 2 с.

I7. А.с. 888874 СССР, МКИ А.0I Д 25/02. Устройство для промывки гибких трубопроводов / Н.К.Нурматов, А.Камолидинов (СССР). - № 2939691/30-I5; заявлено II.06.80; опубл. I5.0I.8I; Бюл. № 46. - 2с.

I8. А.с. 869695 СССР, МКИ А0I G 25/02. Поливной трубопровод / Н.К.Нурматов (СССР). - № 2873615/30-I5; заявлено 25.0I.80; опубл. 07.I0.8I. Бюл. № 37. - 2 с.

I9. А.с. 854327 СССР, МКИ А0I G 25/02. Капельница / Н.К.Нурматов, Т.Сайфуллаев (СССР). - № 28864 25/30-I5; заявлено 26.02.80; опубл. I5.08.8I. Бюл. № 30. - 2 с.

20. А.с. 792338 СССР, МКИ А.0I G 25/02. Поливной шланг / Н.К. Нурматов (СССР). - № 2779962/30-I5. Заявлено I4.06.79; опубл. 30.I2. 80. Бюл. № 48. - 2 с.

2I. А.с. 803877 СССР, МКИ А 0I В I3/00. Орудие для нарезки борозд / Н.К.Нурматов, А.Г.Гулямджанов (СССР). - № 2693I98/30-I5; заявлено 07.I2.78; опубл. I5.02.8I. Бюл. № 6. - 2 с.

22. А.С. 697631 СССР, МКИ Е 02 В 13/00. Гибкий оросительный трубопровод / Н.К.Нурматов (СССР). - № 2590575/30-15; заявлено 13.03.78; опубл. 15.11.79. Бюл. № 42. - 2 с.

23. А.с. 650565 СССР, МКИ А 01 G 25/02. Способ полива по уплотненным и рыхлым бороздам / Н.К.Нурматов, А.Г.Гулямджанов. № 2531994/30-15; заявлено 17.10.77; опубл. 05.03.79. Бюл. № 9.-2 с.

24. А.с. 357933 СССР, МКИ А01 G 25/02. Поливной трубопровод / Н.К.Нурматов, В.А.Сурин (СССР). - № 1471853/30-15; заявлено 03.11.70; опубл. 03.11.72. Бюл. № 34. - 2 с.

25. А.с. 1012843 СССР А01 G 25/02. Поливной трубопровод / Н.К.Нурматов, С.Х.Бахриев (СССР). - № 3379380/30-15; заявлено 11.01.82; опубл. 23.04. . Бюл.№ 15. - 2 с.

26. А.с. 1021429 СССР, МКИ А 01 G 25/02. Поливной трубопровод / Н.К.Нурматов, С.Х.Бахриев (СССР). - № 3424782/30-15; заявлено 16.04.82; опубл. 07.06.82. Бюл. № 21. - 2 с.

27. А.с. 1111707 СССР, МКИ А01 G 25/02. Поливной трубопровод / Н.К.Нурматов, В.Н.Ходжаев (СССР). - № 3586986 2/30-15; заявлено 13.05.83; опубл. 09.09.84. Бюл. 1984. № 33. - 2 с.

28. А.с. 1047444 СССР, МКИ А 01 G 25/02. Способ освоения орошаемых земель на просадочных грунтах / С.К.Комилов, В.А.Сурин (СССР). - Опубл. в Бюл. 1983. № 38. - 2 с.

29. А.с. № 1445565 СССР, МКИ А01 В 13/00. Орудие для нарезки борозд / В.И.Палиев , Н.К.Нурматов. - № 4202851/30-15; заявлено 15.06.87; опубл. 23.12.88. Бюл. № 47. - 2 с.

30. А.с.№ 1576653 СССР. Запорно-регулирующее устройство / Н.К.Нурматов, Т.Сайдуллаев, Х.С.Абдурахмонов. - № 4452131/23-10. Заявлено 23.05.88. (Получено положительное решение на выдачу а.с.)

31. А.с.№ 1584829 СССР. Импульсная оросительная система / Н.К.Нурматов, А.Камолиддинов, Т.Сайдуллаев. - № 4243031/15. Заявлено 20.09.88; (получено положительное решение на выдачу а.с.)

32. А.с. № 1501936 (СССР). Орудие для нарезки борозд / С.Х.Бахриев, Н.К.Нурматов. - № 4201982/30-15. Заявлено 24.03.88. (получено положительное решение на выдачу а.с.).

33. Атлас Таджикской ССР / Под ред. К.В.Станкевича. - Душанбе, - М., 1968. - 200с.

34. Ахмадов Х.М., Коваленко В.С. Развитие эрозионных процессов в Таджикистане и борьба с ними. - Душанбе, 1984. - 44 с.

35. Ахмеров А.С., Сафаров В.Н. Связь водопроницаемости лессовых пород с их физико-механическими свойствами // Тез.докл. Всесоюз.совещ. "Методика инженерных изысканий для мелиоративного строительства в аридной зоне". 13-17 окт. 1983. - Душанбе, 1983. - С. 4.

36. Ахмедов Г. Режим орошения культуры лимона на склоновых землях юга Таджикистана : Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - М., 1982. - 20 с.

37. Бабаев М.В. Ирригационная эрозия в горных и предгорных районах Казахстана. Алма-ата: Казгосселькозиздат, 1962. - 56 с.

38. Балцату И.Н. Исследование закономерностей передвижения воды в почве при капельном орошении садов в условиях Молдавии: Автореф, дис. ... канд.техн.наук. - М., 1981. - 21 с.

39. Баякенова М.К. Воздушные скопления в пастбищных водопроводах и способы их удаления: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Л., 1983. - 19 с.

40. Бекузарова З.П. Освоение склонов методом террасирования под многолетние насаждения в условиях Северной Осетии: Дис. ... канд.техн.наук. - Новочеркасск, 1979. - 162 с.

41. Безбородов Г.А., Акопян Я.В. Исследование элементов техники полива по бороздам на землях с большими уклонами // Материалы X конф.мол.учен. Узбекистана по сель.хоз-у. - Ташкент, 1980. - С. 18-19.

42. Большов А.И., Шихунов В.М. и др. Расчет площади сетчатого полотна фильтрующего устройства // Гидротехника и мелиорация. - 1982. - № 4. - С. 25-26.

43. Бончковский Ф.Н., Кутеминский В.Я. Природно-хозяйственное районирование Таджикской ССР // Изв. АН Тадж.ССР - 1961. - Вып.3(6). - С,

44. Бончковский Ф.Н., Батуров М. Результаты изучения полива хлопчатника дождеванием (агрегатом ДДП-30С): Отчет института почвоведения Таджикской ССР. - Душанбе, 1955. - 60 с.

45. Браверман Р.Д., Новикова А.В. Капельное орошение садов в условиях Узбекской ССР // Опыт проектирования, строительства и эксплуатации систем капельного орошения: Тез.докл.Всесоюз.научн. техн.симпоз. 15-19 сент.1981. - Кишинев. 1981. - С. 46-47.

46. Браверман Р.Д., Новикова А.В. Капельное орошение садов на барханных песках // Орошение и оросительные системы / Экспресс-информ/ ЦНИИТИ Минводхоза СССР. Сер.I . Мелиорация и водное хозяйство. - М., 1981. Вып.I. - С.3-7.

47. Буачидзе В.М. Технология самотечного полива в горных условиях // Орошение в горных условиях. - М.: Колос, 1981. - С. 56-61.

48. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. - М.: Наука, 1964. - 244 с.

49. Бунятян Л.Е. Методика установления распределения оросительной воды по длине борозды // Тр. ин-та АрмНИИГиМ. 1958. - Т-3 - С. 197-206.

50. Буркин А.И., Сулема А.Я. Применение методики рационального планирования эксперимента при оценке противоэрозионной устойчивости темно-серых почв // Почвоведение, - 1973, - № 7.- С. 115.

51. Васильев Б.В., Мер И.И., Прудников Г.Т., Рябов Г.А. Мелиоративные и строительные машины, - 3-е издание, перераб. и доп. - М.:Агропромиздат, 1986. - С. 68-69.

52. Васильев А.В., Раппопорт Д.М. Новые методы тензометрирования и приборы для их испытаний и исследований. – М.: Машгиз, 1963. – 69 с.

53. Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям, 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1988. – С.242-255.

54. Василенко П. Сопротивление почв и грунтов сдвигу как один из основных факторов работы с.-х. машин // Физика почв в СССР. М.: Сельхозгиз, 1936. – С.247-262.

55. Василенко А.И., Василенко А.А. Канализация // Курсовое проектирование. – Киев: Вища школа, 1979. – С.208.

56. Винникова Н.В., Пензин И.П., Терпигоров А.А. Технология и технические средства распределения воды в поливную сеть на системах поверхностного орошения // Обзорная информ. № 4. ЦБНТИ ММиВХ СССР, 1979. – С.5-8.

57. Водолазский В.И. Экспериментально-теоретическое обоснование рационального размещения приборов для впуска воздуха по длине напорных магистральных водоводов: Автореф. дис. ... канд.техн. наук. – Харьков, 1965. – 16 с.

58. Вознесенский С.С. Динамическая геоморфология. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1971. – 227 с.

59. Воронина Г.И. Исследование особенностей внутрипочвенного орошения и регулирование водного и теплового режима почв в условиях предгорной зоны Чуйской долины: Дис. канд.техн.наук. – Фрунзе, 1983. – 168 с.

60. Временное руководство по проектированию, строительству и эксплуатации капельного орошения / ММиВХ СССР, В/о Союзводпроект. – М., 1979. – 120 с.

61. Вырлев И. Техника полива с постоянными и переменными струями и средства механизированного распределения воды: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. – София, 1966. – 23 с.

62. Вырлев И. Способ оценки и улучшения равномерности полива//

Хлопководство. - 1979, - № 8. - С.41-44.

63. Гайшун И.А. Изыскание и исследование рабочих органов для формирования мелких лунок при вспашке на склонах: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М., 1975. - 20 с.

64. Герасимов И.П., Глазовская М.Л. Основы почвоведения и географии почв. - М.: Географгиз, 1960. - 490 с.

65. Гершунов Э.В., Туруспаев Б.Т., Дарбинян В.Л. и др. Капельное орошение как способ непрерывного водоснабжения растений // Орошение и оросительные системы. 1983. - Вып.5. Сер.1. - С. 7-13.

66. Глазьев В.А., Кривощеков В.С., Билик А.О. Автоматизированная низконапорная закрытая оросительная сеть // Гидротехника и мелиорация. - 1981, - № 1. - С.43-49.

67. Голованов А.И. Прогноз водно-солевого режима и расчет дренажа на орошаемых землях: Дис. ... д-ра техн.наук. - М., 1974. - 307 с.

68. Гордеев В.Б. Система внутрипочвенного орошения для равнинных условий центрального Таджикистана: Автореф. дис. ... канд. техн.наук. М., 1983. - С.19-20.

68[а]. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. ГИФ, М., 1962.

69. Григорав М.С. Научно-экспериментальное обоснование и оптимизация параметров систем внутрипочвенного орошения для различных природных зон: Автореф. дис. ... докт.техн.наук. - Минск, 1985. - 42 с.

70. Гусейнов Г.М. Районирование способов полива и режима орошения сельскохозяйственных культур по природно-экономическим зонам Азербайджанской ССР // Мелиорация засоленных земель в Азербайджанской ССР. - М., 1980. - С.96-118.

71. Гуссак В.Б. Изучение процессов смыва и эрозия в лотке // Почвоведение. - 1945, - № 1. - С.29-39.

72. Дадаев Г. Устойчивость уплотненных грунтов против размыва //Соц.сель.хоз-во Азербайджана. - 1956. - № 6. - С.50-56.

73. Джалилов А.Ш. Радиационный баланс растительного покрова и диагностика сроков поливов сельскохозяйственных культур в Таджикистане. - Душанбе; ТаджикНИИНТИ, 1986. - 36 с.,

74. Дигереная Р.Г. Установление устойчивого профиля поливной борозды. // Сб. Эрозия и селевые процессы и борьба с ними. Вып.7, 1980. - С.28-33.

75. Джуманкулов Х.Д., Домуллоджанов Х.Д., Мирзоев Г.Д. и др. Агрономические аспекты дождевания в Таджикистане / Сель.хоз-во Таджикистана, - 1978, - № 10. - С.61-64; там же - № 11. - С.58-63.

76. Дикаревский В.С., Красянский И.И. Водоводы для ж.д. водоснабжения. - М.: Транспорт, 1978. - 279 с.

77. Дикаревский В.С. Удаление воздушных скоплений из трубопровода текущей жидкостью. // Сб.тр. / Ленингр.инст.инж.железнодорожн.транспорта. - 1958. - Вып.158.

78. Дикаревский В.С. Определение условий выноса воздуха из трубопроводов потоком воды. // Водоснабжение и сан.техника. - 1973, - № 1. - С.3.

79. Домуллоджанов,Х.Д., Камолидинов А., Нурматов Н.К. Особенности водопотребления хлопчатника на склонах // Сель.хоз-во Таджикистана. - 1981, - С.26-28.

80. Домуллоджанов Х.Д. Орошение культур хлопкового севооборота в Таджикистане. - Душанбе: ТаджикНИИНТИ, 1983. - С.28.

81. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. - М.: Колос, 1979. - 416 с.

82. Дунин-Барковский Л.В. Физико-географические основы проектирования оросительных систем (Районирование и водный баланс орошаемой территории). - М.: Наука, 1960. - 166 с.

83. Жарова К.А. Техника полива по бороздам на больших уклонах Чуйской долины. - Фрунзе: АН Кирг.ССР, 1961. - 183 с.

84. Журба М.Г. Проблема чистой воды и надёжность капельниц. // Гидротехника и мелиорация.. - 1982. - № 7. - С.38-43.

85. Заславский М.Н. Эрозия почв. - М.: Мысль, 1979. - 318 с.

85а. Заславский М.Н. Эрозиоведение учебник для студентов географ. и почв. спец. вузов. " Высшая школа", - М.: 1983. - 320 с.

86.Зейлигер А.М., Сухарев Ю.И. Двумерная математическая модель влагопереноса в мелиорируемых почвах// Теория и практика комплексного мелиоративного регулирования. Тр.МГМИ - М., 1983. - С. 83 - 91.

87. Зейлигер А.М. Использование моделей влагомера в почвах для решения ряда практических задач. // Повышение эффективности мелиорируемых земель и использование водных ресурсов в мелиорации. Труды МГМИ - М.1987. - С.99-100.

88. Зухритдинов С.С. Разработка техники поверхностного полива виноградников из закрытой сети трубопроводов на адырных землях Ферганской долины: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М.: 1984. - 25 с.

89. Зухритдинов С.С. Способы выравнивания равномерности увлажнения почвы по длине борозды при больших уклонах // Основные мероприятия по повышению эффективности мелиорации, Сб. науч. тр. МГМИ. - М., 1984. - С. 111-120.

90.Зюликов Г.М. Закрытые оросительные системы. - М.: Колос, 1966. - С. 180.

91. Иванов В.В. Технологическая оценка работы оросительной системы полива по бороздам из трубопроводов: Дис. ... канд.техн. наук. - М., 1979. - 163.

92.Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Сер.' география и геофизика. М.: АН СССР, 1941. - С. 118-124.

93. Иванов В.Д.,Лопырев М.И. Об установлении категории эрозионно опасных земель по интенсивности смыва почв талыми водами // Почвоведение. - 1979, - № 4. - С. 81-91.

94. Иванов Н.Н. Атмосферные увлажнения тропических и сопре-

дельных стран мира // Записки географического общества СССР. - М., 1958. - Т.18. - С.100.

95. Израэльсон О.У. Теория и практика ирригации: Иностр.лит. - М., 1956. - 350 с.

96. Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в орошении и осушении земель, обводнении пастбищ и мелиоративном строительстве. - М., 1979. - 68 с.

97. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений: (СН 509-78) / Госстрой СССР. - М., 1979. - С.62.

98. Инструкция по проектированию и монтажу сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб: (СН-478-80). - М., 1981. - 80 с.

99. Ицук Г.Б. Местные потери напора при последовательном соединении колен в напорных трубопроводах // Водоснабжение и сан. техника. - 1980, - № 9. - С.8-9.

100. Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рацпредложений в орошении и осушении земель обводнением пастбищ и мелиоративном строительстве: (РД.33-1.1.09-79). Доп.,1-е изд., офиц./ МЛиВХ СССР. - М., 1988. - 157 с.

101. Кабилов Р.С., Костюнин В.А. Ирригационная эрозия в адырно-предгорной зоне при бороздковом поливе // Докл.респ.науч.конф. "40 лет почвенной науки в Таджикистане", дек.,1976. - Душанбе, 1978. - С.137-147.

102. Камбаров Б.Э. Совершенствование техники бороздкового полива с учетом защиты почв от ирригационной эрозии в условиях больших уклонов и сложных рельефов (Предгорная зона Узбекской ССР):

Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Ташкент, 1972. - С.27.

103. Камолидинов А. Переносная оросительная сеть для полива хлопчатника на склоновых землях Таджикистана // Повышение эффективности мелиоративных систем: - Сб.науч.тр. - М., 1983. - С.37-46.

104. Карпов П.М., Пушкаренко В.П. Селевые явления в Узбекистане. - Ташкент; Фан, 1976. - 132 с.

105. Карпий Г.И. Обоснование техники подпочвенного орошения земель для горных склонов с близким водоупором : Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М., 1977. - 21 с.

106. Капельное орошение (пособие к СНиП 2.06.03-85) "Мелиоративные системы и сооружения". - М., 1986. - 148 с.

107. Касимов А.К., Шейнкин Г.Ю., Муртазин Р.М. и др. Синхронно-импульсное дождевание на крутых склонах // Гидротехника и мелиорация. - 1981, - № 1. - С.41-43.

108. Каримханов С.И. О влиянии экспозиции склонов на размещение почв в горном Дагестане // Почвоведение. - 1973, - № 2. - С.3-10.

109. Кивер В.Ф., Болдырев А.П. Повышение продуктивности орошаемых склоновых земель. - Кишинев; Карта Молдавеняскэ, 1981. - 140 с.

110. Киладзе Р.М. К вопросу учета изменчивости впитывающих свойств почвы при проектировании поверхностного орошения // Эрозия и селевые процессы и борьба с ними. - М., 1980. - Вып.7. - С.54-59.

111. Киндерис З.Б. Орошение земель в условиях холмистого рельефа. - М.: Колос, 1983. - 175 с.

112. Кимберг Н.В. Почвы Каршинской степи // Хлопководство, - 1963. - № 3. - С.39-43.

113. Клюхин В.С. Опыт проектирования капельного орошения в Молдавии // Гидротехника и мелиорация. - 1983, - № 4. - С.36-39.

II4. Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. - М.: Колос, I983. - 303 с.

II5. Комилов О.К. Сатторов М.А. Освоение прсздочных земель. -Душанбе: Ирфон, I986. - 63 с.

II6. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.Н. Радиационный режим наклонных поверхностей. - Л.: Гидрометеоиздат, I978. - С.38.

II7. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. - Л.: Гидрометеоиздат, I972. - 283 с.

II8. Костяков А.Н. Основы мелиорации. - М.: Сельхозгиз, I960. - 6I9 с.

II9. Костяков А.Н. Избранные труды. - Т.I. - М.: Сельхозгиз, I96I. - С.8I-82.

I20. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, I95I, - 750 с.

I2I. Кривовяз С.М. Механизация и районирование техники полива. - Ташкент: Узбекистан, I966. - 96 с.

I22. Кривовяз С.М. Некоторые результаты исследований по технике полива на новых землях Голодной степи // Гидротехника и мелиорация, - I963, - № 8. - С.6-7.

I23. Кривовяз С.М. Техника орошения (зона хлопкосеяния): Докл. на соиск. учен.степени докт.техн.наук. - Ташкент, I966., - I00 с.

I24. Куделя Н.А. Исследование влияния воздушных скоплений и вакуума на эффективность работы закрытой оросительной сети и разработка технических средств для выпуска и впуска воздуха: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Киев, I982. - 20 с.

I25. Кузнецов М.С. Противоэрозионная стойкость почвы. - М.: Изд-во Моск.унив-та, I96I. - 87 с.

I26. Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Ким А.Д. Ирригационная эрозия почв сероземной зоны и ее предупреждение. - М.: Наука, I983. - 62 с.

I27. Курбанов Р.К., Нурматов Н.К. Орошение виноградников на склоновых землях в Яванском районе // Садоводство. - I983, - № 8. - С.25-26.

I28. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. - Л.: Ленингр.отд. - стройиздата, I973. - 42I с.

I29. Кутергин В.А., Раевская Н.Г. О впитывании воды в почву при поливе по бороздам // Науч.зап. / ММиВХ, - I956, - Т.I9. - С.I44-I63.

I30. Кутеминский В.Я. Общие закономерности вертикальной зональности и вопросы классификации почв Таджикистана: Сб.докл.почвоведов, агрохимиков и мелиораторов Таджикистана к УП Междунар.конгрессу почвоведов. - Душанбе, I960. - С.3-II.

I3I. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника по бороздам. - М.: Колос, I978. - I75 с.

I32. Литвин Л.Ф. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. - М.: Наука, I98I. - С.82.

I33. Ляпин А.Н., Челюканов М.Д. Изучение техники полива по бороздам (методические указания). - Ташкент: УзНИТИ, I965. - С.38-40.

I34. Масевич Г.Ю. Орошение дождеванием адырных земель // Тр. ин-та Тадж. НИИ почвоведения. - I969, - Т.I3, вып.I. - С.I0I-I07.

I35. Махсудов Х.М. Эродированные сероземы и пути повышения их продуктивности. - Ташкент: Фан, I98I. - I54 с.

I36. Матсон И. О расчете параметров капельниц // Тр.ВАСХНИЛ. Орошение в горных условиях. - М., I98I. - С.99-I0I.

I37. Матынин Н.Ф. Полимеры в борьбе с ирригационной эрозией почв // Хлопководство, - I965. - № I. - С.44-45.

I38. Миколадзе Б.В., Мурванидзе Ч.Г. Руководство по проектированию орошения многолетних культур на террасированных склонах /

ММ и ВХ СССР. В/о Союзводпроект. - М., 1981. - 100 с.

139. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. и др. Исследование баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах на основе метода математического моделирования / Докл.ВАСХНИЛ. - 1986. № 2. - С. 7-10.

140.Мирзаханов К., Майлибаев С. Эрозия почв имеры борьбы с ней // Тез.докл. Среднеаз.науч.конф. по вопр.мелиорации земель и борьбы с эрозией почв. - Ташкент, 1974. - С.21-22.

141.Мирцхулава Ц.Е.,Лашкарашвили С.А. Установление допустимых скоростей при поверхностном поливе в условиях значительных уклонов площадей // Тр.Груз.НИИГиМ. - 1965. - Вып. 23. - С. 39-46.

142.Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. - М.: Колос, 1970. - 240.

143.Мирцхулава Ц.Е., Натальчук М.Ф., Иванов В.В. Закрытые оросительные системы, методика организации сбора, обработки и учёта статической информации о надежности : метод. указания / ММиВХ СССР. - М., 1982. - 50 с.

144. Муртазин Р.М. Технология орошения люцерны синхронным импульсным дождеванием на крутых склонах в Таджикской ССР : Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М., 1984. - 17 с.

145. Назарян А.Г. Проектирование оросительной сети на склонах // Орошение в горных условиях. - М.: Колос, 1981. - С.66-72.

146. Натальчук М.Ф., Ахмедов Х.А., Ольгаренко В.И. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1983. - 279 с.

147. Негматов Х. Вопросы механизации горного земледелия в Таджикской ССР. - Душанбе: Дониш, 1970. - 40.

148. Неусыпина Т.А., Таганов Ч.К. Гидродинамический анализ процесса полива по бороздам // Докл. ВАСХНИЛ, - 1985, - № 1. - С.41-42.

148.[а] Неусыпина Т.А., Нурматов Н.К. Особенности динамики впитывания воды в почву при поливе по микробороздам // Докл. ВАСХНИЛ, № 12, 1988 г. С. 33 - 35.

149. Никольский Ю.Н. Задачи влагопереноса в межполивной период // Вест.с. - х. науки, - 1969, - № 1. - С.11.

149.[а] Никольский Ю.Н. Результаты исследований водного режима

почвогрунтов с помощью влагомера НИВ-I, Труды ВНИИГиМ. Т.48. М.,I970 с. II2-II9.

I49.б Никольский Ю.Н. К расчету сроков поливов. Труды МГМИ. Т.34. М; I973, с. 58-62.

I50. Николаев А.В. Категории поливных режимов сельскохозяйственных культур. Сталинабад: АН Таджикской ССР, I956. - 268 с.

I5I. Носенко В.Ф. Возможности и пути совершенствования технологии поверхностного полива//Новое в технике и технологии полива. - М., I978. - С. 3-28.

I52. Носенко В.Ф. Принципы и основные положения методики районирования орошаемых земель по прогнозируемой технике полива// Сб.науч. тр./ ВНИИМиТП. - I974. - Т.7. - С.28-6I.

I53. Носенко В.Ф. Требования к технике полива и задачи по ее совершенствованию//Сб.науч.тр./ВНИИМиТП. - I974. - Т.6. - С.3-39.

I54. Нурматов Н.К. Техника полива сельскохозяйственных культур на крутых склонах//В сб.материалов семинара специалистов сельского и водного хозяйства. - Душанбе, I976. - С.69-73.

I55. Нурматов Н.К. Рекомендации по технике полива склоновых земель и усовершенствованию элементов поливной сети. - Душанбе: Таджикгипроводхоз, I980. - 36с.

I56. Нурматов Н.К. Полив виноградника на маломощных каменистых почвах Самгарского массива Таджикской ССР, канд.дис. ..., М.,I967. - 200 с.

I57. Обнинская Т.К. Водный режим и фотосинтез яблони в зависимости от экологических условий на склонах//Материалы науч.техн.конф. "Достижения науки и передового опыта в садоводстве", Краснодар, I97I. - 253 с.

I58. Павлов Г.Н., Шапошников В.Н., Нигматулин Р.А. Оросительная система для предгорий//Хлопководство,-I986.-№ 5.- С.25-27.

I59. Павлов Г.Н., Шапошников В.Н., Акопян Я.В. и др. Рекомендации по технике полива и проектированию оросительной сети в условиях сложного рельефа предгорий (зона Пархентского канала). - Ташкент,I982.

I60. Паганяс К.П. Искусственное оструктирование орошаемых

типичных сероземов в целях повышения их плодородия и противоэрозионной устойчивости: Автореф. дис. ... д-ра биолог.наук. - М., 1980. - С.29-31.

161. Пиров Х.Г. Внутрипочвенное орошение виноградников в центральном Таджикистане: Автореф. дис. ... канд.с.х.наук. - М., 1983. - 21 с.

162. Плюснин И.И., Голованов А.И. Мелиоративное почвоведение. - М.: Колос, 1983. - 317 с.

163. Потапов Б.И. О влиянии влажности и уплотнения почв на предельное сопротивление их сдвигу // Почвоведение, - 1966, - № 4. - С.30-32.

164. Протоколы Государственных испытаний катков-бороздоделов КБ-1 № 27-29-81 (126/6/0), № 27-29-82, № 27-29-83 (Таджикская МИС), 1983 г.

165. Рагимов К.С. Террасирование эродированных склонов под многолетние насаждения и пути окультивирования почв полотна террас в условиях Азербайджанской ССР // Орошение в горных условиях. - М.: Колос, 1981. - С.108-114.

165[а]. Разработка методики расчета элементов техники полива на основе лабораторных и теоретических исследований. - М., 1977. - 111 с. - (Рукопись представл. НИС МГМИ № Гр 75054816 инв. № Б 431166, Айдаров И.П., Никольский Ю.Н. и др).

166. Разуловский Л.А. Исследование и разработка способов повышения производительности и улучшения качества бороздкового полива: Дис. ... канд.техн.наук. - М., 1979. - 195 с.

167. Расулов А.М. Почвы Каршинской степи. - Ташкент: Фан, 1965. - 65 с.

168. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. - Л.: Гидрометеоиздат, 1976. - 96 с.

169. Романов Б.М., Иванова Т.И., Волчкова Т.Л. Перспективные

способы и техника полива. М.: Колос, 1974. - С.127.

170. Руководство по определению экономической эффективности новой поливной техники (ВТР-0-4-81). - М.: ВНПО Радуга, 1981. - 268 с.

171. Сайвединов Т. Ирригационная эрозия на землях нового освоения Самаркандской области и способы борьбы с нею: Дис. ... канд.с.х.наук. - Самарканд, 1976. - 200 с.

172. Саноян С.В., Нуриджанян И.А. Полив по вдавленным бороздам. - Ереван: Айстан Колтитесакан, 1956. - 6 с.

173. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации (Л.В. Скрипчинская, А.М.Янголь, С.М.Гончаров и др.). Киев: Вищая школа, 1977. - 352 с.

174. Справочник по гидравлике для мелиораторов. М.: Колос, 1984. - 207 с.

175. Степаненко Н.П. Исследование технологических параметров автоматизированного бороздкового полива: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Новочеркасск, 1982. - С.20.

176. Сурин А.А. Гидравлический удар в водоводах и борьба с ним. - М.: Трансдориздат, 1948. - 371 с.

177. Сурин В.А. Оценка применимости способов орошения в условиях предгорной зоны Средней Азии // Сб.науч.тр.МГМИ: Техника и технология орошения с.х. культур: М., - 1982. - С.20-45.

178. Сурин В.А., Носенко В.А. Механизация и автоматизация полива с.х.культур. - М.: Колос, 1981. - С.77-85.

179. Сурин В.А., Маслов Н.В. Расчет элементов техники бороздкового полива на больших уклонах // Гидротехника и мелиорация. - 1977. - № 8. - С.49-56.

180. Сурин В.А. Орошение земель на склонах предгорных районов Ферганской долины // Орошение в горных условиях. - М., 1981. - С.73-82.

181. Сурин В.А., Нурматов Н.К. Полив виноградников из закрытой сети. - М.: Колос, 1976. - 141 с.

182. Сурин В.А. Теория и расчет элементов техники полива по бороздам на больших уклонах // Эксплуатация гидромелиоративных систем : Тр. МГМИ. - М., - 1978. - С.26-58.

183. Сурин В.А. Техника и технология полива сельскохозяйственных культур по бороздам в предгорной зоне Средней Азии: Автореф. дис. ... докт.техн.наук. - М., 1988. - 340 с.

184. Сурин В.А., Зухритдинов С.С. Допустимая эрозия почвы и противоэрозионная техника поверхностного орошения на больших уклонах. // Повышение эффективности мелиоративных систем. - М.: 1983. - С.9-25.

185. Сурин В.А. Технико-экономическая оценка новых технологий поверхностного орошения в предгорной зоне Средней Азии. // Основные мероприятия по повышению эффективности мелиораций: Сб.науч. тр. МГМИ. - М., 1984. - С.51-84.

186. Тарнаруцкий С.А. Эрозия почв и состав почвозащитных мероприятий в Гиссарской природно-хозяйственной области Таджикской ССР: Автореф. дис. ... канд.с.-х.наук. - Новосибирск, 1982. - 16 с.

187. Тиан В.Н. Совершенствование строительства закрытых оросительных систем // Гидротехника и мелиорация. - 1983. - № 9. - С.2-5.

188. Тонер А.Н. Надежность элементов поливной сети систем капельного орошения: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Киев, 1989. - 18 с.

189. Третьяков Н.Н., Иванов В.И., Дорошенко Г.А. Об оптимальной плотности почвы для пропашных культур / Изв.ТСХА, - 1968. - Вып.2. - С.35-40.

190. Тутуши Г.Е. К вопросу теории и техники поверхностного орошения: Автореф. дис. ... докт.техн.наук. - М., 1984. - 40 с.

191. Турдиев Г.Т. Водный режим богарных почв центрального и юго-западного Таджикистана: Автореф. дис. ... канд.с.х.наук. - Душанбе, 1978. - 24 с.

192. Тюрлев А.А. Совершенствование технологии полива дальнеструйными дождевальными устройствами на склоновых землях Таджикистана: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М., 1981. - С.21.

193. Умаров М.У. Физические свойства почв районов нового и перспективного орошения Узбекской ССР. - Ташкент, 1974. - 280 с.

194. Унгуряну Д.В. Прогноз водно-солевого режима почв при капельном орошении: Дис. ... канд.техн.наук. - М., 1983. - 220 с.

195. Федорец А.А. Надежность систем капельного орошения // Гидротехника и мелиорация. - 1981, - № 10. - С.42-43.

196. Федорец А.А., Маланчук З.Р. Технические указания по гидравлическому расчету систем капельного орошения. - Кишинев, 1981. - 456 с.

197. Федотов Б.С. Исследование ливневой эрозии почв и мелиоративных мер борьбы с ней в Молдавии. - Кишинев, 1971. - 43 с.

198. Фисун М.Н. Виноградники на террасированных склонах. - М.: Колос, 1982. - С.21.

199. Флорцэ И.С., Балцату И.И., Попович Ф.К. Временные рекомендации по орошению плодовых культур капельным способом. - Кишинев, 1980. - 19 с.

200. Флорцэ И.С., Балцату И.И. Капельное орошение плодовых культур в Молдавии // Гидротехника и мелиорация. - 1979, - № 8. - С.40-43.

201. Хакимов Ф.И. Эколого-генетический анализ горных почв (на примере юго-западного Таджикистана): Дис. ... канд.с.х.наук. - Пущино, 1979. - 160 с.

202. Хамдамов Х. Ирригационная эрозия и меры борьбы с ней в Зеравшанской долине: Автореф. дис. ... д-ра с.х.наук. - Таш-

кент, 1975. - 43 с.

203. Хамраев Н.Р., Юсупов Т. Технология импульсного полива по бороздам // Хлопководство. - 1980, - № 7. - С.30-32.

204. Хамраев Н.Р., Хорст М.Г. Опыт организации производственных исследований капельного орошения в зоне деятельности Главсредазирсовхозстроя // Опыт проектирования, строительства и эксплуатации систем капельного орошения: Тез.докл. и сообщ.Всесоюз. науч.-техн.симпоз., 15-19 сент.1981. - Кишинев, 1981. - С.27-29.

205. Харламов М.П. Исследование эффективности дождевания агрегатом ДДА-100М в районах Средней Азии: Автореф. дис. ... канд. техн.наук. - М., 1965. - 20 с.

206. Хархута Н.Я., Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1975. - 285 с.

207. Хачатрян Х.А. Сельскохозяйственные террасы. - М.: Колос, 1975. - С.20.

208. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). - 3-е изд., доп. - М.: Высш.школа, 1983. - 272 с.

209. Чаповская Е.В. Суммарное испарение сельскохозяйственных культур и возможное участие в ней грунтовых вод // Сборник материалов к региональному почвенно-мелиоративному совещанию в г. Алма-ате, 1969. - С.127.

210. Чербарь В.В. Агрофизическая характеристика орошаемых почв хлопкосеющих долин Таджикистана //Агрофизическая характеристика почв предгорных и горных районов юга СССР. - М.: Колос, 1980. - С.205-243.

211. Шабанов В.В., Рудаченко Е.П. Типизация объектов с.х. мелиорации // Вест.с.х.науки. - 1971, № 1. - С.83-86.

212. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1968. - 384 с.

213. Шейнкин Г.Д., Водопьянов В.Е., Горбунова Е.П. Опыт автоматизации поливов хлопчатника. / МСХ Тадж.ССР. - Душанбе. - Сельхозиздат, 1961. - 53 с.

214. Шейнкин Г.Д., Митрин Н.П. Капельное орошение на склоновых землях Таджикистана // Опыт проектирования, строительства и эксплуатации систем капельного орошения: Тез.докл. и сообщ. Всесоюз.науч.симпоз., 15-19 сент.1981. - Кишинев, 1981. - С.57-58.

215. Шейнкин Г.Д. Техника и организация орошения в Таджикистане. - Душанбе: Ирфон, 1970. - 447 с.

216. Шейнкин Г.Д., Гордеев В.В. Оптимизация выбора технических средств при поверхностном орошении в аридной зоне // Технология орошения и програм.управл. - М.: ВНИИГиМ, 1986. - С.33-41.

217. Шейнкин Г.Д., Сурин З.А., Горбунова Е.П. Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами. - М.: Колос, 1968. - 165 с.

218. Шерварли И.Н. Изучение поливного режима люцерны виноградников на грубосклетчатых почвах Ходжа-Бахринского массива // Вып.науч.труд.НИИ садоводства и виноградарства Тадж.ССР. - 1968. - Т. 6. - С.36-43.

219. Шеле В.Г. Технический прогресс в мелиорации. - М.: Колос, 1983. - 208 с.

220. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 640 с.

221. Шульков В.А. Механизация работ в орошаемом виноградарстве. - Ростов н/Д: Ростиздат, 1986. - 133 с.

222. Яковлев Н.П. Исследование возникновения гидравлического удара в распределительных трубопроводах: Автореф. дис. ... канд. техн.наук. - М., 1981. - 192 с.

223. Якубов М.Р. Эрозия почв и перспективы ее борьбы с ней по зонам Таджикистана: Обзор.информ. / Тадж.НИИТИ. - Душанбе, 1983. - 40 с.

221. Лутилов М.Г. Некоторые итоги изучения эрозии почв и селевых потоков в Таджикистане // Тр.Таджик.НИИ почвоведения. - 1974. - Т.17.- С.160-175.

225. Ян Т.Л., Гершунов Э.Б., Труспаев Б.Т., Труспаев А.Е. Система капельного орошения на горных склонах. - Алма-ата: 1982. - 4 с. - (Информ.листок) Каз.НИИНТИ, 1982, № 40. -

226. Blair y. Planted rows are alternative to pits.// Irrigation Age, 1979. P136:66.

227. Cernuda C.F. et al. Influence of initial soil moisture condition resistance of performana -Soil sience, 1954, Vol 77, N1 P.19-27.

228. Goell M. et al. Cablegation: III Field Assessment of performance// Trans. ASAE, St. Joseph. - Mich., 1982,-25, 5 P.1304 - 1309.

229. Keller y. Karmeli D. Trickle irrigation design Rain-Bird Sprinkler manufacturing crop, America, 1978, 164p.

230. Ziraly Z. Kisserlertec nadyüzemi simer henger- Jarmüver, mazögazdasagi, Gepek, 1978, N1, 9p.

231. Panabokke C.R. Quirk J.P. Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water.// - „Soil sci" - 1957,- Vol, 83, N3,- P. 185-196.

232. Vemeeren L, Jobling G.A. Localized irrigation - design, installation, operation, evaluation.- Irrigat drainage paper, Italy, 1980, N36 P1-8, 1-144

П Р И Л О Ж Е Н И Я

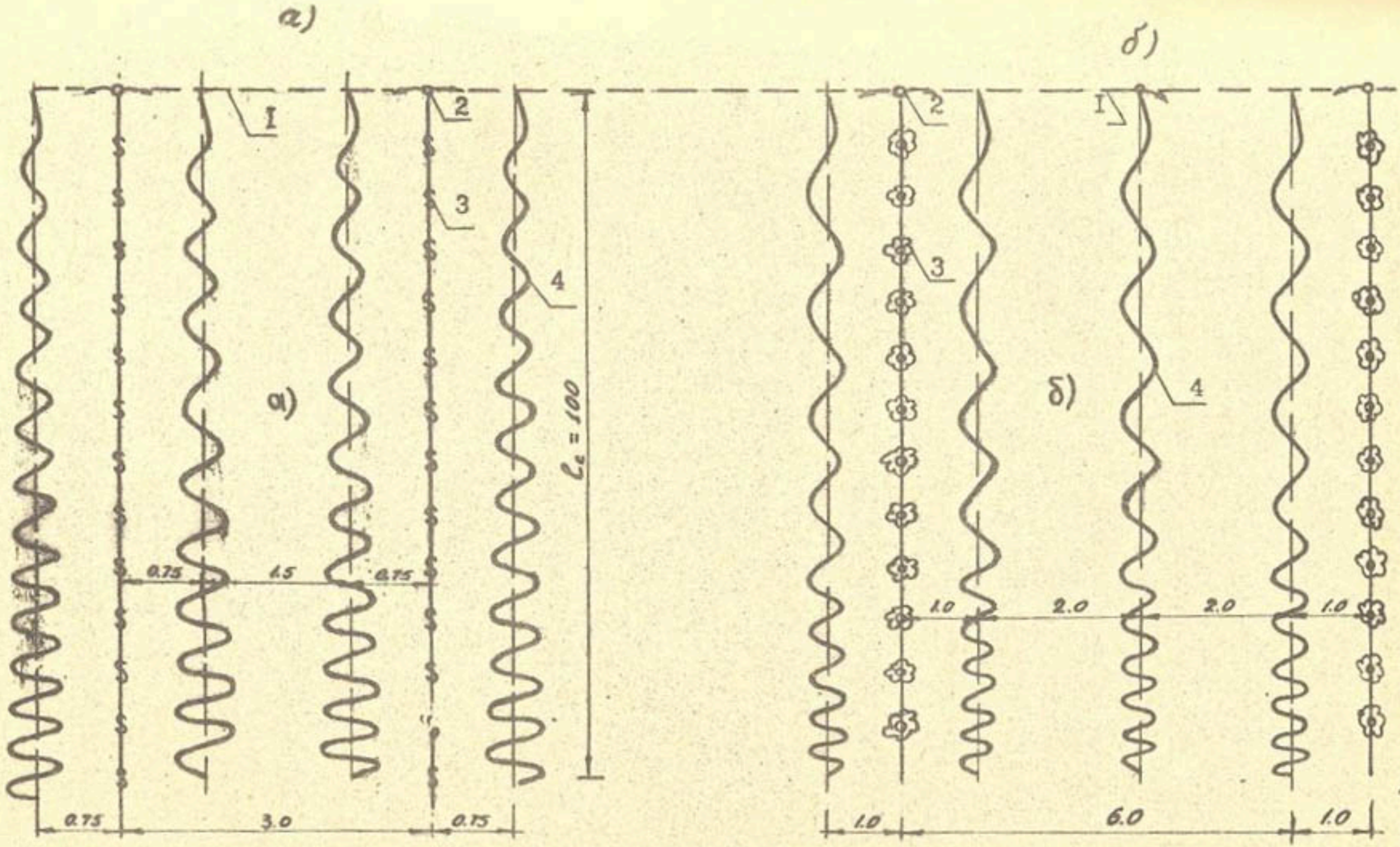


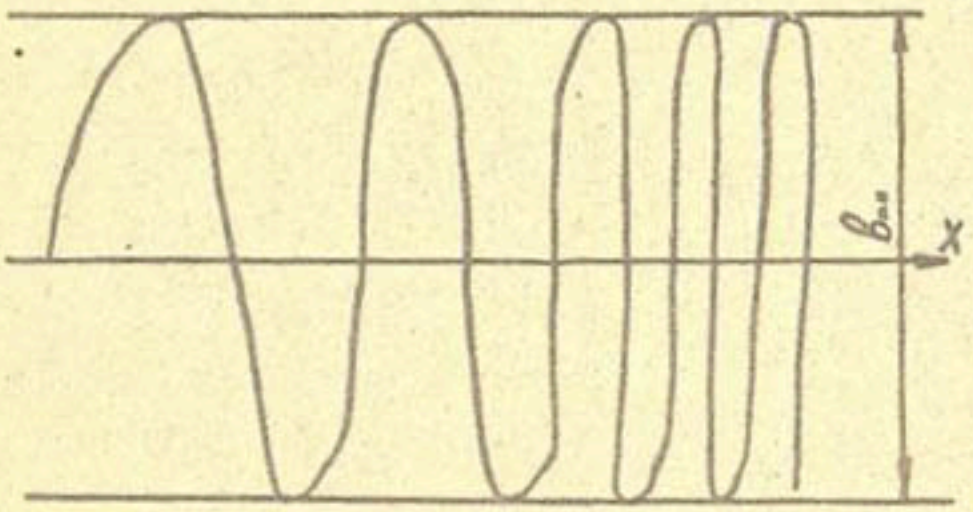
Рис. Схема нарезки зигзагообразных микроборозд:
а) на виноградниках; б) на садах;
I - поливной трубопровод; 2 -водовыпуск из трубопровода в микроборозды; 3 -растение; 4 - микроборозда.

Приложение П-2

Приложение П - 2

Определение длины извилистости микроборозды

а) при постоянной длине склона; ширине полосы нарезки.



$$y = \frac{b_{пл}}{2} \sin C\pi x^2$$

Длина кривой определяется по формуле

$$l(x) = \int_0^x \sqrt{1+(y')^2}\,dx$$

где $y' = \frac{dy}{dx}$

В данном случае $y' = \frac{b_{пл}}{2} C\pi \cdot 2x \cos \pi x^2 = b C\pi x \cos C\pi x^2$

и $$l(x) = \int_0^x \sqrt{1+(b_{пл} C\pi x \cos C\pi x^2)^2}\,dx \qquad (I)$$

Существует приближённое равенство: $\sqrt{1+\Sigma} \approx 1 + \frac{1}{2}\Sigma$

которое справедливо при $\Sigma \ll 1$.

Оценим член $(b_{пл} C\pi x \cos \pi x^2)^2$, который обозначим через B.

Положим $b_{пл} = 1$ м, $c = 0{,}04$, $x = 1 \div 100$ м, $\cos C\pi x^2 = 1$.

Тогда для $x = 1$ м $\Sigma \approx (1 \cdot 0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot 1)^2 = 0{,}12^2 = 0{,}0144 \ll 1$

для $x = 10$ м $\Sigma \approx (1 \cdot 0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot 10)^2 = 1{,}2^2 = 1{,}44 > 1$

для $x = 100$ м $\Sigma \approx (1 \cdot 0{,}04 \cdot 3{,}14 \cdot 100)^2 = 12^2 = 144 \gg 1$

Таким образом, только для малых x можно записать

$$l(x) \approx \int_0^x \left[1 + \frac{1}{2}(b_{пл} C\pi x \cos C\pi x^2)^2\right] dx$$

Обозначим: $B_1 = (b_{пл} C\pi)^2$ и $A = C$

Тогда $$l(x) = \int_0^x \left[1 + \frac{1}{2} B_1 x^2 \cos^2 A x^2\right] dx$$

Заменим COS^2AX^2 на $\frac{1+COS2AX^2}{2}$

Тогда $\ell(x)=\int_0^x\left[1+\frac{1}{4}\beta_{ом}x^2+\frac{1}{4}\beta_{ом}x^2COS2AX^2\right]dx=$

$=X+\frac{1}{4}\beta_{ом}\frac{X^3}{3}+\frac{1}{4}\beta_{ом}\int_0^x x^2COS2AX^2dx$

Последний интеграл берём по частям по правилу:

$$\int uV'dX=uV-\int u'V\,dX$$

Обозначим $u=x^2$ $\quad V'=COS2AX^2$

Тогда $u'=2X$ $\quad V=\frac{sin2AX^2}{4AX}$

$$\int_0^x X^2COS2AX^2dX=\frac{X^2sin2AX^2}{4AX}-\int_0^x\frac{2X-sin2AX^2}{4AX}dX=\frac{X}{4A}$$

$$sin2AX^2-\frac{1}{2A}\int_0^x sin2AX^2dX$$

Обозначим $y=2AX^2$ $\quad X=\sqrt{\frac{y}{2A}}$

$dy=4AXdX$ $\quad dX=\frac{dy}{4AX}=\frac{dy}{4A\frac{\sqrt{y}}{2A}}=\frac{dy}{2\sqrt{2Ay}}$

$$\int_0^x sin2AX^2dX\int\frac{siny}{2\sqrt{2Ay}}dy=\frac{1}{2\sqrt{2A}}\int\frac{siny}{\sqrt{y}}dy=\frac{\sqrt{2\pi}}{2\sqrt{2A}}\int(\sqrt{y})=$$

$$=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{A}}\int(\sqrt{y})$$

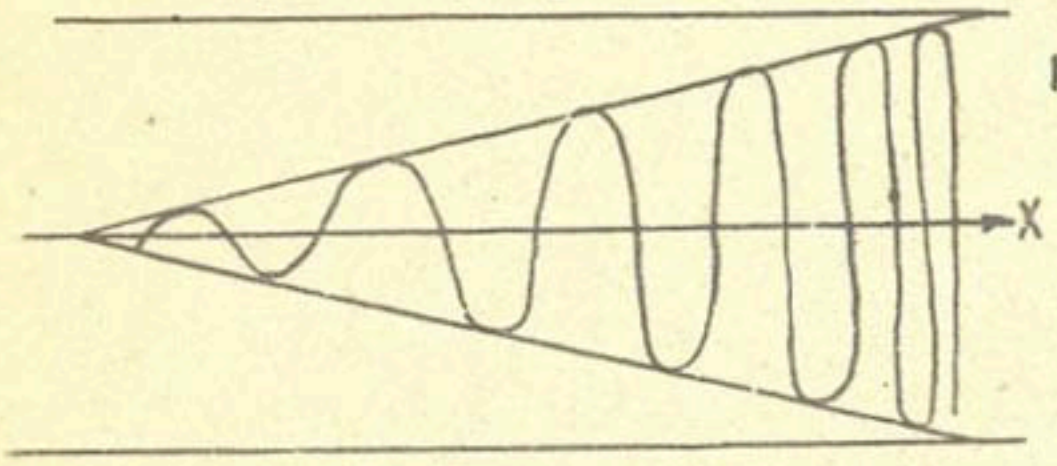
(По определению $\int\frac{siny}{\sqrt{y}}dy=\sqrt{2\pi}\int(\sqrt{y})$) - синус - интеграл Френеля (см. Градштейн и Рыжик , стр. 207).

Таким образом : $\ell(x)=X+\frac{1}{4}\beta_{ом}\frac{X^3}{3}+\frac{1}{4}\beta_{ом}\left[\frac{X}{4A}sin2AX^2-\frac{1}{A}\cdot\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{A}}\int(\sqrt{y})\right]=X+\frac{1}{4}(\beta_{ом}C\pi)^2X\left[\frac{x^2}{3}+\frac{1}{4C\pi}sin2C\pi x^2\right]-\frac{\beta_{ом}\pi\sqrt{C}}{16}\int(\sqrt{2C\pi\cdot X})$

Так, как интеграл Френеля берётся только численно и, кроме того, последнее выражение все равно приближённое и справедливое только для малых X, имеет смысл численно рассчитывать $\ell(x)$ по формуле (I), и что мы делали в программе.

б) При изменении по длине склона ширины полосы нарезки

Рассмотрим случай, когда амплитуда колебаний или ширина полосы нарезки микроборозд линейно растет от 0 до $\frac{B_{max}}{2}$, $y = Kx\sin C\pi x^2$



$KX_к = \frac{b_к}{X_к}$ $X_к$ =60, 80, 100м.

Отсюда $K = \frac{b_к}{X_к}$;

Например, при $X_к$ =100 м и $b_{п.н}$=0,5 м

$K = \frac{0,5}{100} = 0,005$.

$$y = K\sin C\pi x^2 + K_x 2C\pi x\cos C\pi x^2 = K\sin C\pi x^2 + 2KC\pi x^2\cos C\pi x^2$$

$$\ell(x) = \int_0^x \sqrt{1+(y')^2}\,dx \int_0^x \sqrt{1+(K\sin C\pi x^2 + 2KC\pi x^2\cos C\pi x^2)^2}\,dx \ldots \quad (3)$$

Проверим, можно ли в данном случае пользоваться равенством

$$\sqrt{1+\Sigma} \approx 1 + \frac{1}{2}\Sigma \quad (3а)$$

оценим член $(K\sin C\pi x^2 + K2C\pi x^2\cos\pi x^2)^2 = \Sigma$

$(K\sin C\pi x^2) = K$

$(K2C\pi x^2\cos\pi x^2) = K2C\pi x^2$

При $b_{п.н}$ = 1,0 c = 0,04 x = 10 м K = 0,005

$K_2C\pi x^2 = 0,005 \cdot 2 \cdot 0,04 \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 0,01 \cdot 0,1 \cdot 100 = 0,1$

$\Sigma = (0,005 + 0,1)^2 \ll 1$

При x = 100 м

$K2C\pi x^2 = 0,005 \cdot 2 \cdot 0,04 \cdot 3,14 \cdot 10 = 10$

$\Sigma = (0,005 + 10)^2 \gg 1$,

т.е. при больших x нельзя использовать равенство вида (3а).

Таким образом, для вычисления длины ℓ (x) по формуле (3) надо применить методы численного интегрирования.

Агрофизический НИИ
Инв. № 754 от 06.05
19 г.

Приложение П-3

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СЕН-ВЕНАНА И УРАВНЕНИЯ ШЕЗИ

Сопоставление проводилось для прямолинейных борозд трапецеидального сечения, прокладываемых традиционным способом.

Входные параметры имели следующие значения:

Q_0 = I л/с; l = 220 м; I = 0,0049; n = 0,07;

$q_0 = I.10^{-5}$ м/с; $q_c = 0,4.10^{-5}$ м/с; $c = 2,5.10^{-4}$ /с;

d = 0,I4 м; $\beta = 45^0$,

Q_0 - расход; l - длина борозды; I - уклон; n - коэффициент шероховатости; q_0, q_c, c - параметры аппроксимации закона впитывания по Хортону:

$$q = (q_0 - q_c)e^{-ct} + q_c,$$

d - дно борозды; β - угол откоса.

Почва - среднесуглинистый серозём.

	t мин	y м	$\bar{v}$ м/мин	ΣQ_F м^2
Сен- Венан	I0	55	5,3	0,06I
	20	94	3,9	0,I95
$\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} v \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial y} - I + \frac{v^2}{C^2 R_z} = 0$	30	I3I	3,7	0,388
	40	I65	3,4	0,628
	50	I98	3,0	0,907
t_g =	57			ΣQ_{F_g} =I,I2I
Шези	I0	40	4,0	0,042
	20	76	3,6	0,I52
$I - \frac{v^2}{C^2 R_z} = 0$	30	III	3,5	0,320
	40	I44	3,3	0,535
	50	I76	3,2	0,79I
	60	205	2,9	I,080
t_g = I$_4$5^I				ΣQ_{F_g} =I,23I

Относительная разность для времени добегания:

$$\frac{\Delta t_8}{t_8} = \frac{8}{57} = 14\%,$$

Относительная разность для количества впитавшейся воды:

$$\frac{\Delta SQF_8}{SQF_8} = \frac{0{,}11}{1{,}121} = 8\%,$$

(см. Доклады ВАСХНИЛ, № I, 1985 г. Т.А.Неусыпина, Ч.К.Таганов.) "Гидродинамический анализ процесса полива по бороздам").

Для микроборозд, рассматриваемых в отчётах по темам № I03/I20 и № 242/I20, расхождение в результатах расчета по этим двум уравнениям будет меньше. Действительно, средняя скорость движения потока на длине I00 м для приведенного примера составляет около 4 м/мин, а отношение глубины потока к перепаду высот

$$\frac{H_{max}}{I \cdot \ell} = \frac{0{,}05}{0{,}0049 \cdot 220} \approx 0{,}07.$$

Аналогичные величины для микроборозд (даже для прямолинейных) составляют соответственно менее 0,3 м/мин и $\frac{0{,}02}{0{,}42 \cdot 100} = 0{,}01$, следовательно, инерционными членами и членом $\frac{\partial H}{\partial y}$ в уравнении движения можно пренебречь.

Научный руководитель работы:
Руководитель лаборатории
почвенной гидромеханики
член-корреспондент ВАСХНИЛ,
д.т.н., профессор — С.В.Нерпин

Ответственный исполнитель:
к.т.н., ст.н.с. — Т.А.Неусыпина

ПРИЛОЖЕНИЕ П.4.

Оценка устойчивости работы агрегата, предназначенного для нарезки микроборозд

I. При работе агрегата вниз или вверх по склону необходимо проверить условие отсутствия сдвига всего агрегата с проскальзыванием вдоль склона. При этом следует отметить, что при нарезке микроборозд движение трактора осуществляется по почве в состоянии среднего уплотнения. Это условие может быть записано в следующем виде (Б.А.Васильев, И.И.Мер и др., 1980, с. 187-202).

$$G_{сц} \cdot f_{сц} \geq (G_{тр} + g_к) \cdot \cos\alpha_y \cdot f_{сопр} + (G_{тр} + g_к) \sin\alpha_y + m_{сум} \cdot \frac{v_{тр}}{t} + F_{сопр} \qquad (I)$$

Третья составляющая первой части уравнения, учитывающая инерционные силы, в расчете может не учитываться по причине рассматривания только установившегося режима движения. Тогда в окончательном виде вышеназванное условие сформулируется следующим образом:

$$G_{сц} \cdot f_{сц} \geq G_{тр} \cdot \cos\alpha_y \cdot f_c + g_к \cdot \cos\alpha_y \cdot f' + (G_{тр} + g_к) \cdot \sin\alpha_y + F_{сопр}, \qquad (I\,а)$$

где $$G_{сц} = G_{тр} \cdot \frac{L\delta - x}{L\delta}, \qquad (2)$$

$G_{сц}$ - сцепная масса;

$G_{тр}$ - масса трактора (для Т-28Х-4, равная 15000 Н, для ДТ-75 - 66700 Н);

L – база трактора, равная I600 мм;

x – горизонтальная координата центра трактора, равная 725 мм;

$f_{сц}$ – коэффициент сцепления, для суглинка равен 0.5–0,7 (для пневмотрактора), 0,7–0,8 (для гусеничного);

α – крутизна склона, для пропашных – 6^0, для гусеничных – $I2^0$;

$f_{сопр}$ – коэффициент сопротивления передвижного трактора для суглинистых грунтов 0,20 (для пневмоколесных), 0,I5 (для гусеничных);

$Q_к$ – сила тяжести катков, равная I000 Н;

$f'_{сопр}$ – коэффициент сопротивления движению катка по грунту со взрыхленным поверхностным слоем (до глубины I0–I2 см), равный 0,I8;

$F_{сопр}$ – сила сопротивления культивирующих органов агрегата, Н;

$$F_{сопр} = S_{сум} \cdot K_y \qquad (3)$$

$S_{сум}$ – суммарная площадь касания культивирующих органов, равная 400 $см^2$;

K_y – коэффициент трения рыхления, равный 2 $Н/см^2$;

$m_{сум}$ – суммарная масса трактора с катками;

$V_{тр}$ – скорость передвижения трактора, м/с;

t – время разгона, равное I,5 с;

I. Для трактора Т–28Х–4

а) сцепной вес

$$G_{сц} = G_{сопр}\frac{L\delta - x}{L\delta} = I6000\,\frac{I630 - 725}{I630} = 8880\ Н;$$

левая часть неравенства (I а)

$$G_{сц} \cdot f_{сц} = 8880 \times 0{,}7 = 6216 \text{ Н.}$$

Правая часть неравенства (I а)

$$G_{тр} \cdot \cos\alpha_y \cdot f_{сопр} + g_к \cdot \cos\alpha_y \cdot f'_{сопр} + (G_{тр} + g_к) \cdot \sin\alpha_y + F_{сопр} =$$

$$= 15000 \times 0{,}994 \times 0{,}20 + 1000 \times 0{,}994 \times 0{,}18 + 16000 \times 0{,}105 +$$

$$+ 400 \times 2 = 2998 + 179 + 1680 + 800 = 5657,$$

$$6216 \text{ Н} - 5657 = 559 \text{ Н.}$$

Таким образом, сила сцепления больше силы сдвига на 559 Н.

б) В переходных режимах работы агрегата, во время трогания с места или экстренного торможения, может быть явление пробуксовывания движителя. В этом случае условием отсутствия "смазывания" борозд может служить неравенство:

$$R \cdot \mu \cdot \frac{d}{2} \leq F \cdot \frac{D_к}{2}, \qquad (4)$$

где R - вертикальная нагрузка на каток, по результатам эксперимента $R \cong 2500$ Н (табл. 2.14, с.163);

μ - коэффициент трения в подшипниках оси катка, $\mu \cong 0{,}1$ (для подшипника скольжения);

d - диаметр втулки , равный 0,025 м;

F - усилие сопротивления передвижению

$$F = R \cdot f_c = 2500 \times 0{,}15 = 375 \text{ Н;}$$

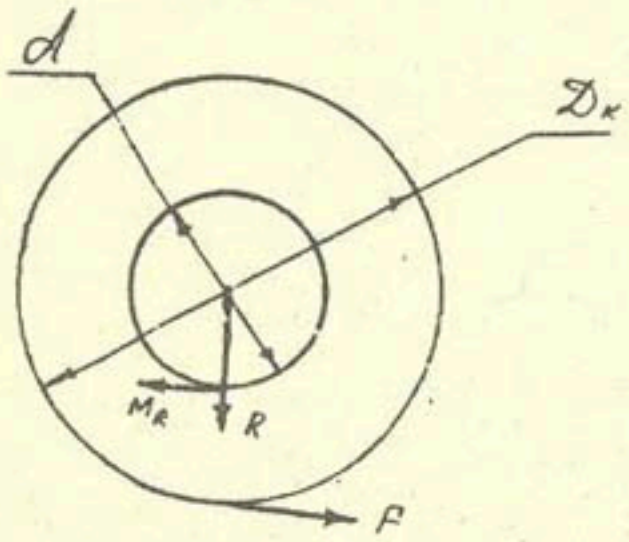
где f_c - коэффициент трения катка с почвой;

$D_к$ - диаметр катка, равный 0,30 м.

Таким образом:

$$R \cdot \mu \frac{d}{2} = 2500 \times 0{,}1 \frac{0{,}025}{2} = 3{,}12 \text{ Н.м}$$

$$F \cdot \frac{D_к}{2} = 375 \cdot \frac{0.3}{2} = 56,25 \text{ Н.м.}$$



то есть момент, вызывающий вращение катка будет в 56,25/3,I2 = = I8 раз больше момента сопротивления вращению.

Таким образом, даже при сдвиге трактора вниз по склону каток перескальзывать не будет, он будет вращаться в обратном направлении по старому следу.

в) В реальных условиях эксплуатации явление проскальзывания агрегата вообще маловероятно из-за наличия I2-ти лап-рыхлителей, устанавливаемых впереди катков и служащими своего рода якорями, предохраняющими агрегат от скольжения (рис. 2.I9, с. I38).

П. Для гусеничных тракторов типа ДТ-75

Левая часть неравенства (Iа)

$$G_{сц} \cdot f_{сц} = 66700 \times 0,7 = 46690 \text{ Н.}$$

Правая часть неравенства (Iа)

$$G_{тр} \cdot \cos 12° \cdot f_{сопр} + q_к \cdot \cos 12° \cdot f'_{сопр} + (G_{тр} + q_к) \cdot \sin 12° + F_{сопр} =$$

$$= 66700 \times 0,98 \times 0,I5 + I000 \times 0,98 \times 0,I8 + 67700 \times 0,I9 + 400 \times 2 =$$

$$= 9834 + I76 + I2820 + 800 = 9825 + I76 + I2863 + 800 = 23664 \text{ Н.}$$

$$46690 \text{ Н} - 23664 \text{ Н} = 23026 \text{ Н.}$$

Для гусеничных тракторов эти показатели оказались еще надежнее.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

В В Е Д Е Н И Е 3

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПУТИ ЕЁ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ 5

I.I. Характеристика природных условий и классификация склоновых земель 5

I.2. Существующая технология орошения склоновых земель 36

I.2.I. Особенности режима орошения хлопчатника и виноградника 36

I.2.2. Существующая технология бороздкового полива на склоновых землях 43

I.2.3. Опыт применения прогрессивных способов орошения 56

I.3. Обобщение существующих методик расчета элементов техники полива по обычным бороздам..... 63

I.4. Пути совершенствования технологии орошения склоновых земель 70

I.5. Методика исследований 73

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО МИКРОБОРОЗДАМ 86

2.I. Обоснование технологии полива по микробороздам. 86

2.2. Исследование равномерности увлажнения склоновых земель при поливе по микробороздам 94

2.3. Расчет влагопереноса в почвах (по методике МГМИ) III

2.4. Расчет элементов техники полива по микробороздам по методу АФИ II6

Стр.

2.5. Результаты полевых экспериментов I2I
2.6. Сравнение расчетных и экспериментальных значений элементов техники полива по микроборозд-дам I27
2.7. Разработка рабочих органов и механизмов для нарезки микроборозд I32
2.8. Результаты исследований и испытаний катков для нарезки микроборозд при поливе хлопчатника I48
2.9. Исследование технологии полива виноградников по зигзагообразным микроборозддам..... I59

ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕНОСНОЙ И СТАЦИОНАРНОЙ ТРУБЧАТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ I72
3.I. Анализ существующих схем и конструкций оросительной сети I72
3.2. Применение передвижной оросительной сети на склоновых землях I76
3.3. Стационарная трубчатая оросительная сеть..... I98
3.3.I. Распределительно-поливной трубопровод с П-образными вертикальными изгибами в местах подачи воды 2I6
3.3.2. Поливной трубопровод с дроссельным водовыпуском и гирляндными заслонками..... 250

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА НИЗКОНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ..... 257
4.I. Характеристика существующих систем капельного орошения 257

Стр.

4.2. Низконапорные капельные системы нового типа..... 263

4.2.I. Описание конструкции элементов и установление основных параметров..... 263

4.2.2. Результаты исследований равномерности расхода воды, заиления и контура увлажнения при капельном орошении..... 29I

4.2.3. Особенности технологии монтажа, строительства и эксплуатации 30I

ГЛАВА 5. РАЙОНИРОВАНИЕ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО СПОСОБАМ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ, ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ 309

5.I. Основные принципы районирования 309

5.2. Районирование способов и технологии орошения склоновых земель 3I5

5.3. Экономическая эффективность разработанных технологий полива сельскохозяйственных культур и конструкций внутрихозяйственной оросительной сети 3I9

З А К Л Ю Ч Е Н И Е 327

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 336

П Р И Л О Ж Е Н И Я 358