

Министерство сельского хозяйства СССР

НОВОЧЕРКАССКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ИНЖЕНЕРНО-
МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ им. А. К. КОРТУНОВА (НИМИ)

О. Е. ЯСНИДИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

(УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ)



НОВОЧЕРКАССК 1984

Министерство сельского хозяйства СССР

НОВОЧЕРКАССКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ИНЖЕНЕРНО-
МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ им. А. К. КОРТУНОВА (НИМИ)

О. Е. ЯСОНИДИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

(УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ)

НОВОЧЕРКАССК 1984

УДК 626 844 (075.8)

Учебное пособие разработано к. с-х. н. доцентом кафедры сельскохозяйственных мелиораций О. Е. Ясониди на основании обобщения опыта по проектированию, строительству и эксплуатации систем капельного орошения в СССР и за рубежом, а также исследований, проведенных автором совместно с сотрудниками НИМИ на Северном Кавказе.

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией гидромелиоративного факультета НИМИ.

Учебное пособие «Капельное орошение» предназначено для слушателей факультетов повышения квалификации инженерно-мелиоративных институтов, студентов очного и заочного обучения гидромелиоративных факультетов по специальности 1511 «Гидромелиорация», а также инженеров-проектировщиков и научных сотрудников.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на земном шаре численность населения равна 4,3 млрд. человек. По прогнозу к 2000 году количество людей возрастет до 6 млрд. [1]. Увеличение численности населения требует интенсивного развития сельскохозяйственного производства.

Орошение является мощным фактором повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур.

В 1983 году орошаемые площади сельскохозяйственных культур в мире составили 240 млн. га [1]. К 2000 году, по прогнозу, они увеличатся до 300 млн. га.

В последние 10—15 лет за рубежом и в СССР ведутся исследования по принципиально новому способу полива — капельному орошению.

В настоящее время на земном шаре капельным способом орошается, по приблизительным подсчетам, около 600 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Лишь в США на начало 1980 г. системы капельного орошения были построены на площади 264 тыс. га [2].

В СССР системы капельного орошения построены на площади более 3,0 тыс. га в основном в Молдавии и на Украине. К 1990 г. площади капельного орошения в Молдавии достигнут 35—40 тыс. га [3]. Предусматривается расширение площадей, орошаемых капельным способом на Украине, Северном Кавказе, в Закавказье, Поволжье и Средней Азии.

Капельное орошение — локальный способ полива сельскохозяйственных растений. Вода под напором 5—20 м вод. ст. подается на орошаемый участок по системе распределительных и поливных пластмассовых трубопроводов и через капельницы безнапорно по каплям поступает на поверхность почвы в зону распространения основной массы корней каждого в отдельности

растения. Скорость подачи воды должна соответствовать впитывающей способности конкретной почвы.

Капельное орошение в настоящее время применяют в производственных масштабах в садах, виноградниках, ягодниках, на цитрусовых, культурах закрытого грунта, овощах, хлопчатнике, сахарном тростнике. Капельное орошение применимо в условиях неровного рельефа, холмистой и горной местности со значительными уклонами до 60° , где неприемлемы другие способы полива [3, 4].

Системы капельного полива пригодны практически во всех климатических зонах, но наиболее эффективны они в районах с аридным и засушливым климатом, дефицитом пресной оросительной воды, при наличии малодебитных источников [4].

При капельном орошении возможно использование минерализованных вод с суммой ионов водорастворимых солей 3,0—5,0 г/л.

Капельное орошение может применяться на всех типах почв, имеющих любой механический состав и водопроницаемость. Оно применимо на засоленных почвах [15], при близком и глубоком залегании грунтовых вод пресных и минерализованных.

Продуктивность плодовых культур при капельном орошении в сравнении с дождеванием и поверхностным поливом увеличивается на 20—50%, виноградников — 30—40%, овощей в теплицах на 20—30% [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

При капельном орошении происходит значительная до 50—80% экономия оросительной воды [4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21]. Снижаются потери воды на испарение с поверхности почвы, листьев растений, нет глубинной фильтрации и стока. Почва при поливе не уплотняется и не переувлажняется, в связи с этим упрощается агротехника возделывания культур, так как ряд работ может осуществляться в момент полива.

Системы капельного орошения имеют низкие энергозатраты, возможность полной автоматизации полива и внесения с поливной водой растворенных удобрений и микроэлементов, простоту эксплуатации и ремонта. Капельное орошение обеспечивает экономию труда при эксплуатации. Может быть достигнута охрана окружающей среды от загрязнения.

1. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Капельное орошение является низконапорной, закрытой, стационарной системой с высокой степенью автоматизации. В ее состав входят: источник орошения 1, водозаборный узел 2, 3, 4, блок подготовки воды 6, 7, 8, 9, магистральный 10, распределительные 11,, 12, 15 и поливные 16 трубопроводы, капельницы 21, система автоматизации 5, 22, 23, 24, сооружения на сети 17, 25, 26, присоединительная и запорно-регулирующая арматура (рис. 1.1; 1.2). При проектировании систем капельного орошения состав проекта определяется в соответствии с «Временной инструкцией по разработке проектов и смет для мелиоративного строительства» ВСН-110-71.

1.1. Источник орошения

Системы капельного орошения предъявляют своеобразные требования к источнику воды. Поливные трубопроводы и капельницы могут засоряться механическими, химическими и биологическими примесями, содержащимися в оросительной воде.

Капельное орошение предъявляет повышенные требования к содержанию взвешенных частиц в поливной воде. Так как скорости течения воды в поливных трубопроводах, особенно в концевых частях, могут снижаться до 1 см/с, то при наличии взвешенных частиц, происходит их осаждение и заиливание трубопроводов. Осаждение взвешенных частиц происходит и в капельницах, что приводит к их закупорке. По содержанию взвешенных частиц поливная вода при капельном орошении должна приближаться к питьевой водопроводной [4]. Даже при

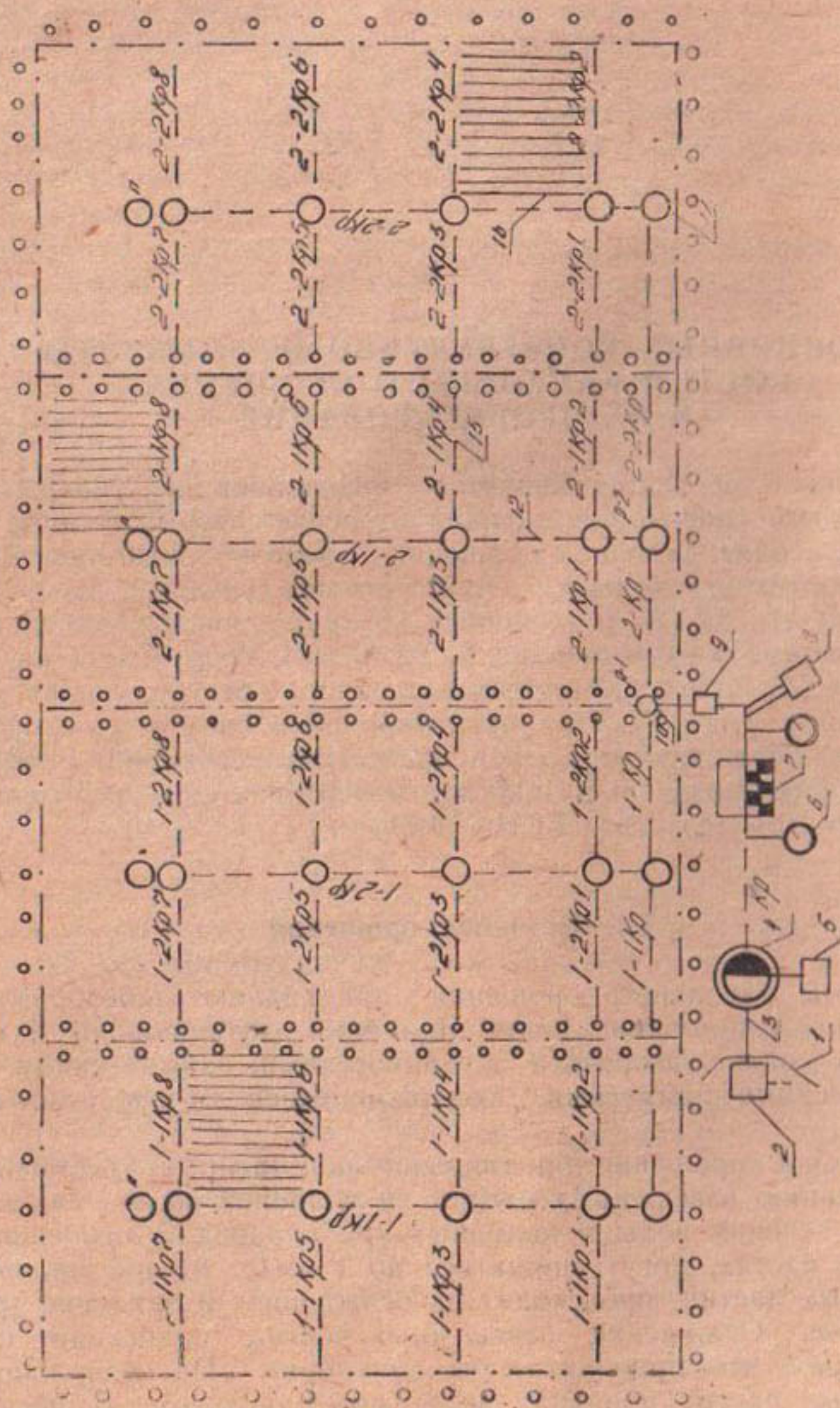


Рис. 1.1. Плановое расположение оросительной сети и сооружений системы капельного орошения

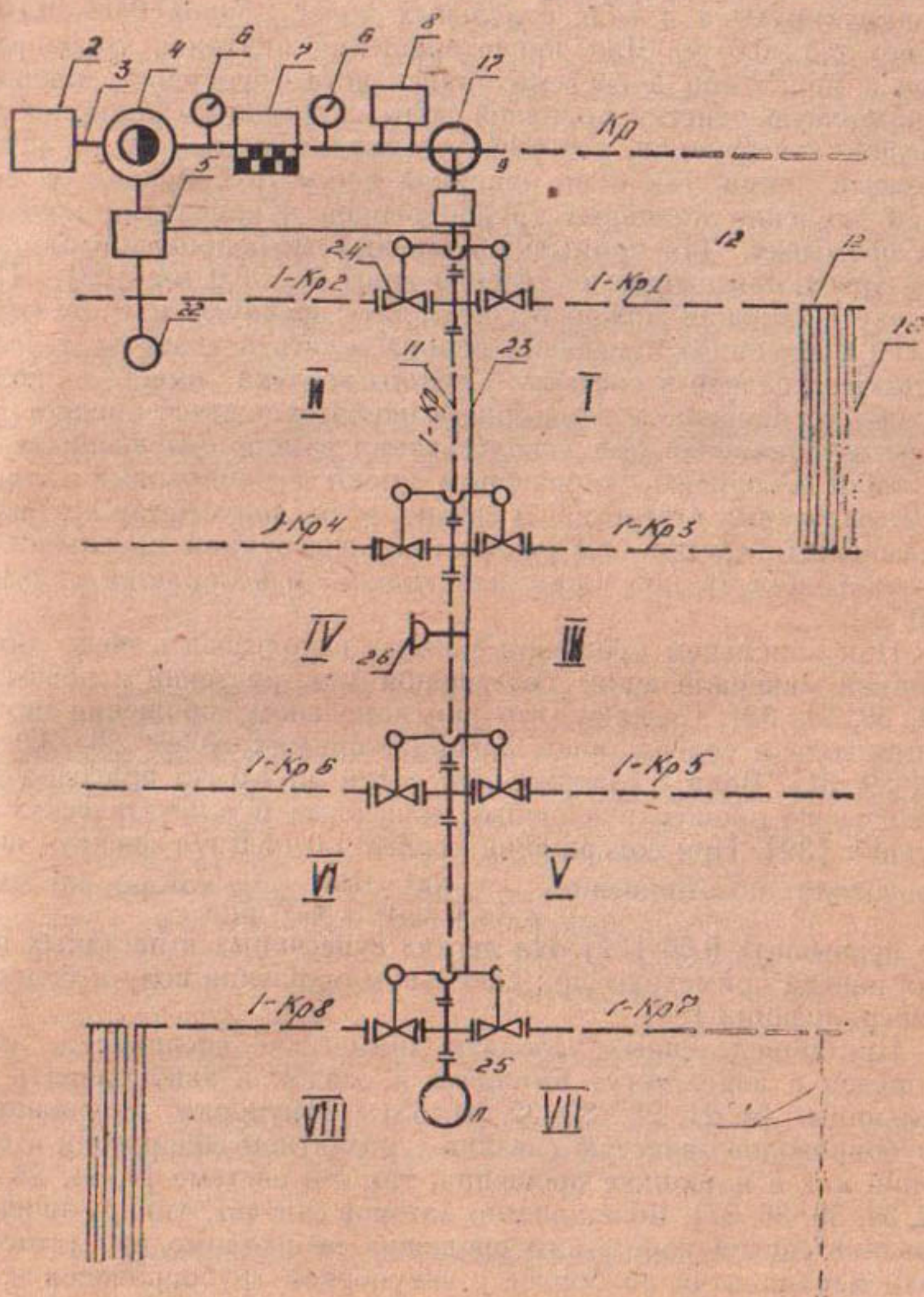


Рис. 1.2. Плановое распределение оросительной сети и сооружений на модульном участке системы капельного орошения

содержании взвешенных частиц 15 мг/л наблюдается их осаждение в поливных трубопроводах и капельницах [26]. Наносы аккумулируются в виде отдельных полос длиной 0,02—0,10 м, через 0,3—0,6 м. Для предотвращения заиливания трубопроводов и капельниц в системах капельного орошения проводят тщательную очистку поливной воды с помощью фильтров различной конструкции, которые устанавливаются, как на всасывающей линии, так и на напорной части трубопроводной сети. При заиливании поливных трубопроводов и капельниц проводят их промывку. Для промывки поливных трубопроводов от наносов требуются скорости течения воды 2,5—5,0 м/с [28]. Промывку капельниц можно осуществлять вручную или автоматически с помощью изменения напора в сети и скорости течения, а также подачей в систему сжатого воздуха вместе с водой. Наиболее надежно и экономично предотвращается вредное воздействие заиливания при использовании самопромывающихся капельниц. Различные капельницы имеют неодинаковые размеры водовыпускных отверстий. В связи с этим, допустимая крупность взвешенных частиц для различных конструкций капельниц, не вызывающая их закупорки, неодинакова и колеблется от 0,1 до 1,0 мм.

При капельном орошении можно использовать воду повышенной минерализации без ущерба для растений и почвы [2, 29, 30, 31, 32]. Считают, что при капельном орошении применима вода с содержанием водорастворимых солей 2,0—3,0 г/л [2, 29, 31]. Вода с содержанием солей до 1,0 г/л пригодна для капельного орошения в любых почвенных и климатических условиях [32]. При содержании солей 1,0—5,0 г/л оценку воды производят по отношению $\frac{Na^+ \cdot 100}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+}$, которое не должно превышать 0,66 [32]. На легких супесчаных и песчаных почвах иногда применяют при капельном орошении воду и большей минерализации [33].

При определенных условиях химические соединения, находящиеся в воде, могут выпадать в осадок и закупоривать капельницы [4, 21, 28, 30, 32, 34, 35]. Закупорка капельниц и трубопроводов зачастую связана с развитием водорослей и бактерий как в источнике орошения, так и в системе [4, 21, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 37]. Большинство авторов считает, что при проектировании систем капельного орошения необходимо предусматривать мероприятия по борьбе с закупоркой трубопроводов и капельниц.

Борьба с цветением воды и другими биологическими образованиями в каналах, водохранилищах, резервуарах и трубах должна проводиться в соответствии со СНиП П-31-74, раздел 10.

При наличии значительного количества железа и сероводорода обработку воды следует проводить согласно СНиП П-31-74, раздел 6. Микроорганизмы в поливной воде следует уничтожать хлорированием. Для этих целей используют гипохлориты кальция или натрия [30, 32, 34, 35, 36]. Раствор гипохлорита подают с помощью инжекторов или других устройств в последние 10—30 минут каждого полива с концентрацией хлора 10 мг/л. При этом РН поливной воды должно быть равно семи. Для удаления карбонатов и повышения эффективности хлорирования в оросительную воду вносят серную или азотную кислоты (раствор с $\text{РН}=7$) [30, 32, 35, 36]. Промывку засоренных систем капельного орошения проводят раствором гипохлорита с концентрацией хлора 500 мг/л, с добавлением кислоты до $\text{РН}=2$ [30, 32].

Борьба с водорослями в системах капельного орошения ведется с помощью медного купороса в количестве 1 мг/л поливной воды [21, 28, 30].

Если для капельного орошения используются подземные воды, содержащие значительное количество солей железа, их следует тщательно аэрировать. Закисные формы железа переходят в окисные. Нерастворимая гидроокись железа осаждается [30, 32]. Иногда для борьбы с заохриванием применяют обработку железосодержащей воды препаратом, состоящим из 5% серной кислоты и 2% пиросульфата натрия [30].

Источниками воды для капельного орошения могут быть реки, озера, водохранилища, каналы, стационарные водозаборные скважины, стоки городов, промышленных предприятий и мелиоративных систем. Источник должен обеспечить поливную водой хорошего качества систему в соответствии с режимом капельного орошения сельскохозяйственных культур, в любой период года и в многолетнем плане. Выбор источника орошения осуществляется на основании анализа местных условий и технико-экономических расчетов. При этом учитывается его положение относительно орошаемого участка, удаленность и высотное положение.

От свойств источника зависит величина площади орошаемого участка и компоновка узла водозаборных сооружений.

1.2. Компоновка сооружений водозаборного узла

В состав сооружений водозаборного узла могут входить: аванкамера 2, всасывающий трубопровод 3, насосная станция 4, диспетчерский пульт управления 5, измерительные и контролирующие приборы 6, фильтры для очистки воды 7, устройства

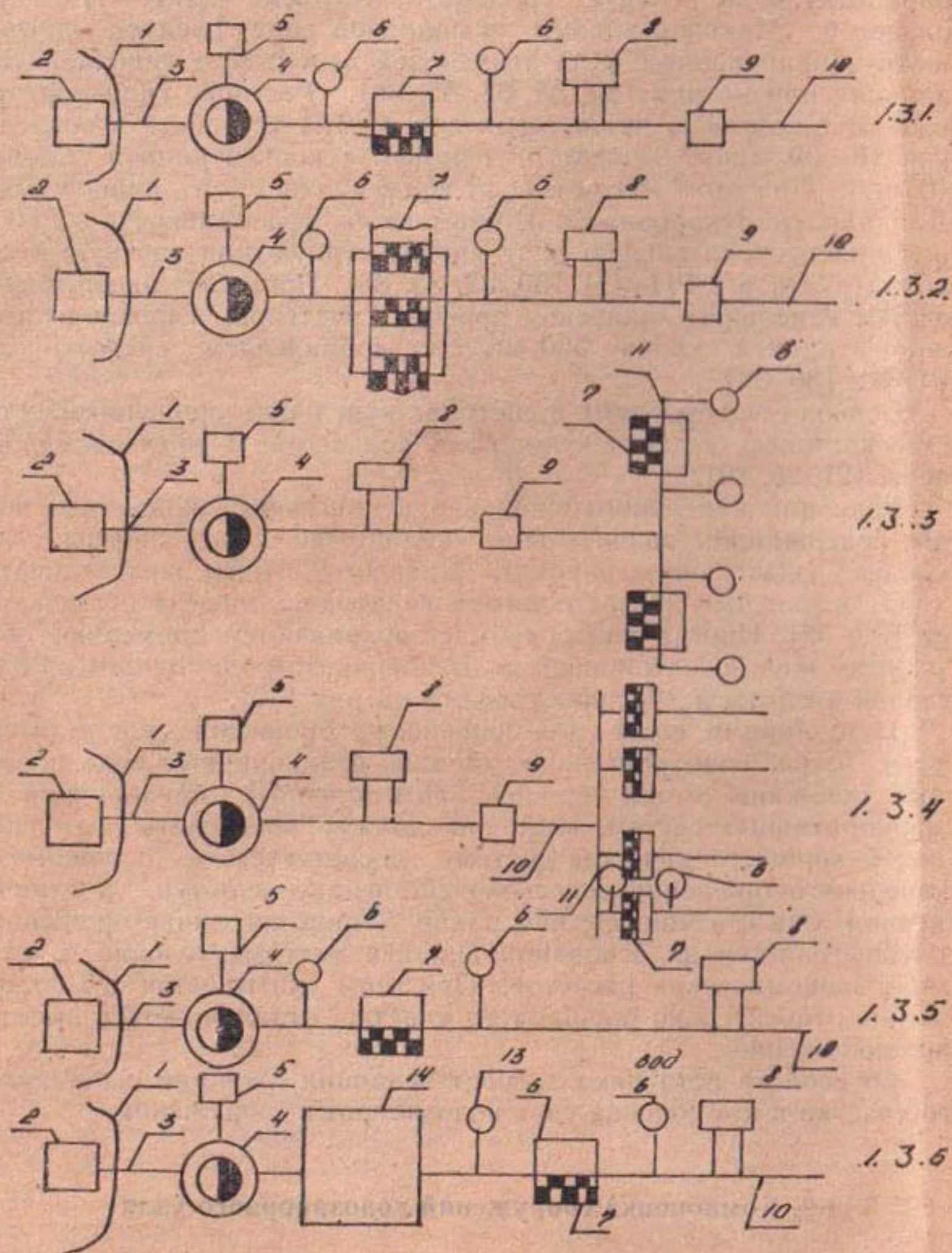


Рис. 1.3. Схемы компоновки водозаборного узла и блока подготовки воды при заборе из наземных источников орошения.

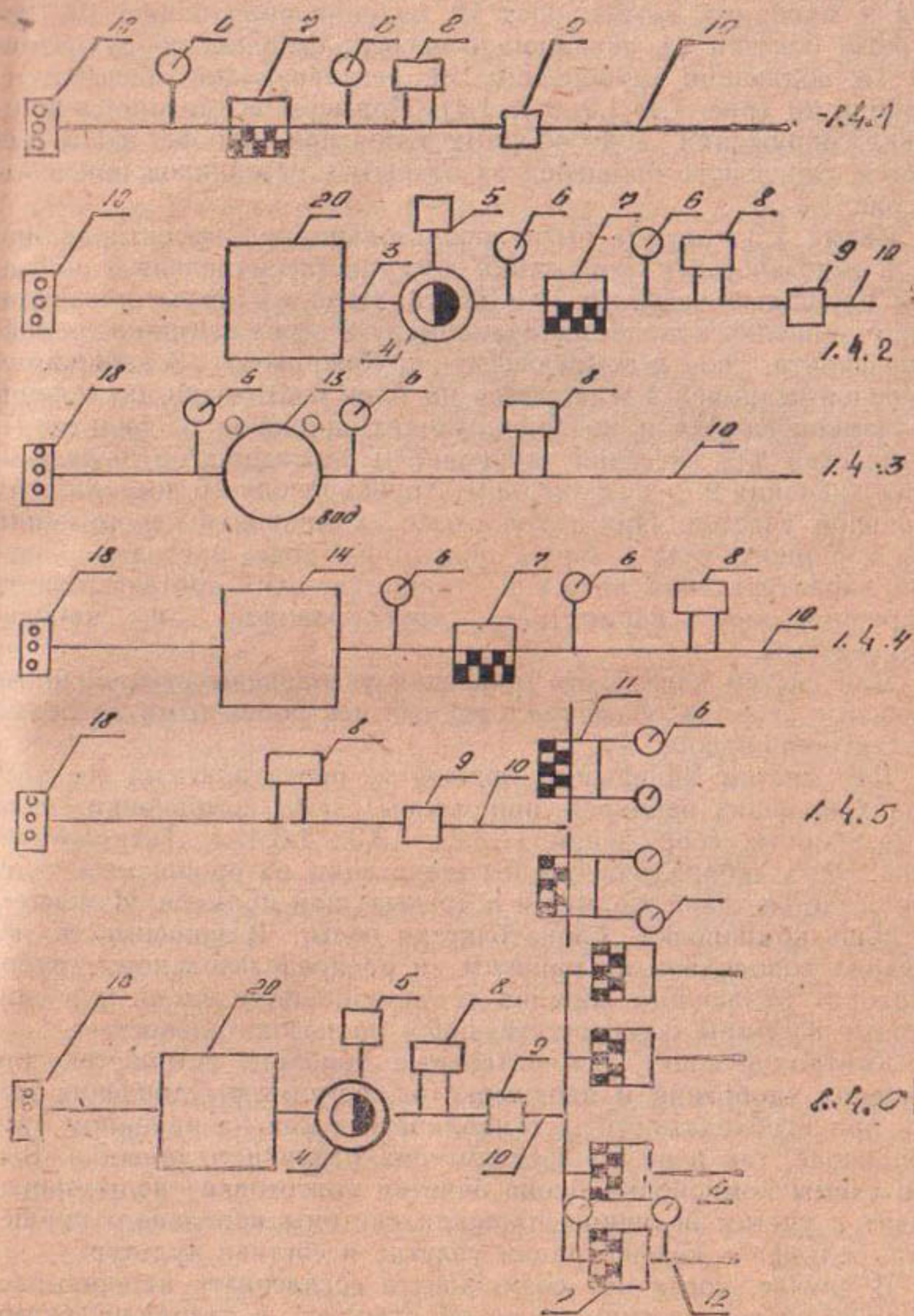


Рис. 1.4. Схемы компоновки водозаборного узла и блока подготовки воды при заборе из подземных источников орошения

для внесения удобрений и ядохимикатов 8, регуляторы давления 9, напорный трубопровод 10, водонапорная башня 13, напорный бассейн 14, скважина с насосно-силовым оборудованием 18, подающий трубопровод 19, регулирующий бассейн-отстойник 20 (рис. 1.1; 1.2; 1.3; 1.4). Примеры возможной компоновки сооружений водозаборных узлов при заборе воды для систем капельного орошения из открытых источников показаны на рис. 1.3.

Схема 1.3.1 может быть использована при проектировании узла водозаборных сооружений для участка капельного орошения площадью не более 50—100 га. Вода из открытого источника орошения попадает в аванкамеру 2 через песчанно-гравийный фильтр, по всасывающему трубопроводу 3 забирается насосной станцией 4 и подается на блок подготовки, состоящий из измерительных и контролирующих приборов 6, фильтра 7, устройства для внесения удобрений и ядохимикатов 8, регулятора давления 9, и по напорному трубопроводу 10 поступает на поливной участок. При такой схеме компоновки сооружений водозаборного узла и блока подготовки воды расходно-напорная характеристика насосной станции должна соответствовать гидравлическим параметрам трубопроводов и капельниц системы.

Для систем капельного орошения устраивают стационарные насосные станции, укомплектованные центробежными насосами с электроприводом..

Для систем капельного орошения, проектируемых на площадях больших размеров, приемлемы схемы компоновки узла водозаборных сооружений (1.3.2.; 1.3.3.; 1.3.4.). Технологическая схема забора, очистки и подачи воды на орошаемый участок остается такой же, как и в предыдущем примере. Изменяется лишь компоновка блока очистки воды. В зависимости от расхода водоподачи на напором и распределительном трубопроводах различного порядка устанавливаются блоки или единичные фильтры с соответствующей производительностью.

Контролирующие, измерительные приборы, устройства для внесения удобрений и ядохимикатов, регуляторы давления могут при необходимости устанавливаться как на напорном трубопроводе, так и на распределителях различного порядка. Выбор схемы компоновки блока очистки подготовки воды производят с учетом величины площади системы капельного орошения, рельефа и конфигурации участка и состава культур.

В случае, когда нет возможности согласовать напорно-расходную характеристику насосной станции с гидравлическими параметрами трубопроводов и капельниц системы, следует проектировать водозаборный узел с учетом схем 1.3.5. и 1.3.6. Та-

кие схемы компоновки водозаборных узлов могут применяться на системах площадью не более 50 га. В этом случае можно воспользоваться любым типом насосной станции производительностью 15—25 л/с.

Вода насосной станцией подается на фильтр и в водонапорную башню Рожковского емкостью 25—50 м с высотой ствола 6—9 м. При незначительной мутности воды от фильтра 7 можно отказаться. В стволе водонапорной башни размещены открытый гидроциклон и плавающий пенополистирольный фильтр, которые и обеспечат двухступенчатую очистку воды. Водонапорная башня устанавливается на наивысшей отметке участка капельного орошения или за его пределами.

На участках со значительными уклонами и перепадами местности применима схема компоновки водозаборного узла 1.3.6. с напорным бассейном, который устанавливается на наивысшей командной отметке. Объем бассейна, в зависимости от подкомандной площади капельного орошения, должен быть 25—50 м³. На горных склонах, когда источник воды расположен выше орошаемого участка, возможно устройство самонапорной системы капельного орошения.

При заборе воды из подземных источников компоновку водозаборных узлов и блоков подготовки следует осуществлять, руководствуясь схемами, представленными на рисунке 1.4. Забор подземных вод осуществляется из скважин, шахтных или трубчатых колодцев, водозаборных галерей и штолен, а также с помощью каптажа родников и ключей. Наибольшее распространение получили шахтные и трубчатые колодцы, а также их сочетания, диаметр которых достигает одного метра, а глубина — 100 м. Воду из них забирают центробежными насосами с вертикальной осью вращения. Очень часто для водоподачи применяют глубинные (погружные) насосы. При отсутствии электроэнергии можно применять для подъема подземных вод шнековые (червячные) насосы с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Вода из каптажей родников и ключей забирается центробежными насосами.

Подземные воды, в районах, где нет поверхностных источников и оросительных систем, могут широко и эффективно использоваться при устройстве систем капельного орошения различных культур.

Даже малodeбитные скважины пригодны для орошения небольших участков 10—30 га капельным способом, благодаря экономному расходованию оросительной воды при локальном увлажнении почвы.

Компоновка водозаборных узлов и блоков подготовки воды, которая показана на схемах (1.4.1.; 1.4.2.; 1.4.3.; 1.4.4.) прием-

лема на участках капельного орошения площадью 50—100 га. Схему 1.4.1. можно использовать для компоновки сооружений водозаборного узла в том случае, когда возможно согласование дебита подземного источника и напорно-расходной характеристики насоса с гидравлическими параметрами трубопроводов и капельниц. Вода из подземного источника подается непосредственно на блок подготовки и орошаемый участок. В случае, когда подземные воды не имеют взвешенных примесей, от установки фильтра можно отказаться. Если дебит источника и расходно-напорная характеристика насоса не согласовываются с гидравлическими характеристиками трубопроводов и капельниц, а вода содержит взвешенные вещества, компоновку сооружений водозаборного узла следует производить, руководствуясь схемой 1.4.2. Вода из источника насосами подается в регулирующий бассейн-отстойник 20, там происходит аккумуляция оросительной воды и отстаивание. Из бассейна вода насосной станцией 4 подается через блок подготовки воды в распределительную и поливную сеть трубопроводов систем капельного орошения.

Компоновка сооружений водозаборного узла показана на схеме 1.4.3., при отсутствии взвесей в воде позволяет исключить насосную станцию второго подъема, специальное устройство фильтров и регуляторов давления. Их функции может выполнить водонапорная башня 13. На участках с большими перепадами высот водонапорную башню можно заменить напорным бассейном 14, в который вода подается насосами из подземного источника (схема 1.4.4.). Из бассейна вода самотеком, пройдя блок подготовки воды, поступает в сеть трубопроводов и капельниц. Бассейн должен устраиваться на отметке, обеспечивающей самотечно-напорный гидравлический режим работы трубопроводов и капельниц. При устройстве систем капельного орошения на площадях более 100 га компоновку сооружений водозаборного узла следует производить, руководствуясь схемами 1.4.5. и 1.4.6. Первую из них используют при возможности согласования дебита подземного источника и расходно-напорной характеристики насоса с гидравлическими параметрами трубопроводов и капельниц. Во вторую схему включены регулирующий бассейн-отстойник и насосная станция второго подъема, что позволяет согласовать работу всех звеньев системы и избавиться от крупных взвешенных частиц, если они присутствуют в воде.

Пример планового и высотного расположения водозаборных сооружений и блока подготовки воды показан на рисунке 1.5. Проектирование узла водозаборных сооружений насосных станций и подбор фильтров производится согласно СНиП-II-31-74

и СНиП-II-32-74. Привязка типовых насосных станций производится в соответствии с требованиями «Руководства по разработке проектов и смет для промышленного строительства» СН-202-76. Кроме того, учитываются указания ведомственных инструкций по проектированию насосных станций.

1.3. Очистка оросительной воды

К очистке воды прибегают в том случае, когда ее качество не соответствует требованиям, обеспечивающим нормальную работу всех звеньев системы капельного орошения. Наиболее жесткие требования к качеству воды предъявляют капельницы, закупорка которых в значительной степени зависит от особенностей конструкции. В таблице 1.1. приведены требования к качеству воды капельниц, применяющихся в СССР. Стоимость сооружений для очистки воды, в зависимости от их сложности, составляет 10—30% от капиталовложений на строительство систем капельного орошения [22]. В связи с этим, очень важно правильно выбрать конструкцию капельницы для конкретных условий, что резко уменьшит затраты на строительство и эксплуатацию.

Применение тех или иных схем и установок для очистки оросительной воды зависит от ее физико-химических и гидро-биологических свойств, величины расхода, конструкции капельниц, трубопроводов и гидравлического режима их работы. Состав очистных сооружений можно подобрать, руководствуясь рекомендациями «Союзводпроекта» и комплексного отдела ВНИИМнТП (табл. 1.2.) [30, 38].

Для участков капельного орошения с площадью не более 100 га, при заборе воды из прудов и водохранилищ с мутностью не более 50 г/л очистку можно осуществлять с помощью фильтров-сеток двух типоразмеров (1×1 мм, $0,05 \times 0,5$ мм) [30]. При достижении определенного перепада давлений сетки должны автоматически промываться обратным током воды.

При значительном количестве гидробионтов в прудах, озерах, водохранилищах и других источниках воду предварительно хлорируют в подводящем канале или обрабатывают медным купоросом, а после этого очищают на микрофильтрах и подают насосами второго подъема на поливной участок [30].

В том случае, когда вода забирается из оросительных каналов и рек и имеет высокую мутность, применяют двухступенчатую очистку [30]. На первом этапе очистки используют сетки, отстойники, микрофильтры и гидроциклоны. Более тщательную доочистку воды проводят на гравийно-песчаных, спаренных

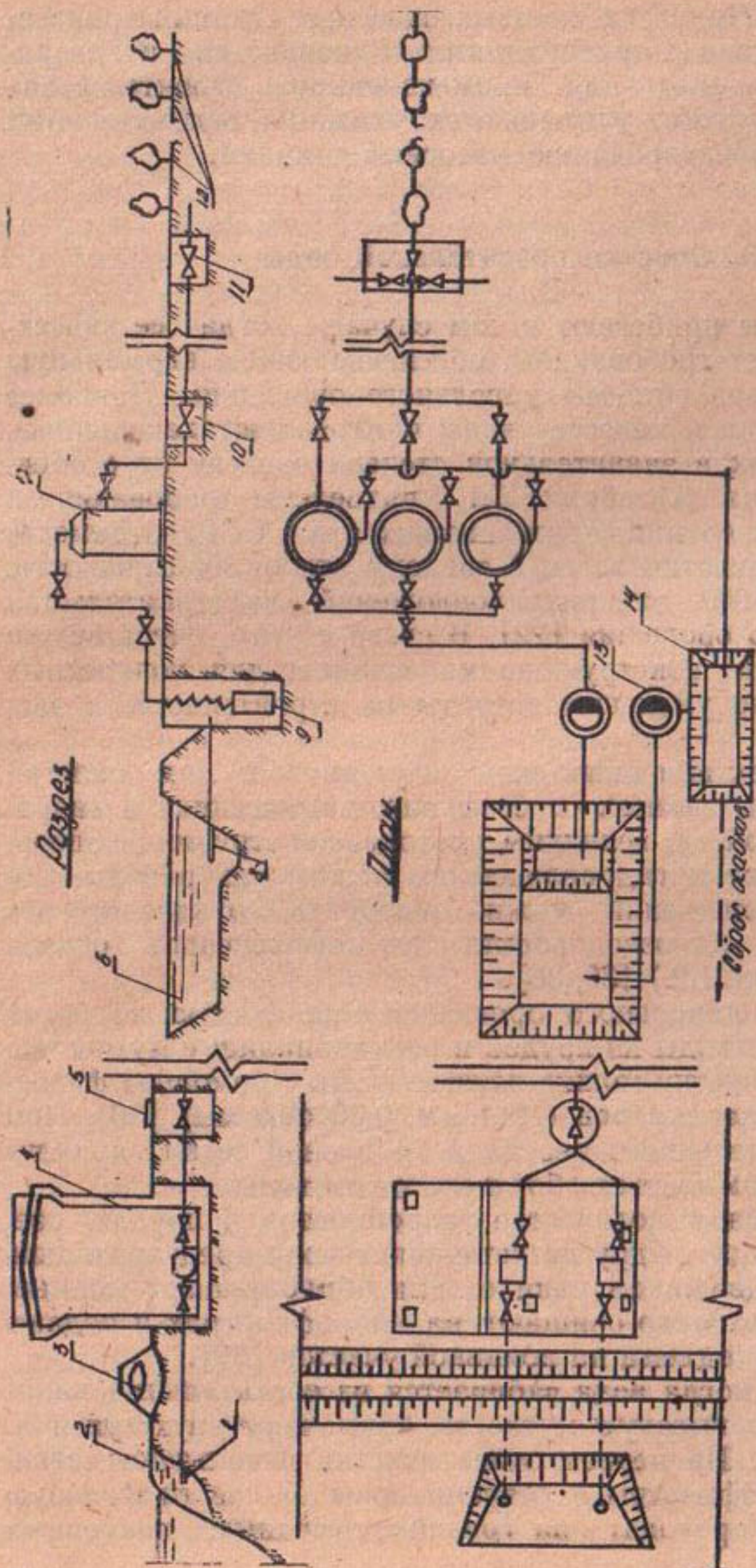


Рис. 1.5. Схема расположения узла водозаборных сооружений и блока подготовки воды

1 — всасывающий оголовок; 2 — аванкамера; 3 — дамба обвалования; 4 — насосная станция 1-го порядка; 5; 10 — колодец переключений; 6 — регулирующей бассейн; 7 — ФПЗ-ЧН; 8 — всасывающий оголовок; 9 — водозаборный колодец с погружным насосом; 11 — распределительный колодец; 12 — поливные трубопроводы; 13 — насос для перекачивания осветленной промывной воды; 14 — отстойник промывной воды.

Требования к качеству оросительной воды капельниц различных конструкций

Наименование капельниц и организации-разработчика	Истечение воды	Размеры наименьших водопропускных отверстий, мм	Требования к качеству воды			Источник информации
			допустимое содержание взвеси, мг/л	размер частиц взвеси, мм	допустимое содержание гидро-бионтов, мг/л	
«Молдавия-1»	Непрерывная подача воды	1,0	30	0,01—0,05	—	39
«Таврия» УкрНИИРИМ, «Узгипроводхоз»	Капельно-струйное истечение, основанное на поплавковой конструкции капельницы	1,5	300	0,1	10	30
«Колонна-1», ВНПО «Радуга»	Выплеск воды за короткий промежуток времени, импульсная	2,5	500	0,5	10	30
«Украина-1», Укргипроводхоз	Непрерывная подача воды каплями, самопромывающаяся	3,0		1,0—1,5	—	30
К-316, УкрНИИОС	То же	1,5	300	0,25	10	32
КСС-2, НИМИ	Непрерывного действия, саморегулирующаяся и самопромывающаяся	2,0	300	0,30	10	38

Выбор состава очистных сооружений

Производительность сооружений, м³/ч	Условия применения				Возможные варианты
	Качество исходной воды				
	взвешенные вещества, мг/л	концентрация гидробионтов, мг/л	количество железа, мг/л	характеристика взвеси	
1	2	3	4	5	6
23—1100 (НСФ)	<50	20—50 40—100 тыс. кл/мл	—	Тонкодисперсная взвесь $d_v < 100$ МКМ. Водоросли $d_v = 0,1—0,2$ мм	Напорные сетчатые автоматически промывающиеся фильтры (НСФ), либо микрофильтры с непрерывной промывкой фильтрующего полотна (МФ), размер ячеек сеток от 20 до 40 МКМ (МФ) 70—250 МКМ (НСФ)
100—896 (МФ) 416—3750 (БС)	50—200 150 (КФ)	5—20 10—20 тыс. кл/мл	—	Взвесь полидисперсная $d_v = 0,001—0,5$ мм. Водоросли $d_v = 0,01—100$ мм	Микрофильтры, барабанные сетки (БС) или напорные сетчатые фильтры + крупнозернистые кварцевые или гравийно-кварцевые фильтры (ГКФ) 25—250 МКМ (БС); 200—2500 (НСФ).
10—20 (ГКФ) любая при ТЭО	200—300	<100 кл/мл (ГКФ) <1000 кл/мл	—	Взвесь полидисперсная $d = 0,001—0,5$ мм	Гидроциклоны + гравийно-кварцевые фильтры или фильтры с плавающей загрузкой

Любая при ТЭО	500—1000 500 (ФПЗ)	—	—	Взвесь полидисперсная с плотностью частиц $\rho \geq 1,0 \text{ г/см}^3$ $d = 0,01—5,0 \text{ мм}$	Гидроциклоны + гравино-кварцевые фильтры; гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой; фильтры с плавающей загрузкой
Любая при ТЭО	500—1000 500 (ФПЗ) < 500 (ФПЗ)	> 1000	0,1+2	Взвесь полидисперсная $d = 0,01—5,0 \text{ мм}$	Ковши (бассейны) отстаивания, земляные и бетонные отстойники + гравино-кварцевые фильтры; тонкослойные отстойники + зернистые фильтры гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой.
100 (ГКФ) любая при ТЭО	—	—	< 2+15	Хлопья гидроокиси железа после аэрации	Упрощенная или принудительная аэрация в бассейнах + фильтры с зернистой, песчаной или пенополистирольной загрузкой.

Примечания: 1. При наличии в исходной воде карбонатных отложений, серо- и железобактерий необходимо производить обработку воды CuSO_4 ; Cl_2 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , NaCl и различными кислотами.

2. В каждом конкретном случае, в зависимости от физико-химических свойств воды и взвеси, эффект очистки должен уточняться экспериментальным путем для каждого водисточника.

3. Буквенное сочетание ТЭО обозначает понятие: технико-экономическое обоснование.

гравийно-сетчатых и фильтрах с плавающей вспененной полистирольной загрузкой.

Подземные воды, содержащие карбонаты и соединения железа, должны быть подвергнуты фильтрации с упрощенной аэрацией. Образовавшиеся соединения карбонатов в трубопроводах и капельницах промывают слабым раствором соляной кислоты. В отдельных случаях производят периодическую промывку трубопроводов и капельниц азотной кислотой.

Глубокая очистка оросительной воды увеличивает стоимость систем капельного орошения, но способствует более надежной и устойчивой работе трубопроводов и капельниц. Выбор состава очистных сооружений и технологии очистки окончательно определяется технико-экономическим расчетом и сравнением различных вариантов.

Производительность очистных сооружений должна соответствовать максимальной подаче воды на участок капельного орошения и полной производительности насосной станции. При проектировании состав очистных сооружений может быть предварительно определен по СНиП П-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и по Справочнику проектировщика «Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий». Стройиздат, 1977.

1.4. Техническая характеристика сооружений для очистки воды и внесения удобрений

Для осветления оросительной воды с повышенной мутностью применяются земляные и бетонные отстойники, ковши и искусственные водоемы [30]. Они улучшают работу водозаборных сооружений, работают как регулирующие емкости, пригодны для рыборазведения. Однако эти сооружения имеют и ряд недостатков: непригодны для осветления тонкодисперсных взвесей, требуют очистки от наносов, способствуют развитию микроорганизмов водорослей, занимают большие площади и требуют значительных капиталовложений.

Для очистки оросительной воды от песка и других плотных минеральных частиц применяют гидроциклоны, работающие на принципе использования центробежной силы, которые могут устанавливаться на напорном и всасывающем трубопроводах (рис. 1.6.). Они не применимы для очистки воды, содержащей тонкодисперсные взвеси низкой плотности. На таком же принципе работают фильтры центробежной очистки воды ФЦ (рис. 1.7.).

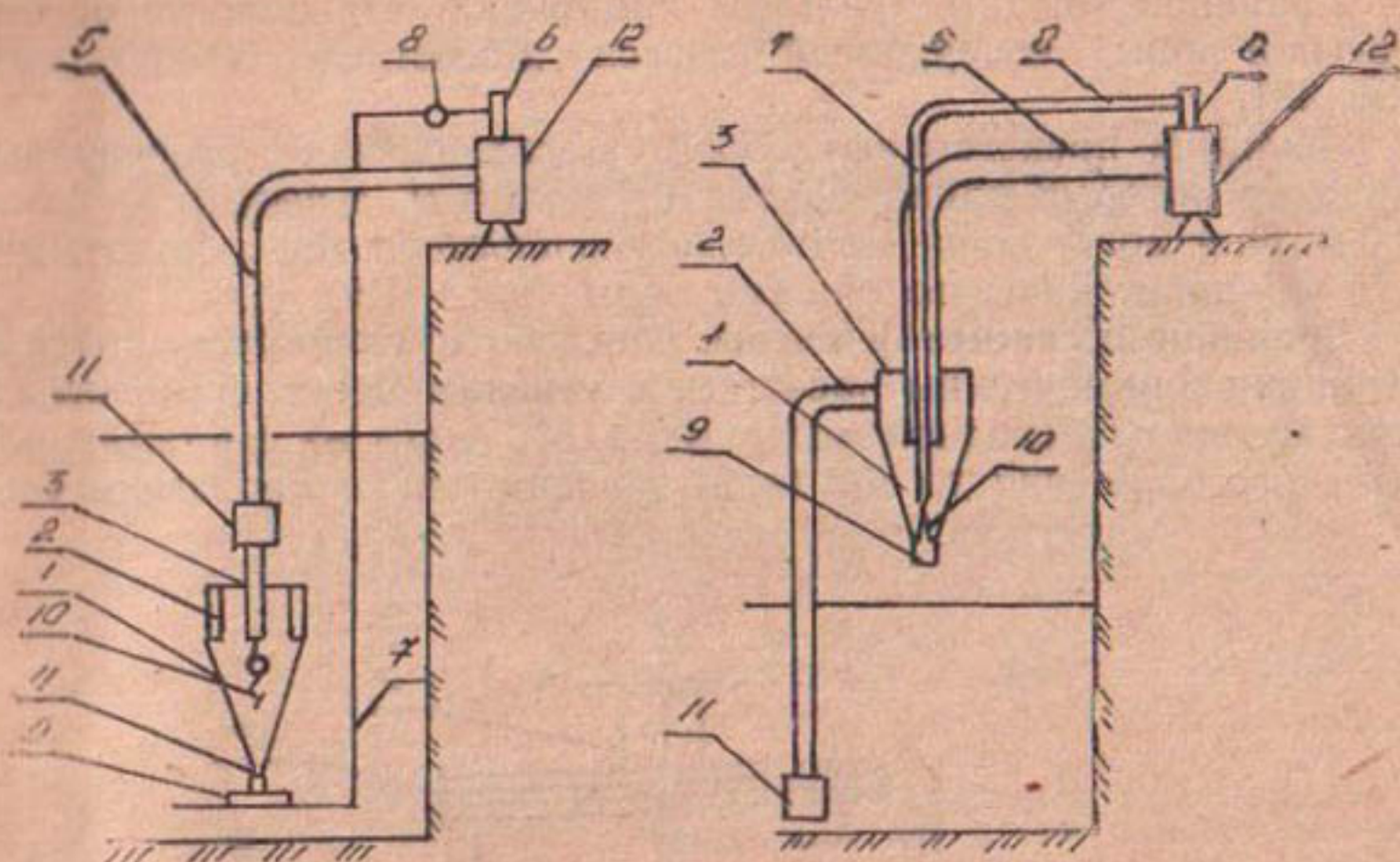


Рис. 1.6. Гидроциклоны, совмещенные со струйными аппаратами, смонтированные на всасывающей линии насосов.

1 — гидроциклонная приемная камера; 2 — входной патрубок циклонной камеры; 3 — сливной патрубок циклонной камеры; 4 — песковое отверстие циклонной камеры; 5 — всасывающий патрубок насоса; 6 — нагнетательный патрубок насоса; 7 — водоподводящая труба; 8 — кран; 9 — гидроэлеватор; 10 — гидроциклон; 11 — обратный клапан; 12 — насос центробежный.

Для более глубокой доочистки воды на системах капельного орошения применяются сетчатые фильтры ФНС-06, ФНС-07, разработанные Украинским научно-исследовательским институтом орошаемого садоводства [32]. Недостатками этих фильтров является то, что мелкие ячейки быстро забиваются взвесью и требуется постоянная промывка сеток обратным током воды. Фильтры сетчатые обычно применяют для доочистки воды на небольших системах капельного орошения. На крупных системах капельного орошения, площадью 500 га и более, применяют микрофильтры, представляющие собой вращающиеся сетчатые барабаны с отверстиями до $0,025 \text{ мм}^2$ (рис. 1.8). Барабаны размещены в бетонном или металлическом резервуарах. Микрофильтры служат для предварительной очистки воды от фитопланктона и взвешенных веществ. Вода фильтруется через сетки барабанов и отводится в резервуар. При загрязнении сетки промываются обратным током воды. Недостатками микрофильтров являются: значительные энергозатраты на вращение барабанов и низкий эффект осветления воды [30].

Гравийно-песчаные фильтры применяют для очистки оросительной воды, содержащей взвеси диаметром 50—80 мкм [30, 38].

Фильтры представляют собой металлические резервуары, диаметр которых принимают от 0,4 до 1,5 м, а высота — 1,5—3,0 м. Они могут последовательно комплектоваться с сетчатыми, что улучшает качество очистки воды (рис. 1.9).

Гравийно-песчаные фильтры, согласно имеющемуся опыту и технико-экономическим расчетам, с успехом могут применяться при мутности исходной воды 100—1500 мг/л на системах капельного орошения до 500 га. В зависимости от производитель-

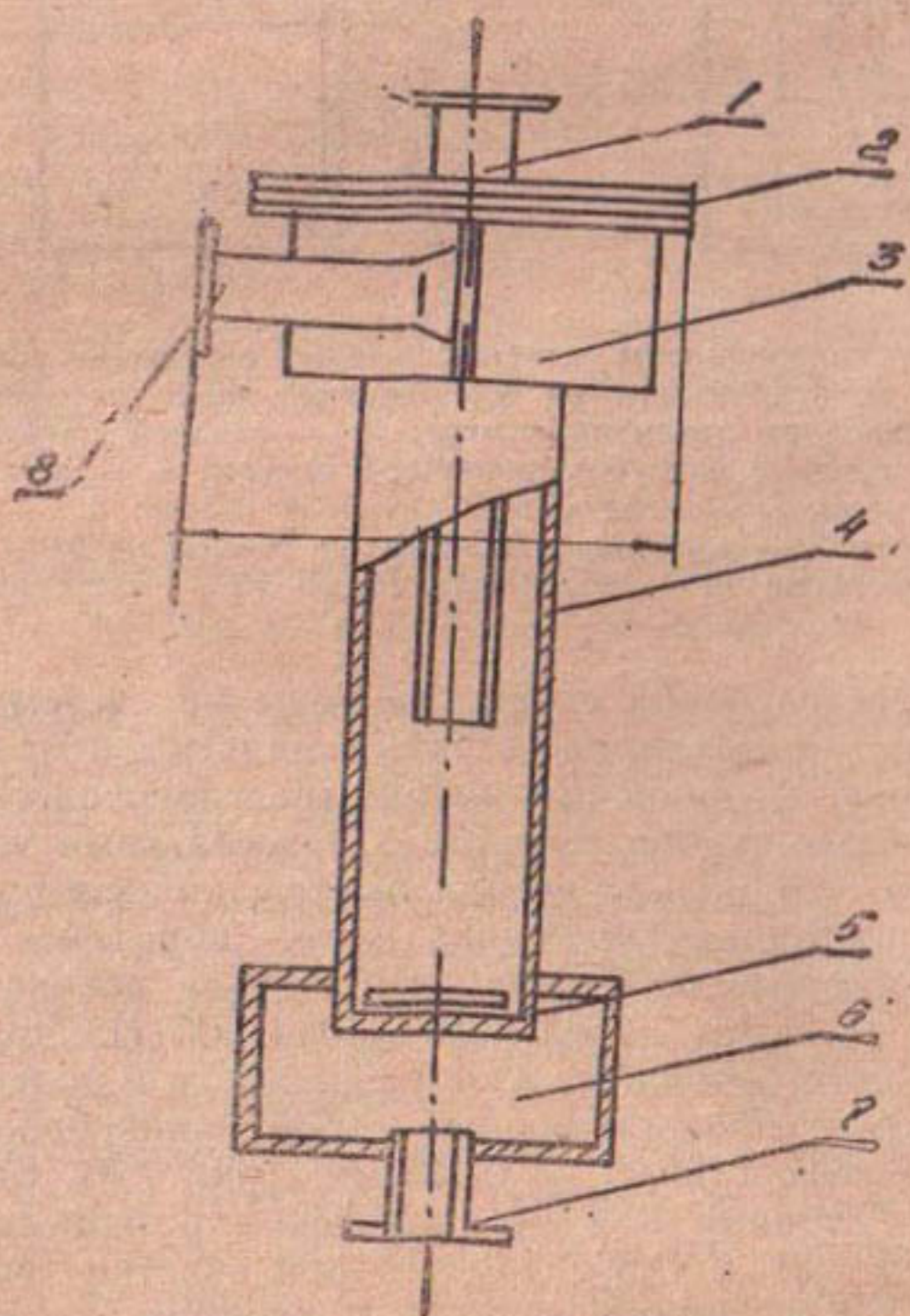


Рис. 17. Фильтр центробежной очистки, мод. 0,2

1 — отводящий патрубок; 2 — крышка; 3 — ускоритель; 4 — трубка разгона; 5 — отражатель; 6 — отстойник; 7 — отводящий патрубок отстойника; 8 — подводящий патрубок.

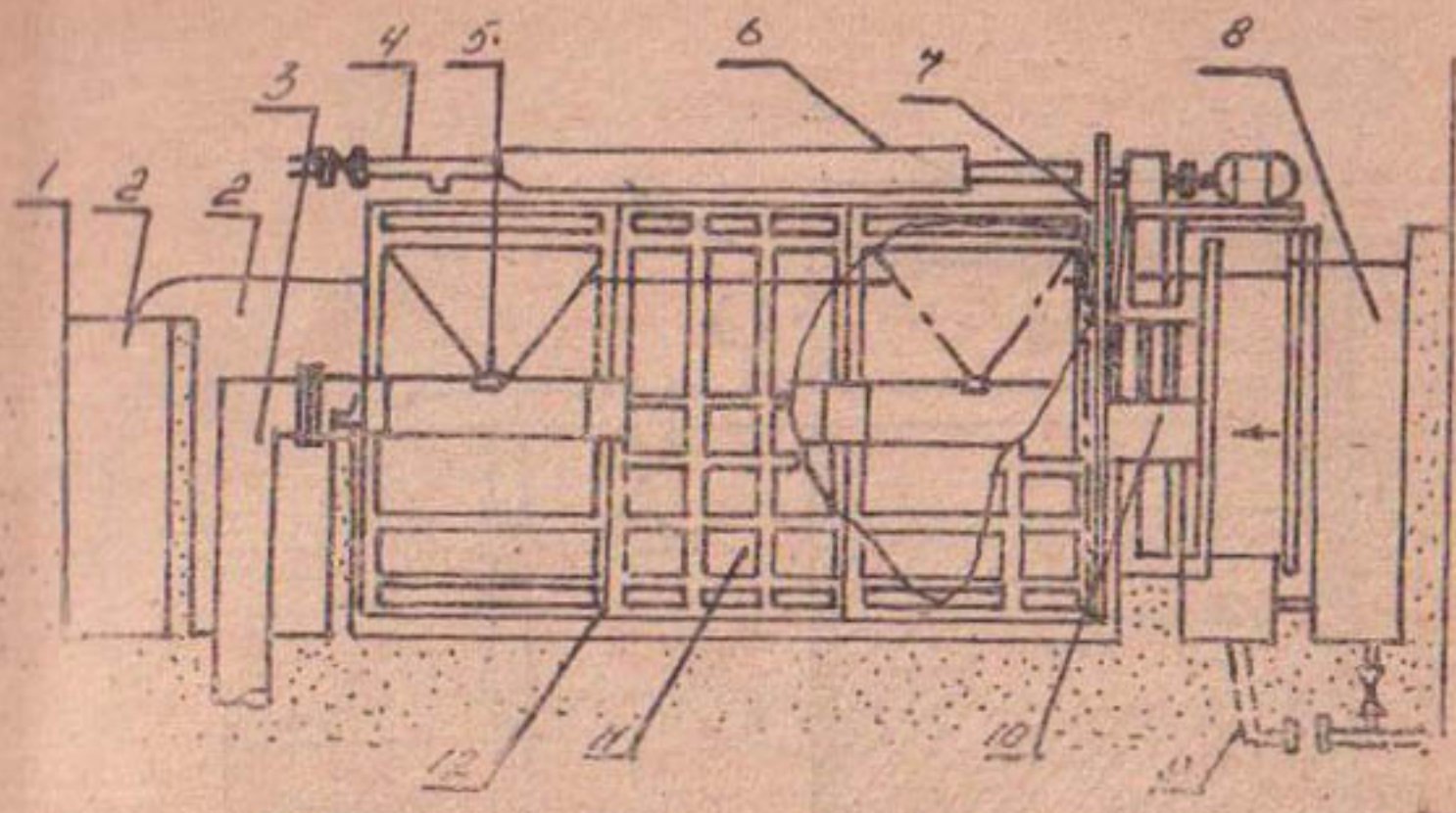


Рис. 1.8. Конструктивная и монтажная схема микрофилтра

1, 2 — канал осветленной воды; 3 — трубопровод подачи воды на промывку; 4 — отвод промывной воды; 5 — гидравлические насадки; 6 — сборные желоба для приема грязной промывной воды; 7 — кожух; 8 — канал исходной воды; 9 — трубы для удаления осадков; 10 — входной канал; 11 — микросетки с размером ячеек 40—60 мм; 12 — каркас микрофилтра.

ности они могут устанавливаться на любых звеньях подводящей и распределительной сети. Степень очистки у этих фильтров достигает 91% [38]. Дробленый гравий и керамзит, вулканические шлаки улучшают работу и производительность крупнозернистых фильтров. Регенерацию гравийно-песчаных фильтров производят обратным током воды при достижении потерь напора в загрузке и дренаже 5—15 м в. с.

Очистка оросительной воды на фильтрах ФПЗ с плавающей пенополистирольной загрузкой (ФПЗ) высокоэффективна и производительна [39]. Эти фильтры позволяют интенсифицировать процесс фильтрации и повышают качество очистки воды. Они не требуют специальных мощных насосов для промывки, могут быть полностью автоматизированы, что упрощает эксплуатацию очистных сооружений. ФПЗ могут работать в напорном, безнапорном, комбинированном, реогентном и безреогентном режимах фильтрования.

Конструкция фильтров ФПЗ-3, ФПЗ-4 и ФПЗ-5 основана на принципе фильтрования сверху вниз. На рисунке 1.10 показана конструкция фильтра ФПЗ-4Н. Вода поступает в верхнюю часть фильтра и профильтровывается в направлении убывающей крупности гранул загрузки. Очищенная вода поступает в дренаж и подается к орошаемому участку по трубопроводу.

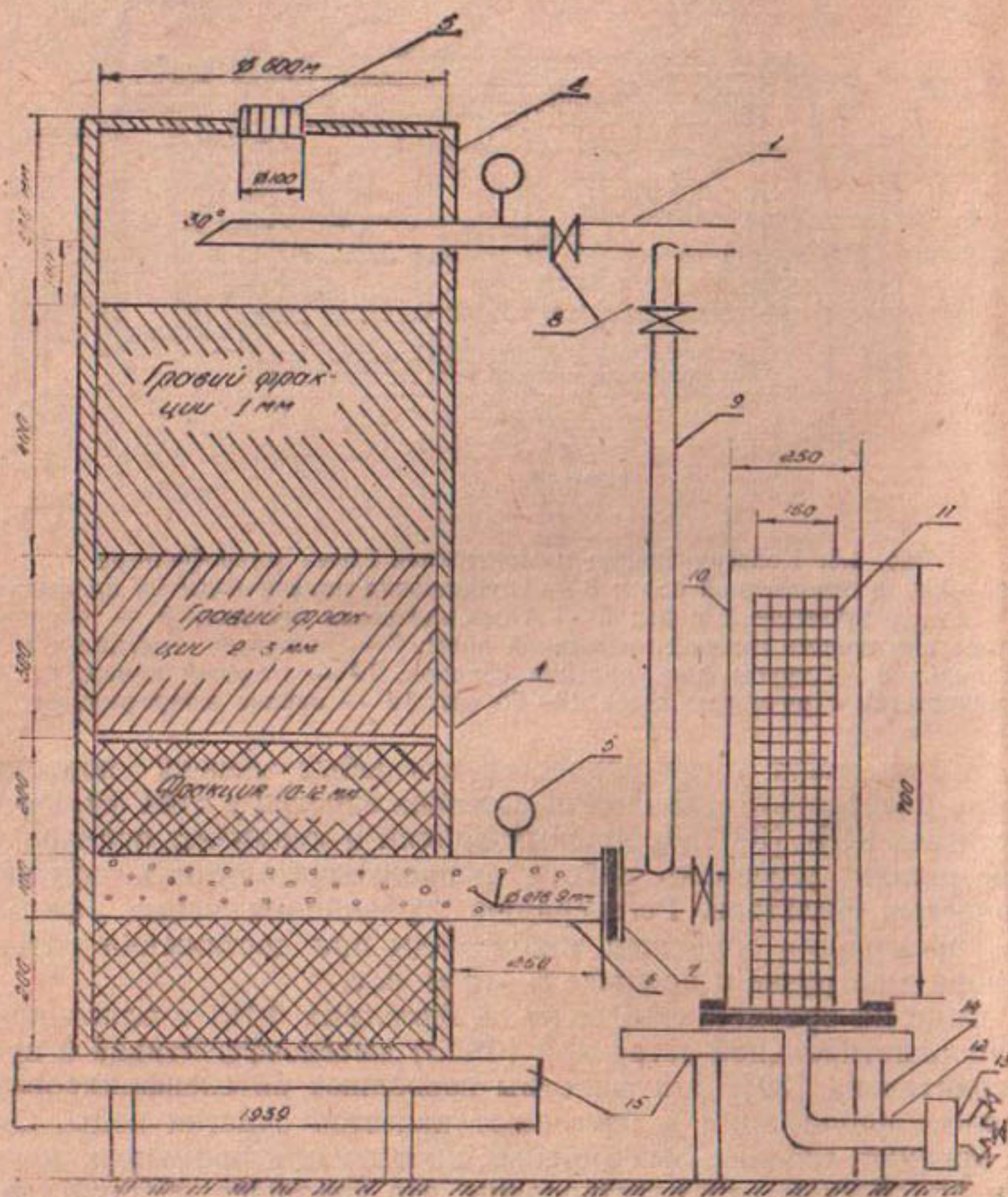


Рис. 1.9. Схема спаренного гравийно-сетчатого фильтра.

1 — подводящий трубопровод; 2 — корпус гравийного фильтра; 3 — клапан сброса промывной воды; 4 — разделительная сетка; 5 — манометры; 6 — дренажный коллектор осветленной воды; 7 — соединительные флянцы; 8 — вентили, задвижки или клапаны; 9 — трубопровод промывной воды; 10 — корпус сетчатого фильтра; 11 — фильтрующий элемент; 12 — трубопровод осветленной воды; 13 — расходомер; 14, 15 — подставки.

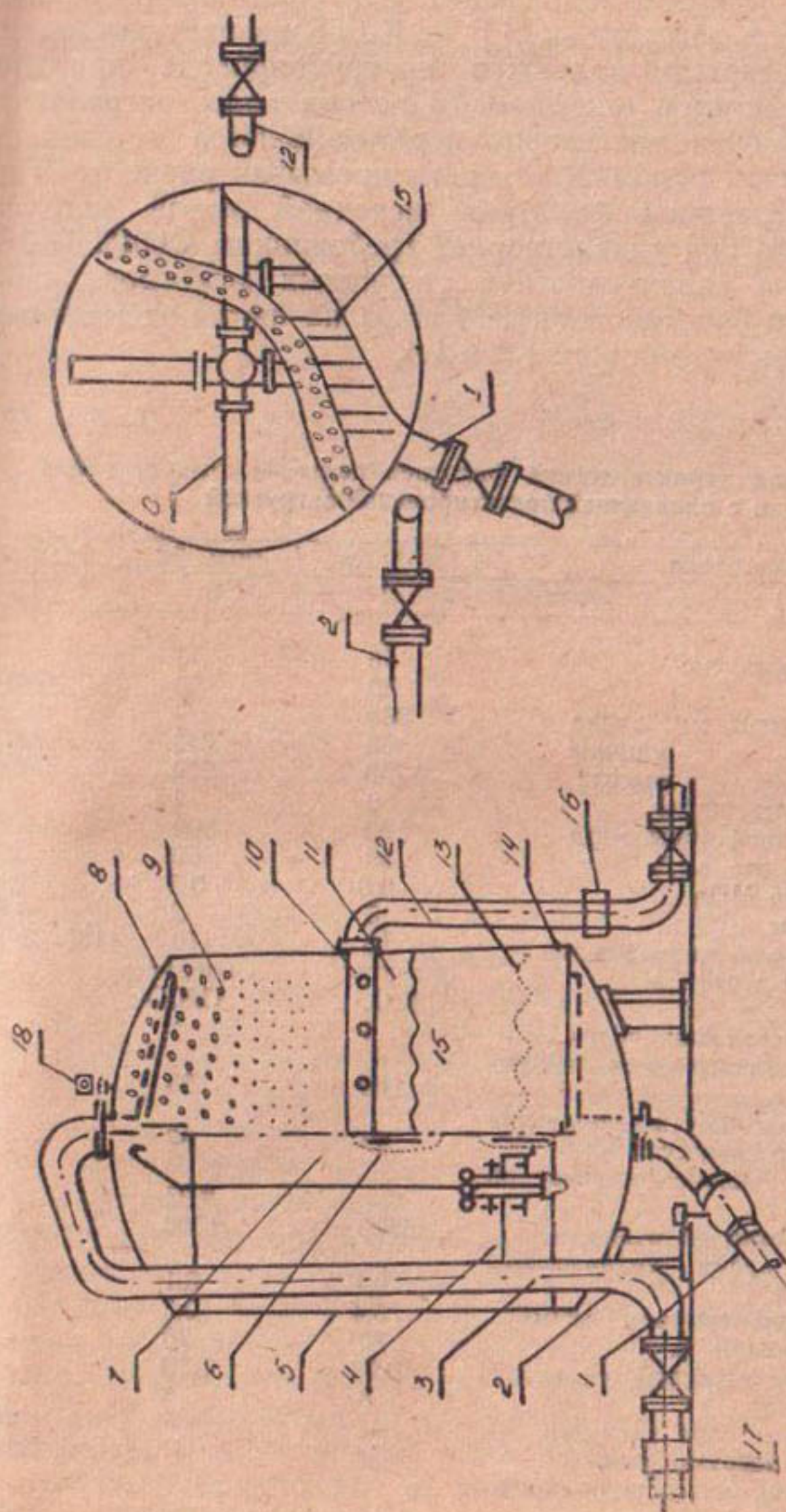


Рис. 1.10. Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой большой грязеемкости ФПЗ—ЧН 1 — трубопровод промывной воды; 2 — трубопровод исходной воды; 3 манометры; 4 — люк; 5 — смотровое окно; 6 — корпус фильтра; 7 — воздухозаборник; 8 — верхняя распределительная система; 9 — рабочий слой фильтра; 10 — дренажная система; 11 — поддерживающий слой фильтра; 12 — трубопровод фильтра; 13 — граница расширения загрузки фильтра при промывке; 14 — нижняя сборная система; 15 — дренажные трубы; 16 — улавливающее устройство; 17 — волюмер; 18 — вантуз.

Регенерацию загрузки производят при достижении величины потерь напора в загрузке до 1,5 м. Ее производят нисходящим потоком при открытой задвижке на трубопроводе промывной воды. Под действием нисходящего потока воды загрузка расширяется, гранулы интенсивно перемешиваются и очищаются от загрязнения. Продолжительность промывки равна трем-пяти минутам. Регенерацию фильтров исходной водой допустимо проводить, если она удовлетворяет требованиям СНиП II-31-74.

Технические характеристики различных фильтров, применяющихся для очистки поливной воды на системах капельного орошения, даны в таблицах 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3

Показатели	ФЦ-02а	ФНС-06	ФПЗ-4Н
1	2	3	4
Производительность, л/с	15	11	42
Масса, кг	80	20	10363
Габаритные размеры, мм: длина	350	270	6870
ширина	460	230	4000
высота	1300	510	5410
Материалоемкость, кг/га	2	1	77
Мутность исходной воды, мг/л	500	500	1000
Мутность фильтрата, мг/л	50	50	20
Рабочее давление МПа	0,6	0,6	0,6
Потери напора, м	5	2	1,5
Продолжительность промывки, с	18	10	180—300
Обслуживающий персонал	оператор С.К.О.	оператор С.К.О.	1
Трудоемкость установки, чел/ч	4	2	—
Коэффициент использования рабочего времени, %	100	98	—
Коэффициент надежности выполнения технологического процесса, %	99	98	—
Коэффициент технологического обслуживания, %	—	0,97	—
Средняя выработка на отказ, ч	5000	1000	—
Среднесменное время технического обслуживания, ч	0,1	0,1	—
Удельная материалоемкость, кг/м ³	5,4	0,5	—
Уровень унификации, %	70	70	—
Коэффициент технической готовности	0,99	0,98	—
Срок службы, лет	8	8	—
Высота рабочего слоя загрузки, мм	—	—	1500
Общая высота загрузки, мм	—	—	2000
Крупность гранул загрузки по зонам, мм:			
верхней	—	—	4—6
средней	—	—	2—4
нижней	—	—	1—2

Техническая характеристика микрофильтров и барабанных сеток

Тип	Барабан фильтра					Производи- тельность тыс. м³/сут
	диаметр м	длина звена, м	число звеньев, шт	общая длина, м	рабочая площадь, м²	
1	2	3	4	5	6	7
Микрофильтры						
МФ-1	1,5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,5
			2,0	2,0	4,0	5,0
			3,0	3,0	6,0	7,5
МФ-2	3,0	1,5	1,0	1,5	6,0	7,5
			2,0	3,0	12,0	15,9
			3,0	4,5	18,0	21,5
Барабанные сетки						
БС-1	1,5	1,0	1,0	1,0	2,5	10,0
			2,0	2,0	5,0	20,0
			3,0	3,0	7,5	30,0
БС-2	3,0	1,5	1,0	1,5	7,5	30,0
			2,0	3,0	15,0	60,0
			3,0	4,5	22,0	90,0

При капельном орошении минеральные удобрения вносят в растворенном виде вместе с поливной водой непосредственно в зону распространения основной массы корней [4, 30, 32, 41, 42]. При этом имеется возможность подавать удобрения дробно в соответствии с потребностями растений, руководствуясь содержанием питательных веществ в листьях и почве [30, 32, 41]. Минеральные удобрения, используемые для внесения при поливе, должны растворяться без остатка, не образовывать осадков с солями, находящимися в оросительной воде, не вызывать коррозии оросительных систем [30, 32]. Наиболее приемлемыми для этих целей из азотных удобрений является мочеви-на, из калийных — сернистый и хлористый калий [30, 32, 41]. Фосфорные удобрения слаборастворимы и образуют осадки с солями, находящимися в оросительной воде. Их следует вносить в почву в сухом виде обычными средствами. Хорошие результаты дает внесение двух- и трехкомпонентных жидких комплексных удобрений (ЖКУ) N:P=18:34 и N:P:K=9:9:9, которые выпускаются Воскресенским химкомбинатом [30, 32]. В теплицах целесообразно вносить с поливной водой кристаллин [43]. Он без остатка растворяется в воде. Выпускается шесть видов

кристаллина, отличающихся различным содержанием и соотношением питательных веществ [44]. Кристаллин содержит азот в нитратной и аммонийной формах, а также P_2O_5 и K_2O . Соотношение N; P; K в различных видах этого удобрения изменяется в пределах 10—19; 5—40; 6—20. Удобрение ТУ6-08-330-75 также широко может использоваться для внесения с поливной водой в теплицах. Оно содержит N — 10—20%, P_2O_5 — 5—40%, K_2O — 10—20% и Mg, хорошо растворимого в воде, бесхлорное. Оба удобрения можно применять и при капельном поливе овощей в открытом грунте, а также садов, виноградников и ягодников.

Подача минеральных удобрений в оросительную сеть осуществляется несколькими способами. Вначале готовят на специальных установках маточные растворы. При их приготовлении соотношение тука и воды должно быть 1:3 [32]. Затем маточный раствор заливают в емкость, соединенную системой трубок с оросительной сетью (рис. 1.11.). Для подачи удобрений в систему создается избыточное давление с помощью компрессора или насоса [43]. Наиболее экономически выгодно подавать растворы минеральных удобрений в оросительную сеть с помощью специальных инжекторов.

Расход подачи жидкого (маточного) раствора удобрений зависит от рекомендуемой дозы питательных веществ, площади орошения, продолжительности полива [32]. При этом должны быть учтены концентрация жидкого удобрения и расход воды в оросительной сети. Эта взаимосвязь выражается формулой:

$$q_m = \frac{F \cdot S}{3600 C_m \cdot k \cdot t} \quad 1.4.1. (32)$$

где q_m — расход жидкого (маточного) раствора удобрений, л/с;

F — рекомендуемая доза внесения удобрений, кг/га;

S — площадь одновременно поливаемого участка, га;

t — время полива, ч;

C_m — концентрация маточного раствора, г/л;

K — коэффициент, находится по отношению времени удобрительного полива к оросительному.

Этот коэффициент зависит от вида удобрений и степени подвижности элементов минерального питания в почве. Большое влияние на его величину оказывают водопроницаемость и поглощающая способность почв. Величина коэффициента K обычно принимается равной более 0,8, чтобы обеспечить промывку системы водой [32]. Подачу удобрений начинают во

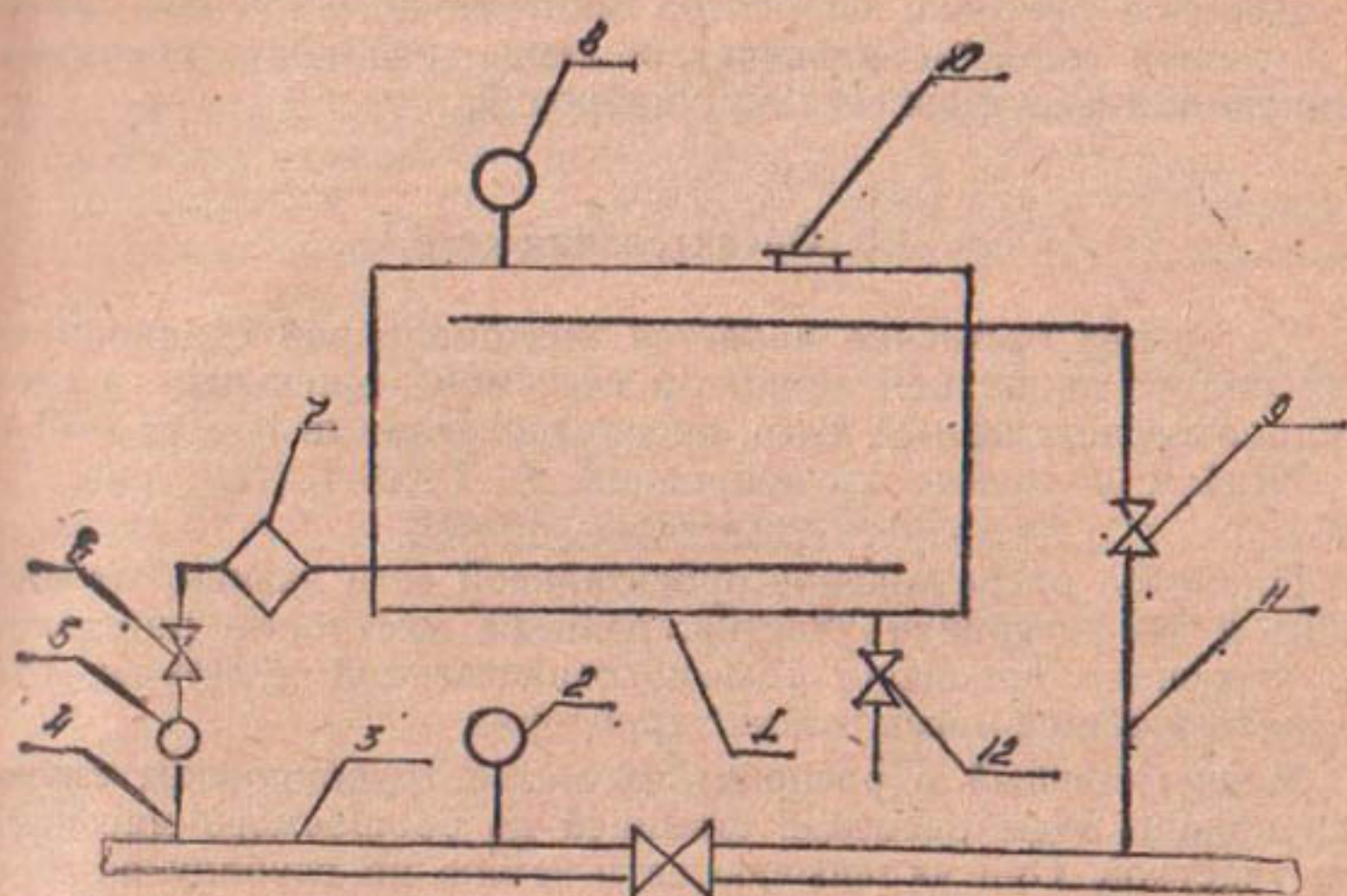


Рис. 1.11. Установка для внесения удобрений.

1 — емкость на 600 л; 2, 8 — манометры; 3 — участковый трубопровод; 4 — выпускная труба, 5 — жаклер, 6, 9 — краны; 7 — фильтр, 10 — заливное отверстие, 11 — заборная труба, 12 — сливной кран.

второй половине полива. Полную норму удобрений вносят в 5—8 приемов по 30—35 кг/га за один раз. Для плодоносящего яблоневого сада первую подкормку удобрениями следует давать в начале вегетации, вторую — после осыпания цветочных лепестков, третью — в период опадения завязей и еще две-три в фазы роста и созревания плодов. Последнюю подкормку проводят в три недели до уборки плодов [32]. Для косточковых пород подкормки проводят так же, как и на семечковых. Однако в послеуборочный период дают еще 2—3 удобрительных полива [32]. Аналогично проводят подкормки и в плодоносящих насаждениях грецкого ореха.

В теплицах при капельном орошении томатов следует давать 6—8 подкормок кристаллином нормой 35 г/м² каждая в смеси с 9 г/м² сульфата магния [43]. Под культуру тепличных огурцов при капельном орошении подкормки с оросительной водой дают 7—10 раз. В каждую подкормку вносят смесь мочевины с кристаллином по 25 и 20 г/м² соответственно [43]. Подкормки проводят во второй половине вегетации огурцов и томатов с момента начала плодоношения.

Дробное внесение элементов минерального питания вместе с поливной водой не отменяет, а лишь дополняет рекомендованную для культуры систему удобрений.

1.5. Оросительная сеть

Капельное орошение является низконапорной стационарной или полустационарной закрытой системой, имеющей в своем составе магистральный МКр, распределительные 1—Кр; 1—1Кр, 1—1Кр1 и поливные трубопроводы 1—1.Кр1.1. (см. рис. 1.1., 1.2.).

Плановое расположение оросительной сети зависит от величины и конфигурации участка, рельефа местности, расстояния до источника орошения сельскохозяйственной культуры, схем посадки и общей организации территории.

Магистральный и распределительные трубопроводы служат для подачи воды насосной станцией до орошаемого массива и его участков. Они укладываются в землю на глубину не менее 0,7 м от поверхности до верха трубы [40]. В теплицах распределительные трубопроводы могут укладываться на почву или подвешиваться на высоте двух метров вдоль основного прохода. Магистральный и распределительные трубопроводы высшего порядка выполняются из асбестоцементных или пластмассовых труб в соответствии со СНиП II-52-74. Металлические трубы для строительства проводящей сети систем капельного орошения неприемлемы, так как способствуют закупорке капельниц окислами железа. Класс и диаметры асбестоцементных труб можно принимать в соответствии с расходом и давлением в сети по таблице 1.5. Длина асбестоцементной трубы равна

Таблица 1.5

Класс и размеры асбестоцементных труб по ГОСТ 539-73

Условный проход, мм	Внутренний диаметр, мм		Наружный диаметр обточенных концов, мм	Масса 1 п.м. трубы, кг	
	ВТ-9	ВТ-12		ВТ-9	ВТ-12
100	100	96	122	9,2	10,4
150	141	135	168	15,2	17,9
200	189	181	224	26,4	31,2
250	235	228	274	35,9	41,1
300	279	270	324	49,4	57,4
350	322	312	373	63,7	74,0
400	368	356	427	84,7	98,7
500	456	441	528	127,3	149,2

3950 мм, а ее обточенного конца — 200 мм. Соединяются асбестоцементные трубы друг с другом с помощью муфт.

Для строительства магистрального и распределительных трубопроводов можно также использовать пластмассовые трубы в соответствии с ГОСТ 18595-73 (табл. 1.6.). Стыковку пластмассовых труб производят сваркой с помощью специальных приспособлений.

Таблица 1.6

Трубы из полиэтилена высокой плотности по ГОСТ 18599-73

Наружный диаметр, мм	Средняя толщина стенки трубы, мм			
	Л	СЛ	С	Т
140	3,5	5,4	7,9	12,7
160	3,9	6,2	9,1	14,6
180	4,4	7,0	10,2	15,4
200	4,9	7,7	11,4	18,2
225	5,5	8,7	12,8	20,5
250	6,1	9,7	14,2	22,8
280	6,9	10,8	15,9	25,5
315	7,7	12,2	17,9	—
355	8,7	13,7	20,1	—
400	9,8	15,4	22,7	—
450	11,0	17,3	25,5	—
500	12,2	19,3	—	—
	13,7	21,6	—	—
630	15,4	24,3	—	—

Распределители последнего порядка 1—1.Кр1. и поливные трубопроводы 1—1.Кр1.1 выполняются из полиэтиленовых труб низкой плотности (табл. 1.7.). Максимально допустимое давление в трубах легкого типа (Л) равно 250 кПа, среднелегкого — 400 кПа, среднего — 600 кПа и тяжелого — 1000 кПа. Распределители последнего порядка в садах, виноградниках и на овощах открытого грунта укладываются в почву на глубину не менее 0,7 м поперек рядов растений по наименьшему уклону. В теплицах распределители последнего порядка укладывают поперек рядов по краю центрального прохода на поверхности почвы или подвешивают на высоте двух метров. Они могут иметь одностороннее и двустороннее подключение поливных трубопроводов. При проектировании их длину принимают в зависимости от культуры, схем посадки и организации территории, но не более 400 м. Они могут быть расположены по одной или двум сторонам распределительного трубопровода старшего порядка (рис. 1.12 и 1.13).

Трубы из полиэтилена низкой плотности по ГОСТ 18599-73

На- руж- ный диа- метр, мм	Средняя толщина стенки и вес труб							
	Л		СЛ		С		Т	
	тол- щина стен- ки, мм	масса 1 п.м. трубы, кг	тол- щина стен- ки, мм	масса 1 п.м. трубы, кг	толщина стенки, мм	масса 1 п.м. трубы, кг	толщина стенки, мм	масса 1 п.м. трубы, кг
10	—	—	—	—	—	—	2,0	0,050
12	—	—	—	—	—	—	2,0	0,063
16	—	—	—	—	2,0	0,088	2,7	0,112
20	—	—	—	—	2,0	0,123	3,3	0,175
25	—	—	2,0	0,146	2,7	0,190	4,2	0,270
32	2,0	0,191	2,4	0,223	3,4	0,309	5,3	0,441
40	2,0	0,242	3,0	0,348	4,3	0,475	6,7	0,636
50	2,4	0,359	3,7	0,548	5,4	0,735	8,3	1,07
63	3,0	0,566	4,7	0,853	6,7	1,18	10,5	1,68
75	3,6	0,808	5,6	1,21	8,0	1,66	12,5	2,38
90	4,3	1,14	6,7	1,73	9,6	2,39	15,0	3,43
110	5,2	1,72	8,1	2,57	11,8	3,55	18,3	5,13
125	6,0	2,21	9,3	3,31	13,4	4,57	20,8	6,62
140	6,7	2,77	10,4	4,13	—	—	—	—
160	7,7	3,63	11,9	5,41	—	—	—	—

Поливные трубопроводы прокладываются вдоль рядов растений по наибольшему уклону местности. Они могут обслужи- вать один или два ряда. При традиционной схеме капельного орошения их подвешивают на высоте 0,5—0,7 м на шпалерную проволоку, натянутую вдоль ряда на опорных столбиках с концевыми анкерами. Так поступают, когда системы капельного орошения устраивают в садах, на виноградниках и других мно- голетних насаждениях. При капельном орошении овощей в от- крытом и закрытом грунте поливные трубопроводы уклады- вают на поверхность почвы.

При надземном расположении распределительных и полив- ных трубопроводов они должны быть выполнены из первичных полимерных материалов, таких как ПКП по ГОСТ 16337-70.

В отдельных случаях, когда оросительная сеть строится еще до закладки садов и виноградников, поливные трубопроводы укладывают в почву на небольшую глубину.

Расстояние между поливными трубопроводами на пропаш- ных культурах и в теплицах изменяется от 0,7 до 1,4 м, в садах и виноградниках от 2,0 до 8,0 метров. Длина поливных трубо- проводов принимается не более 150 м. Она должна, по возмож-

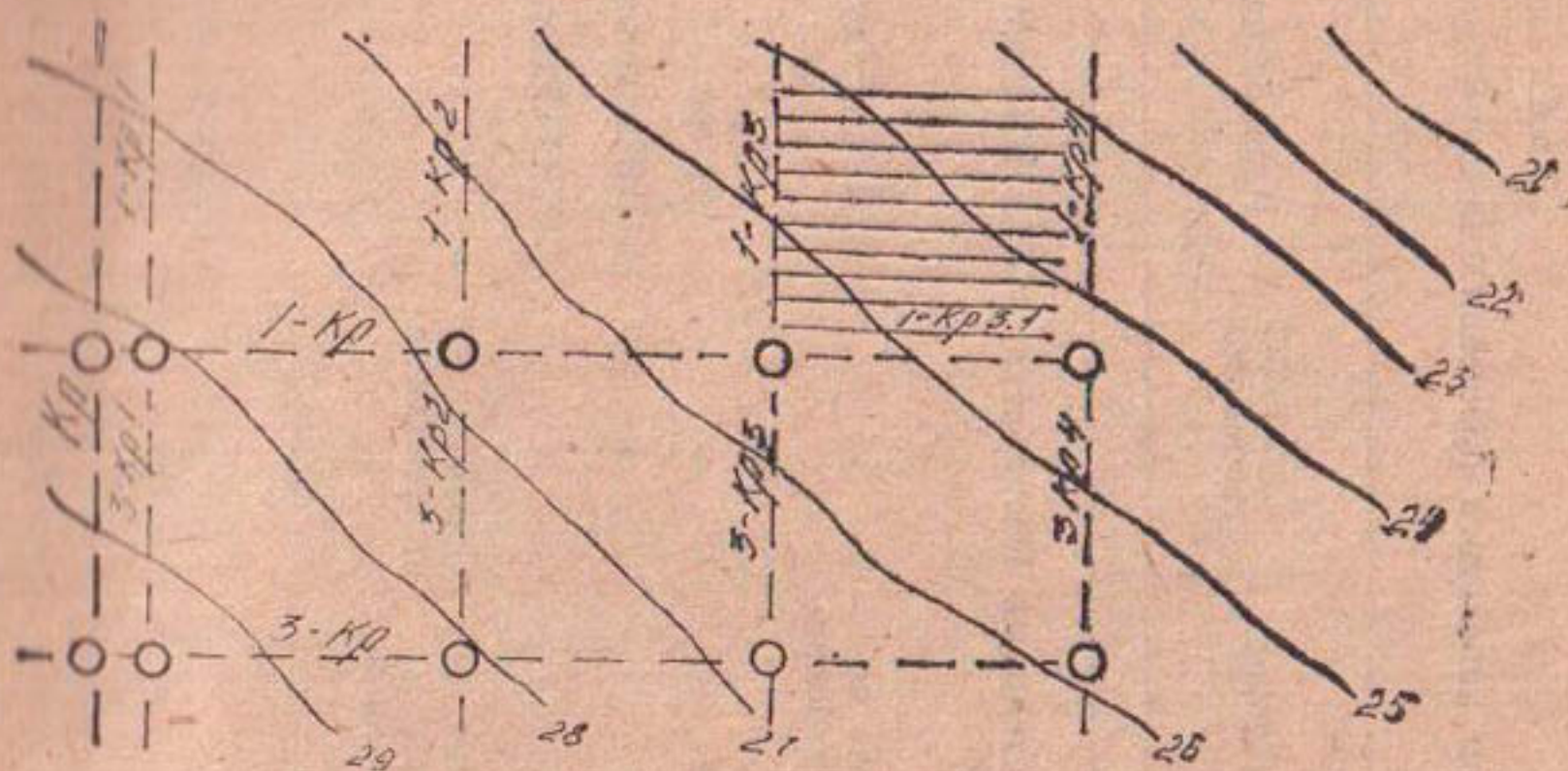


Рис. 1.12. Одностороннее расположение распределителей последнего порядка

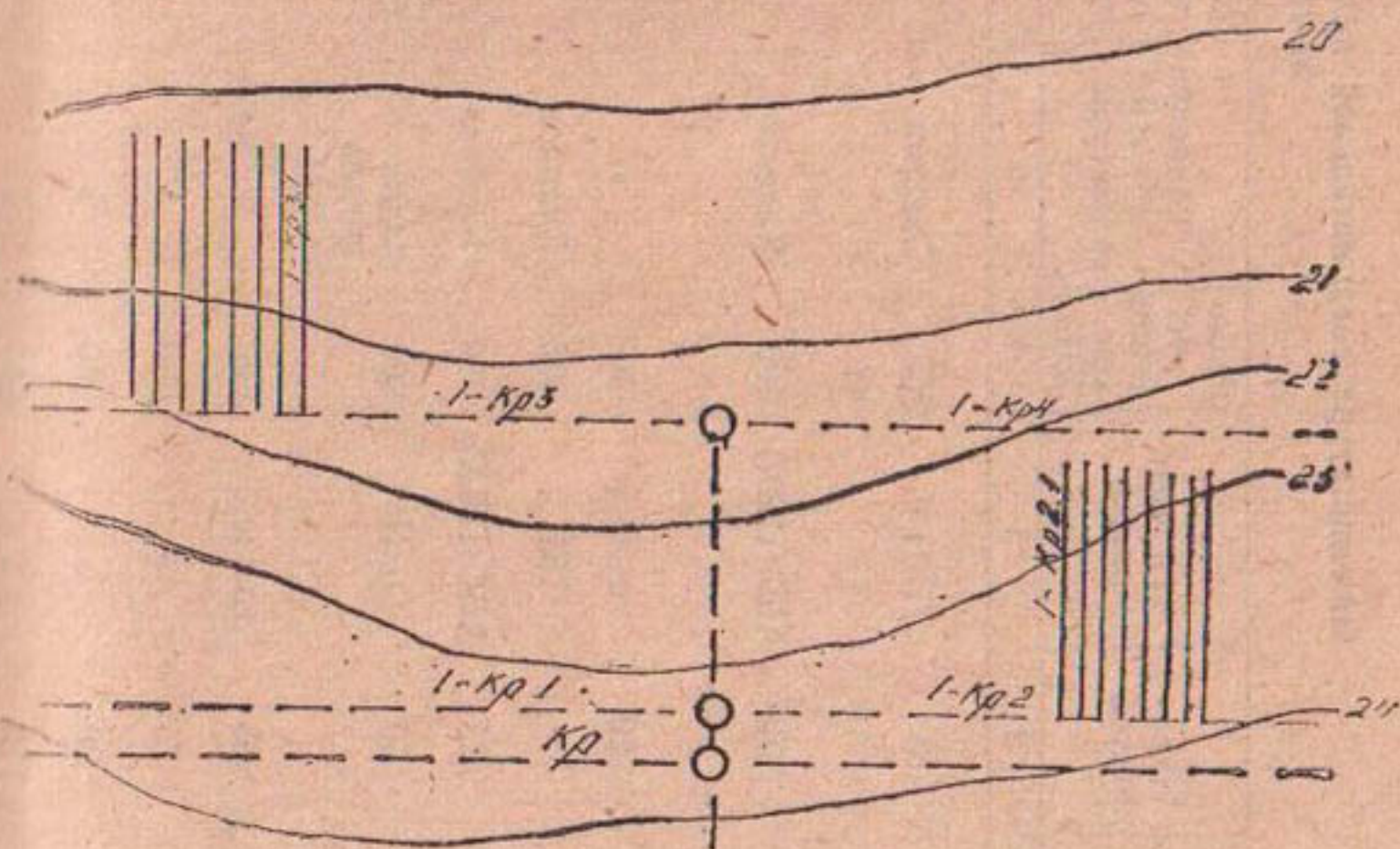


Рис. 1.13. Двустороннее расположение распределителей последнего порядка.

Номенклатура соединительной арматуры для систем капельного орошения
на 1979—1985 гг.

Наименование	Параметры	Тип материала	Рабочее давление, кПа	Соединение деталей арматуры	Тип соединения арматуры с трубопроводом	Назначение	Состояние разработки	Разработчик
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Муфты соединительные	10	ПВП	300	Сварное	«С зубом»	Ремонт отводных питателей	Разработка	УкрНИИГиМ
	16	АБС(ПВХ)	300	Клеевое	то же	Соединение поливных трубопроводов	»	ВНПО «Радуга»
	20	то же	300	»	»	то же	»	то же
		ПВП	300	Сварное	»	»	»	ВНИИВодполимер
	25	АБС(ПВХ)	300	Клеевое	»	»	»	ВНПО «Радуга»
	50	ПНП	600	Одна деталь	Сварка	Соединение участков трубопроводов	Серийно выпускаемые	
	63	то же	600	то же	то же	то же	то же	
	75	»	600	»	»	»	»	
	90	»	600	»	»	»	»	
	110	»	600	»	»	»	»	

Перехо- ды	20X16	АБС(ПВХ	300	Клеевое	«С зубом»	Соединение полиэтиленовых трубо- проводов	Разработка	ВНПО «Радуга»
		ПВП	300	Сварное	то же	то же	то же	ВНИИводполимер
	25X20	АБС(ПВЗ)	300	Клеевое	»	»	»	»
		ПВП	300	Сварное	»	»	»	ВНПО «Радуга»
	63X50	ПНП	600	1 деталь	Сварка	Соединение участковых трубопроводов	Серийно выпускаемые	
		то же	600	то же	»	то же	то же	
	75X63	»	600	»	»	»	»	
	90X75	»	600	»	»	»	»	
	110X90	»	600	»	»	»	»	
	125X110	»	600	»	»	»	Разработка	ВНИИводполимер
	140X125	»	600	»	»	»	»	»
	160X140	»	600	»	»	»	»	»
Ниппели	20	ПВП	300	Сварное	«С зубом»	Соединение по- лиэтиленовых трубо- проводов с участковыми	Разработка	ВНИИводполимер
	25	»	300	»	»	то же	»	УкрНИИОС
		»	300	»	»	»	»	ВНИИводполимер

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хомут	20×10	ПВП	300	1 деталь	Механич. Подсоединен. пи- тателя к полив- ному трубопро- воду	Разработка	УкрНИИГИМ	
Заглуш- ки разъ- емные	16	ПВП	300	Резьбовое	«С зубом» Для поливных трубопроводов	Разработка	УкрНИИГИМ	
	20	то же	300	»	то же	»	УкрНИИГИМ	
	63	ПНП	600	»	Сварка Для участков трубопроводов	»	УкрНИИГИМ	
Угольни- ки 90°	10	ПНП	300	Резьбовое	Сварка Подсоединение капельниц к питателю	Разработка	УкрНИИГИМ	
	20	»	300	1 деталь	» Для поливного трубопровода	Серийно выпус- каемые		
	25	ПВП	300	Сварное	«С зубом»	Разработка	ВНИИводполимер	
Угольни- ки 90°		АБС(ПВХ)	300	Клеевое	«С зубом» Для поливного трубопровода	Разработка	ВНПО «Радуга»	
	50	ПНП	600	1 деталь	Сварка Для участков трубопроводов	Серийно вы- пускаемые		
	63	»	600	»	»	»		

75	»	»	»	»	»	»	»	»	»
110	»	»	»	»	»	»	»	»	»
75	ПНП	600	1 деталь	Сварка	Для участков трубопроводов	Серийно выпускаемые			
110	»	600	»	»	»	»			
75	ПНП	600	1 деталь	Сварка	Для подсоединения запорно-регулирующей арматуры	Серийно выпускаемые			
110	»	600	»	»	»	»			
20	ПВП	300	Сварное	«С зубом»	Для перекрытия поливных трубопроводов	Разработка	УкрНИИОС		
25	АБС(ПВХ)	300	Клеевое	»	»	»	ВНПО «Радуга»		
20	ПНП				Для поливного трубопровода	Разработка	УкрНИИГиМ		
25	»				»	»	УкрНИИОС		

ности соответствовать длине квартала, клетки, грядки. Поливные трубопроводы, применяющиеся на системах капельного орошения, должны быть дешевыми, обладать высокой прочностью, эластичностью и сопротивлением перекручиванию. Для предотвращения развития водорослей и бактерий следует применять трубы черного цвета из стабилизированного полиэтилена. Трубы из нестабилизированного полиэтилена теряют эластичность, гибкость и на солнечном свете разрушаются в течение двух лет [24].

Окончательный выбор типа и диаметра труб для строительства магистрального, распределительных и поливных трубопроводов делается на основании их гидравлических и технико-экономических расчетов.

Пластмассовые трубопроводы систем капельного орошения рекомендуется соединять с помощью фасонных деталей серийного производства, изготовленных в соответствии с ОСТ 6.05-367-74 (отраслевой стандарт «Трубопроводы пластмассовые. Детали соединительные из полиэтилена низкой плотности для напорных труб» [30]. Кроме того, для этих же целей применяются детали, номенклатура которых дана в таблице 1.8.

Соединительная арматура изготавливается из АБС-пластика и полиэтилена [45]. Детали из АБС-пластика склеиваются на заводе специальным клеем, а из полиэтилена — свариваются. Поливные и распределительные трубопроводы диаметрами 16, 20, 25, 40, 50, 63 и 75 мм соединяются арматурой, изготовленной из АБС-пластика. Распределительные трубопроводы диаметром 50, 63, 75, 90 и 110 мм соединяются стандартными деталями из полиэтилена сваркой. Стыковка поливных трубопроводов с распределительными производится ниппелями, наконечниками и хомутами, разработанными институтами ВНИИМиТП, ВНИИводполимер, УкрНИИГиМ, УкрНИИОС (45). К шпалерной проволоке поливные трубопроводы крепятся специальными крючками и хомутами, через каждые полтора-два метра.

Соединение полиэтиленовых труб и деталей осуществляется сваркой встык, в раструб, в раструб методом нагрева или с закладными элементами [30]. Для соединения труб диаметрами 32—110 мм применяют, как более простой и надежный способ сварки — встык и в раструб.

Для сварки труб используют различные аппараты и переносные нагревательные диски. Поверхность сварочных дисков должна быть покрыта второпластом, что предупреждает налипание полиэтилена.

Перед свариванием торцы труб и деталей ровно обрезаются, зачищаются специальными резаками и фрезой. На открытом воздухе сварку полиэтиленовых труб производят при температурах не ниже -5°C с применением специальной защиты от ветра и осадков. Прочность сварки встык зависит от свойств материала труб, толщины их стенок, подготовки торцов и силы прижатия их к нагревателю, температуры поверхности нагревательного элемента и воздуха. Важно точно выдерживать рекомендованную температуру электронагревательного элемента и не допускать резкого охлаждения сварного соединения.

Сварка в раструб осуществляется при помощи инструментов, рабочие поверхности которых могут быть цилиндрическими или коническими. С помощью этих инструментов одновременно нагреваются наружная поверхность трубы или детали и внутренняя — раструб (рис. 1.14 и 1.15).

После оплавления поверхности труба или деталь быстро вставляется в раструб.

В отдельных случаях, при монтаже регулирующей и измерительной арматуры, для сварки применяют соединительные детали с закладными элементами. В этом случае соединительные детали оплавляются за счет тепла, которое передается от спирали, предварительно установленной в зоне шва.

1.6. Капельницы

Капельницы являются главным конструктивным элементом систем капельного орошения. Они определяют их гидравлические и технологические параметры.

В СССР на системах капельного орошения нашли применение капельницы: «Молдавия-1», «Таврия-1», УкрНИИОС (К-316), «Украина-1», «Узгипроводхоз-2», КСС-2 и «Коломна-1». Техническая характеристика капельниц дана в таблице 1.9.

На рисунках 1.16 и 1.17 показаны конструкция и расходная характеристика капельницы «Молдавия-1». Капельница непрерывного действия, саморегулирующаяся состоит из корпуса 1, крышки 2, дросселя 3 и диафрагмы 4. К поливному трубопроводу капельница присоединяется наконечником, расположенным в верхней части корпуса.

Капельница монтируется вертикально под трубопроводом, в котором под наконечник делается круглое отверстие с помощью шила. Вода из поливного трубопровода через наконечник поступает в капельницу. Проходя через дроссель и диафрагму, вода безнапорно вытекает наружу и попадает на поверхность почвы и растения.

Техническая характеристика капельниц

Показатели	«Молда- вия-1»		«Таврия-1»	УкрНИИОС (К-316)	«Украина-1»	«Узгипро- водхоз-2»	КСС-2	«Коломна-1»
	Саморегу- лирующая- ся	Поплаво- вая	Мембран- ная, пря- моточная	Самочи- щающаяся	Поплаво- вая	Саморегу- лирующая- ся, само- промываю- щаяся	Гидропнев- моаккумуля- торная	
Тип								
Допустимая круп- ность твердых вклю- чений, мм	0,2	0,1	0,25	1,0	0,8	0,3	1,0	
Режим работы	Непрерыв- ный	Непрерыв- ный	Непрерыв- ный	Непрерыв- ный	Непрерыв- ный	Непрерыв- ный	Импульс- ный	
Площадь полива, м ²	до 6,0	—	5,9	до 6,0	до 6,0	1,1	до 10,0	
Рабочее давление, кПа	100—200	40—80	200—350	100—240	20—270	100—200	150—300	
Водоподача, л/ч	4,0; 8,0	6,0; 8,0 10,0	10,0	3,4—5,1	4,0; 6,0 8,0; 10,0	3,0—5,0	0,5—5,0	
Масса капельницы, кг	0,017	0,018	0,0073	0,028	0,071	0,0062	0,034	
Материал диафрагмы	резина	—	резина	резина	—	резина	резина	
Материал остальных деталей	термопла- стичные полимеры	полиэти- лен	термопла- стичные полимеры	термопла- стичные полимеры	вторичный полиамид	ПНП	ПВП	
Объем вытеска, л	—	—	—	—	—	—	0,05—0,08	

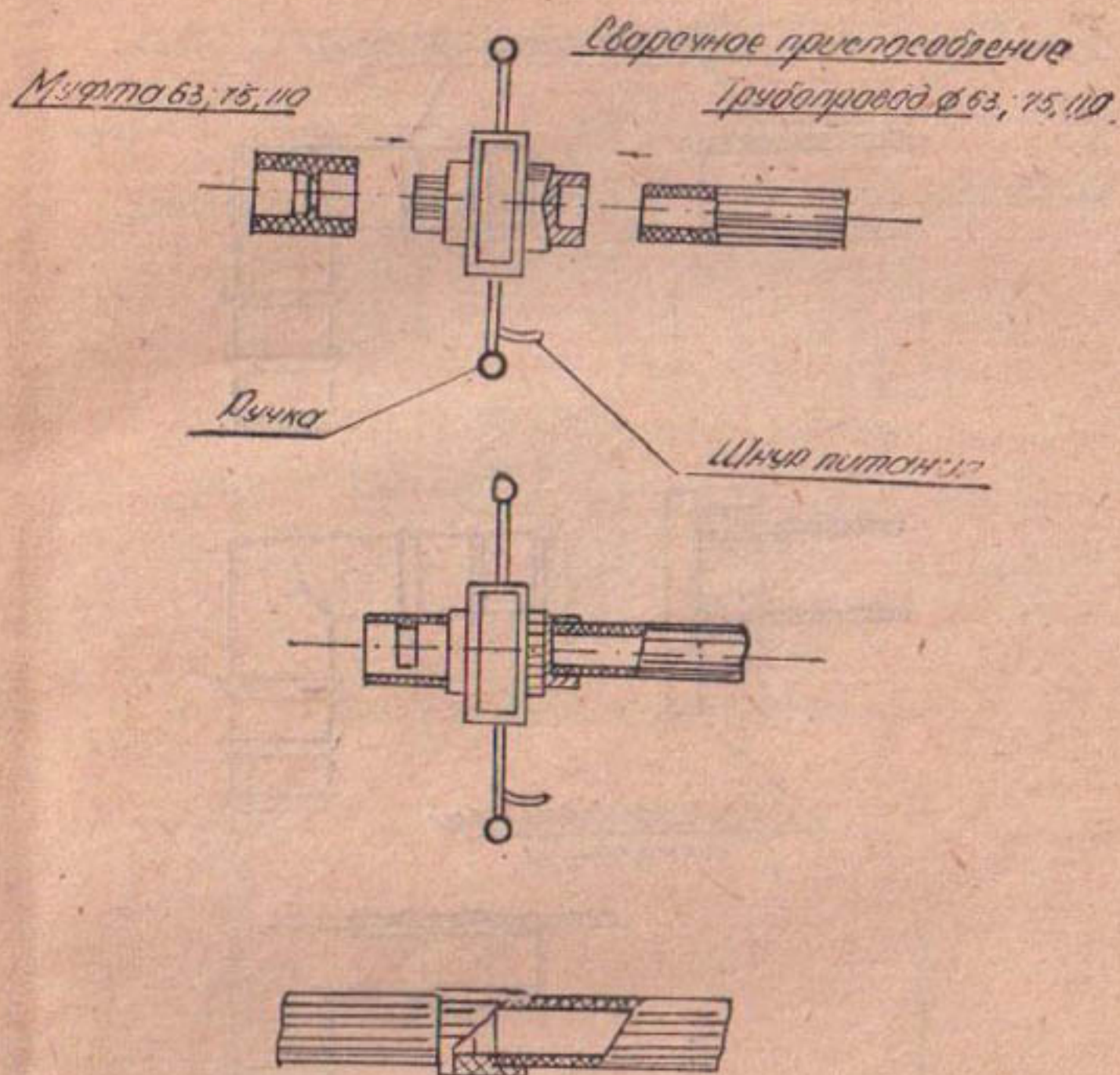


Рис. 1.14. Соединение трубопроводов $\varnothing 63$, $\varnothing 75$, $\varnothing 110$ муфтами (сварка внахлест).

Капельница «Таврия-1» состоит из крышки 1, корпуса 2, поплавка 3 и иглы 4 (рис. 1.18). Капельница автоматически поддерживает заданные расходы воды 6,0, 8,0 и 10,0 л/ч в зависимости от величины входных и выходных отверстий в крышке и корпусе. При расстоянии между растениями 4—6 м применяют капельницу с расходом 10,0 л/ч. Расходная характеристика капельницы «Таврия-1» показана на рис. 1.19. Капельница непрерывного действия присоединяется к поливному трубопроводу так же как и «Молдавия-1».

Капельница «Украина-1» непрерывного действия, саморегулирующаяся и самопромывающаяся состоит из корпуса 1, крышки-водовыпуска 2, гайки 3, прокладки уплотнительной 4, решетки внутренней 5, дросселя 6, решетки внешней 7, распределителя, заглушки 8, 9 (рис. 1.20). К поливному трубопроводу

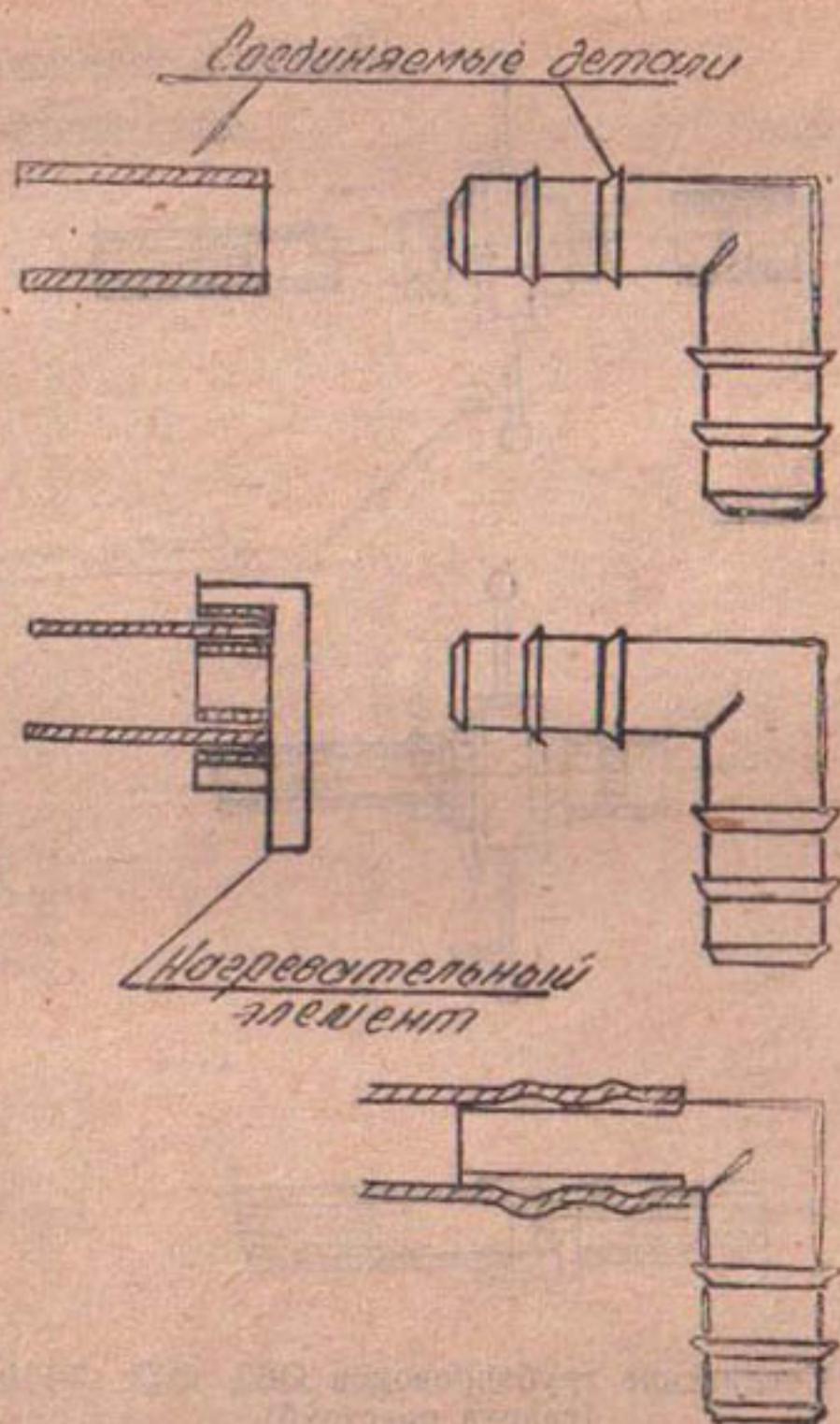


Рис. 1.15. Сварка полиэтиленовых труб внахлест методом нагрева

капельница подсоединяется в вертикальном положении внизу при помощи наконечника, который вставляется в отверстие, сделанное шилом. Вода из поливного трубопровода через наконечник поступает в капельницу и пройдя через решетки, дроссель и выпускные трубки, поступает на поверхность почвы в одно или два места. Напорно-расходная характеристика дана на рисунке 1.21.

Конструкция катальницы Укр НИИОС (К-316) показана на рисунке 1.22. Вода через входной патрубок 1 поступает в канал 2, расположенный в верхней крышке 3. Через отверстие 4 в резиновой мембране-клапане 5 вода проходит в канал 6, расположенный в нижней крышке 7 и через выходной патрубок 8 вы-

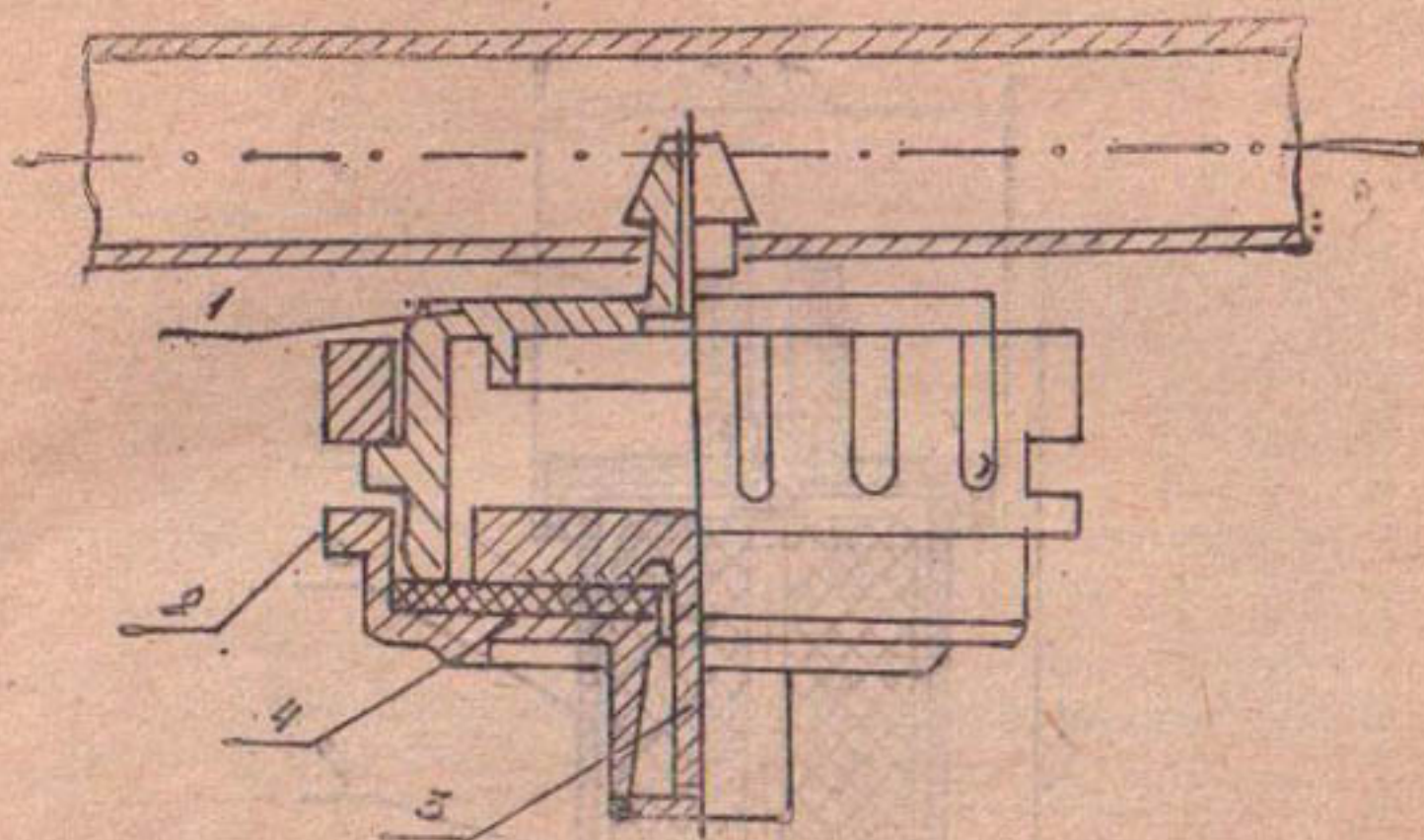


Рис. 1.16. Капельница «Молдавия-1»

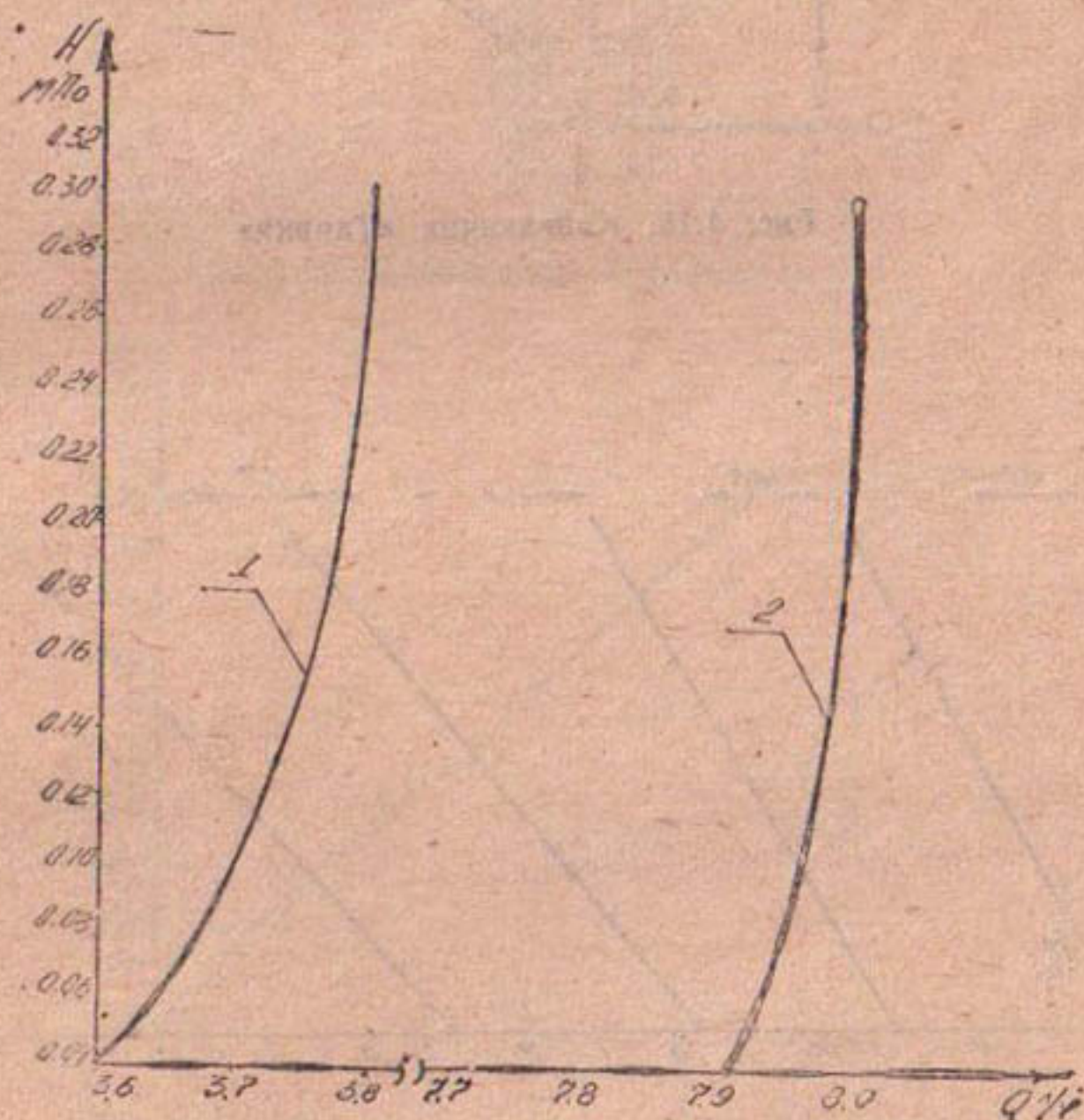


Рис. 1.17. Напорно-расходная характеристика капельницы с обычным и сменным дросселем
1 — обычный дроссель; 2 — сменный дроссель

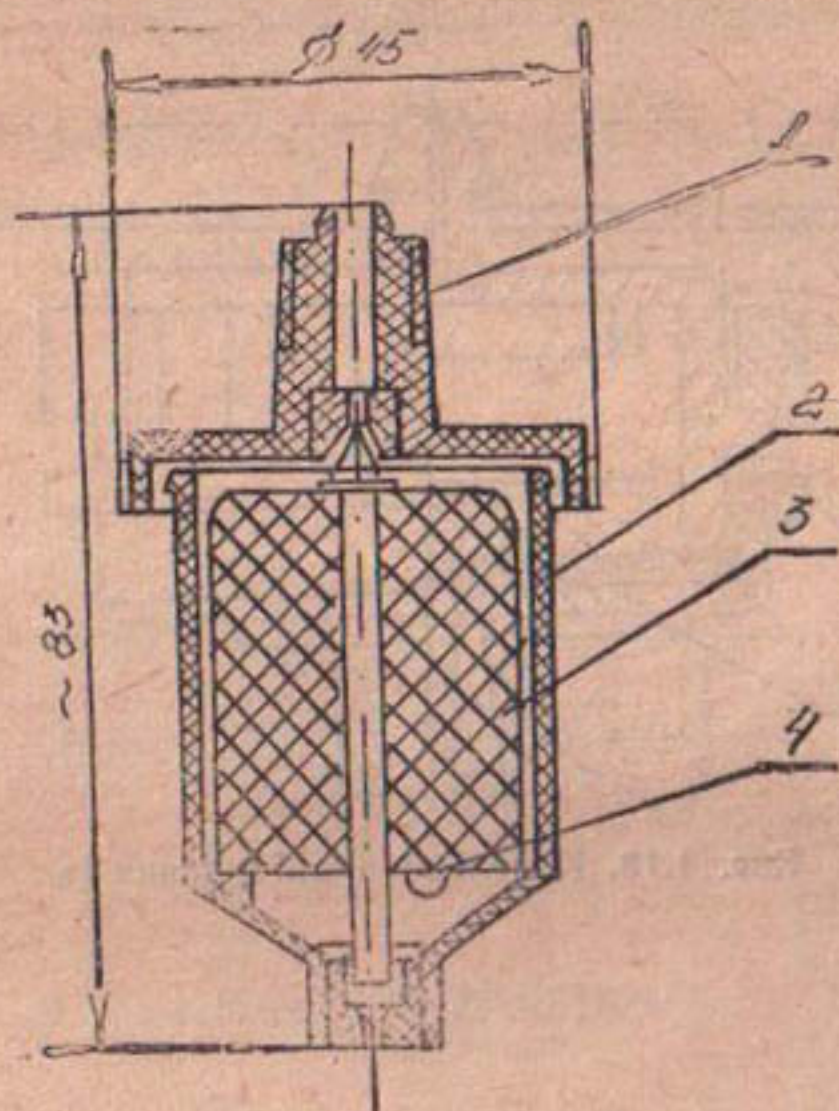


Рис. 1.18. Капельница «Таврия»

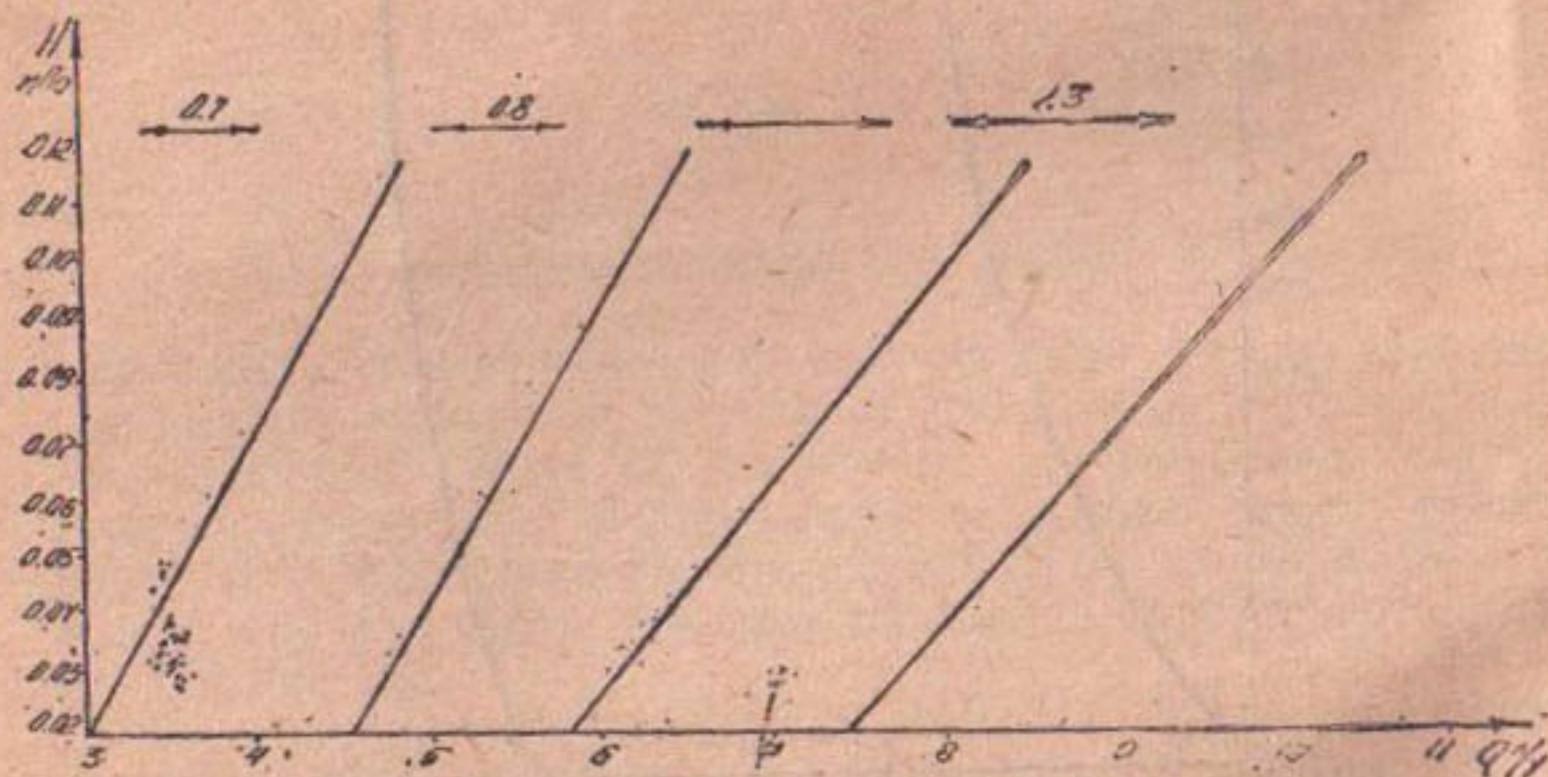


Рис. 1.19. Напорно-расходная характеристика капельницы «Таврия»
 1—при выходном отверстии $\phi 1.5$ мм; 2—при выходном отверстии $\phi 1.8$ мм;
 3—при выходном отверстии $\phi 2.0$ мм; 4—при выходном отверстии $\phi 2.28$ мм

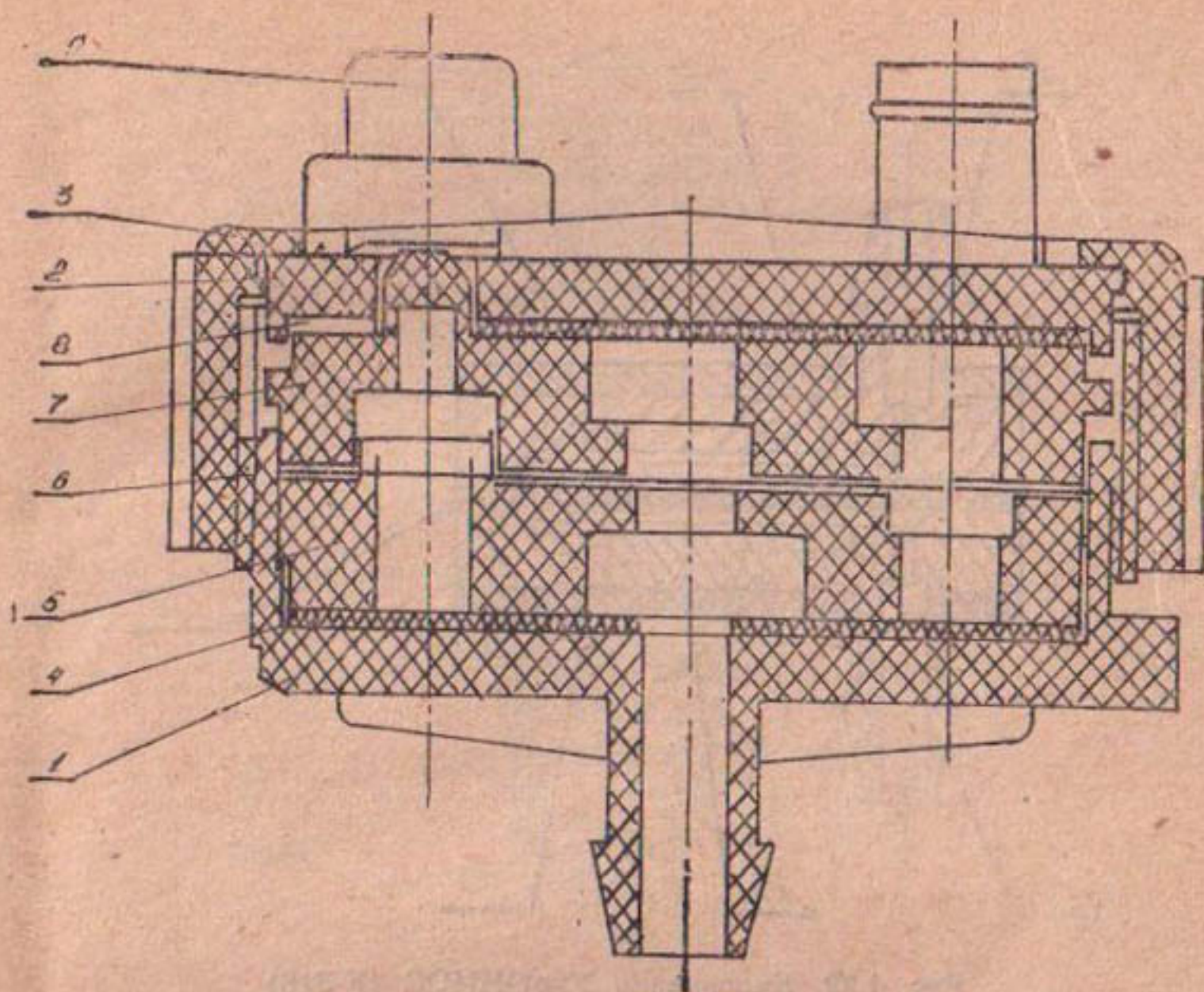


Рис. 1.20. Капельница «Украина-1»

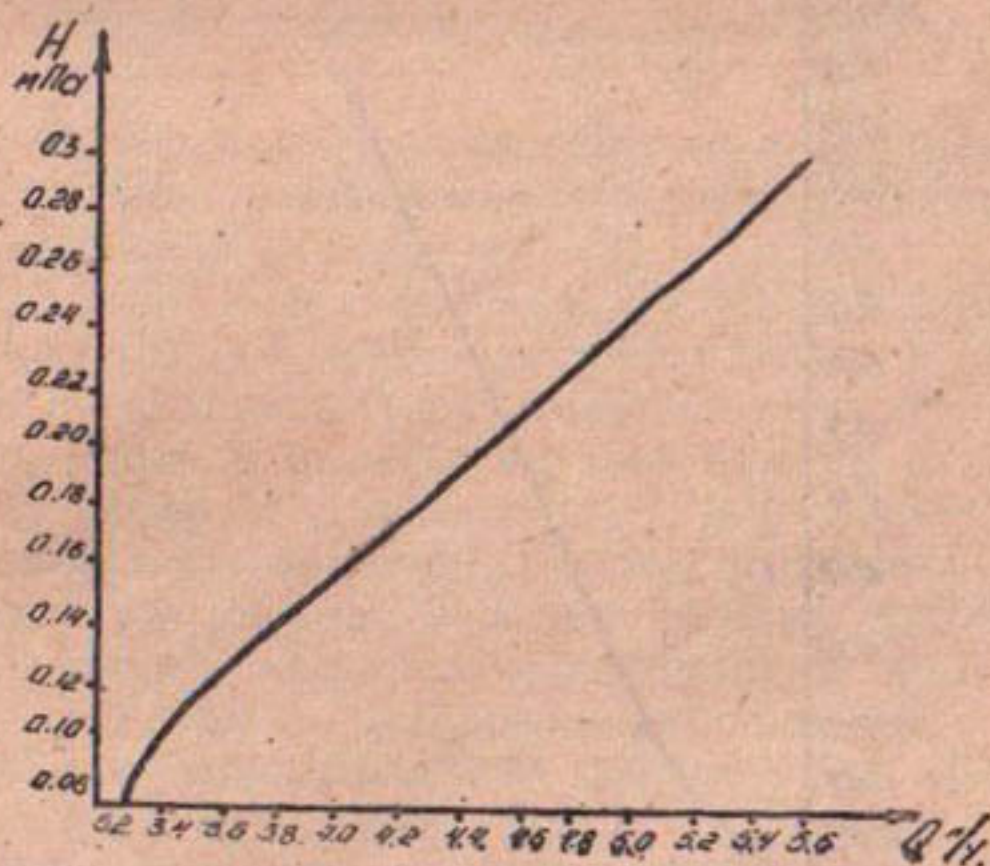


Рис. 1.21. Напорно-расходная характеристика

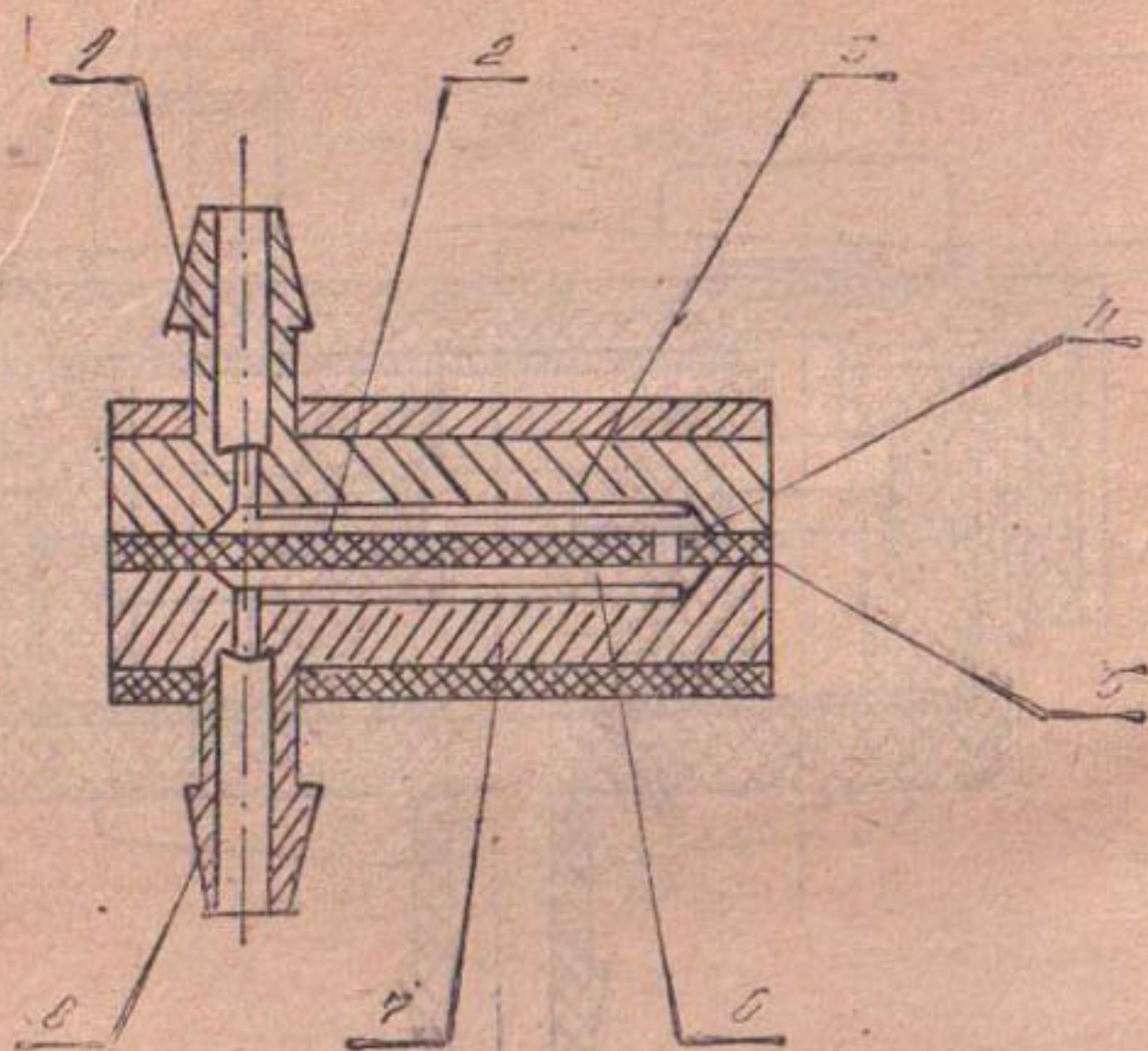


Рис. 1.22. Капельница УкрНИИОС (К-316)

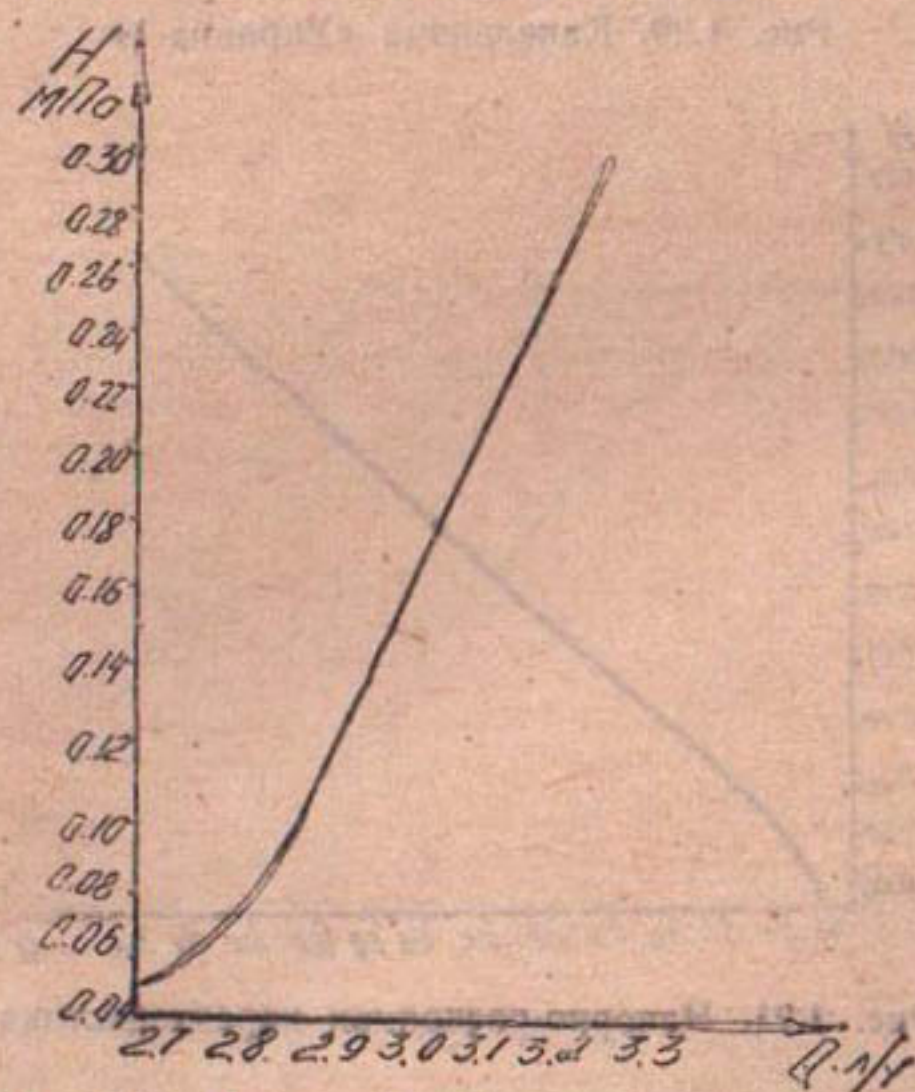


Рис. 1.23. Напорно-расходная характеристика

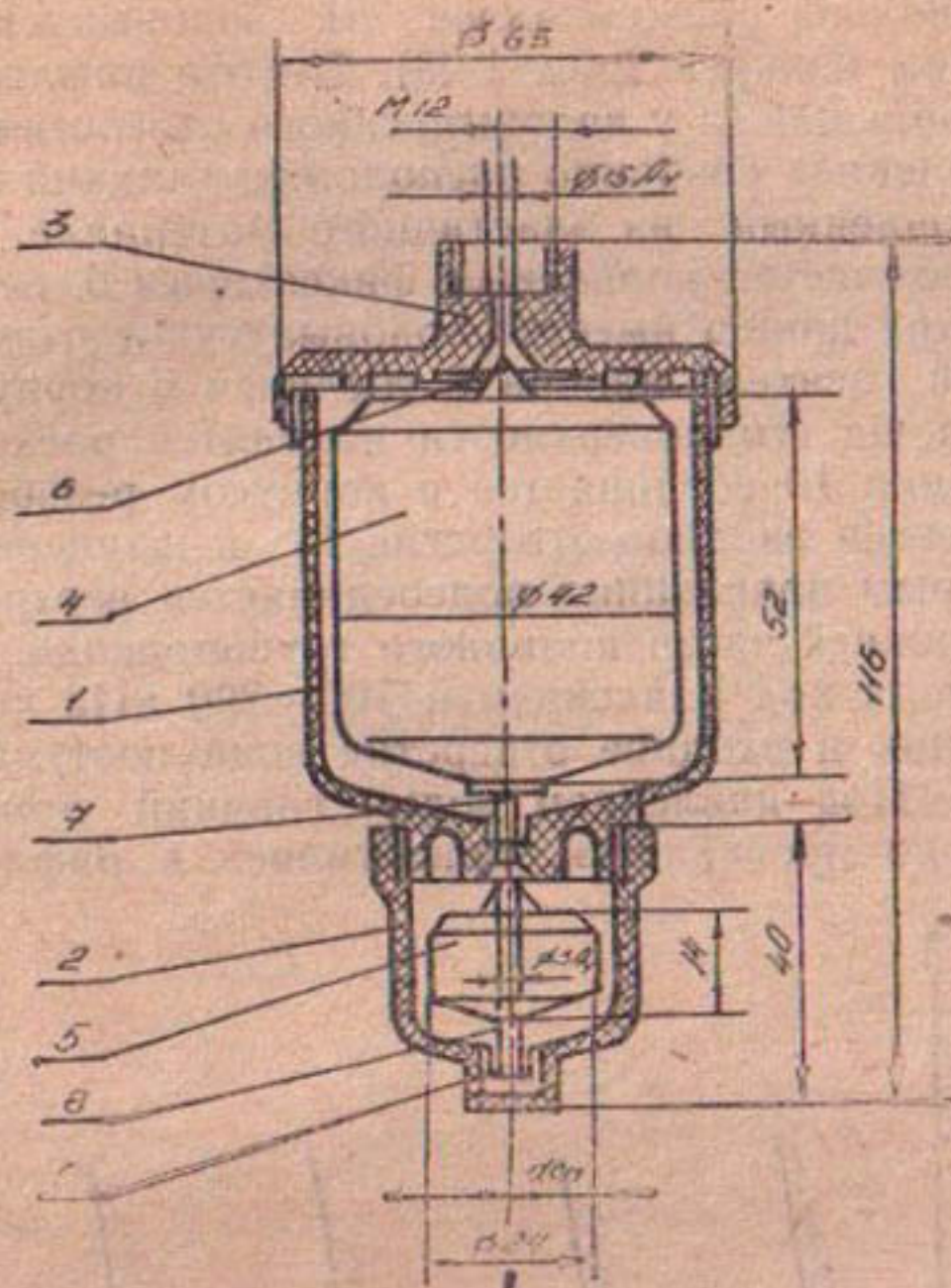


Рис. 1.24. Капельница «Узгипроводхоз-2»

ходит наружу. Капельница вставляется снизу в отверстие, проделанное в поливном трубопроводе. Расходная характеристика капельницы К-316 дана на рисунке 1.23.

Поплавковая капельница «Узгипроводхоз-2» состоит из корпуса верхней камеры 1, к которому присоединяется байонетным или резьбовым соединением корпус нижней камеры 2 и верхняя крышка 3 (рис. 1.24). В корпусе верхней камеры находится поплавков-гаситель набора 4 с иглами 6 и 7. В корпусе нижней камеры расположен поплавков-стабилизатор расхода 5 с иглой 8 и сменным ниппелем расхода 9. К надземному поливному трубопроводу капельница крепится наконечником и зажимом, к подземному — с помощью резьбового соединения на отводе. Напорно-расходная характеристика капельницы «Узгипроводхоз-2» показана на рисунке 1.25.

Саморегулирующаяся и самопромывающаяся капельница непрерывного действия КСС-2 конструкции НИМИ состоит из цилиндрического корпуса 1, днища 2, на котором нанесены риф-

ления 3, радиально расходящаяся от водовыпускного отверстия 7 к краям корпуса (рис. 1.26). Высота рифлений у стенки корпуса наибольшая, а у водовыпускного отверстия — наименьшая. На рифлениях свободно расположен гладкий плоский клапан 4, изготовленный из эластичного материала. Положение клапана определяется кольцевым фиксатором 5, вставленным в паз 6. В центре днища имеется водовыпускное отверстие 7. Дополнительный гаситель напора 8 соединен с корпусом при помощи резьбы, на его поверхности находятся расходные отверстия 9. Крышка 10 соединяется с корпусом резьбой. В центре крышки имеется входное отверстие 11 и штуцерный наконечник 12, которым капельница подсоединяется вертикально в отверстие на нижней части поливного трубопровода. Из поливного трубопровода под давлением в 100—200 кПа через штуцерный наконечник и входное отверстие вода поступает в корпус капельницы. Под давлением воды гладкий тонкий клапан воронкообразно прогибается, прижимаясь к рифлениям донца

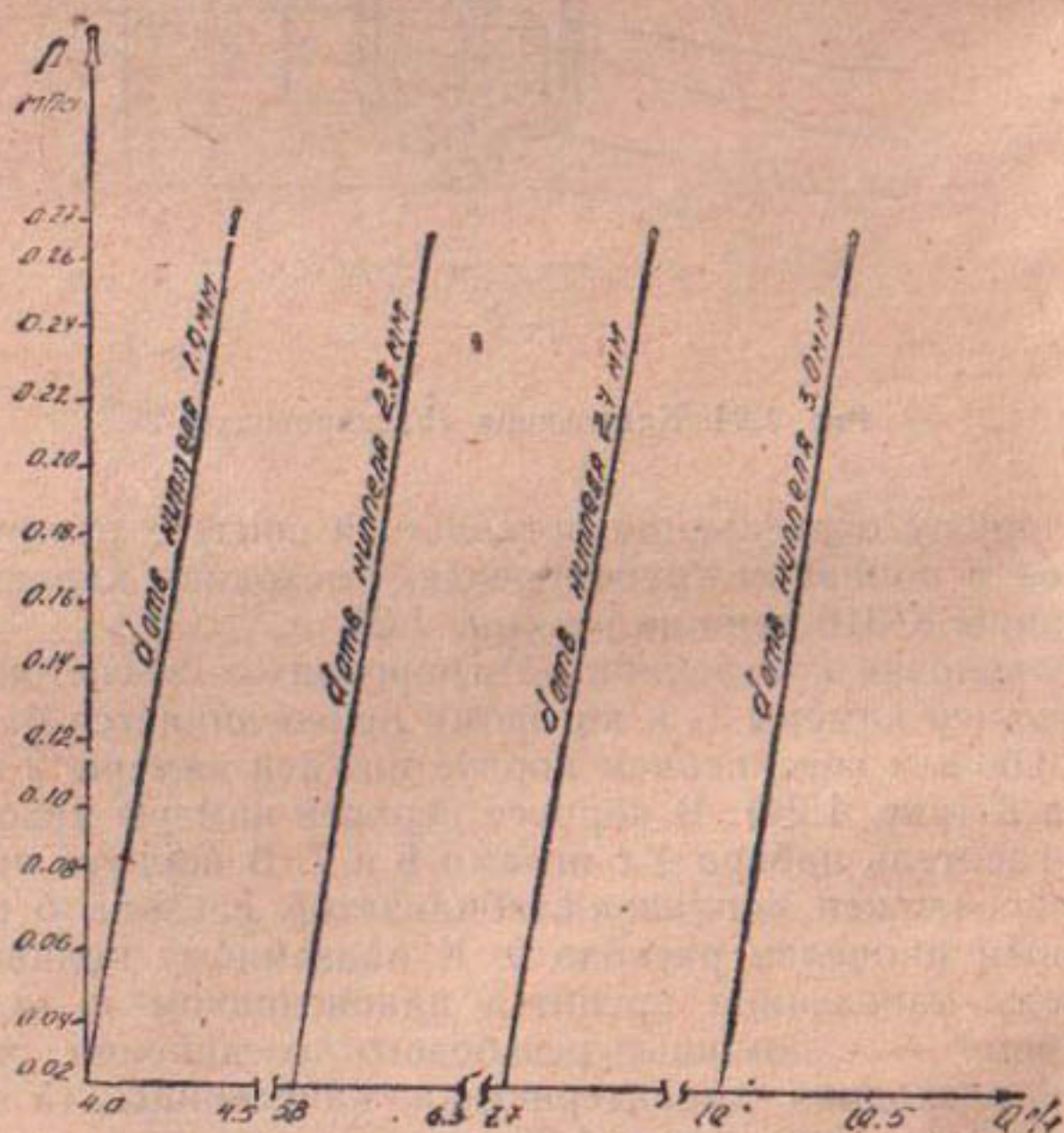


Рис. 1.25. Напорно-расходная характеристика капельницы «Узгипроводхоз-2»

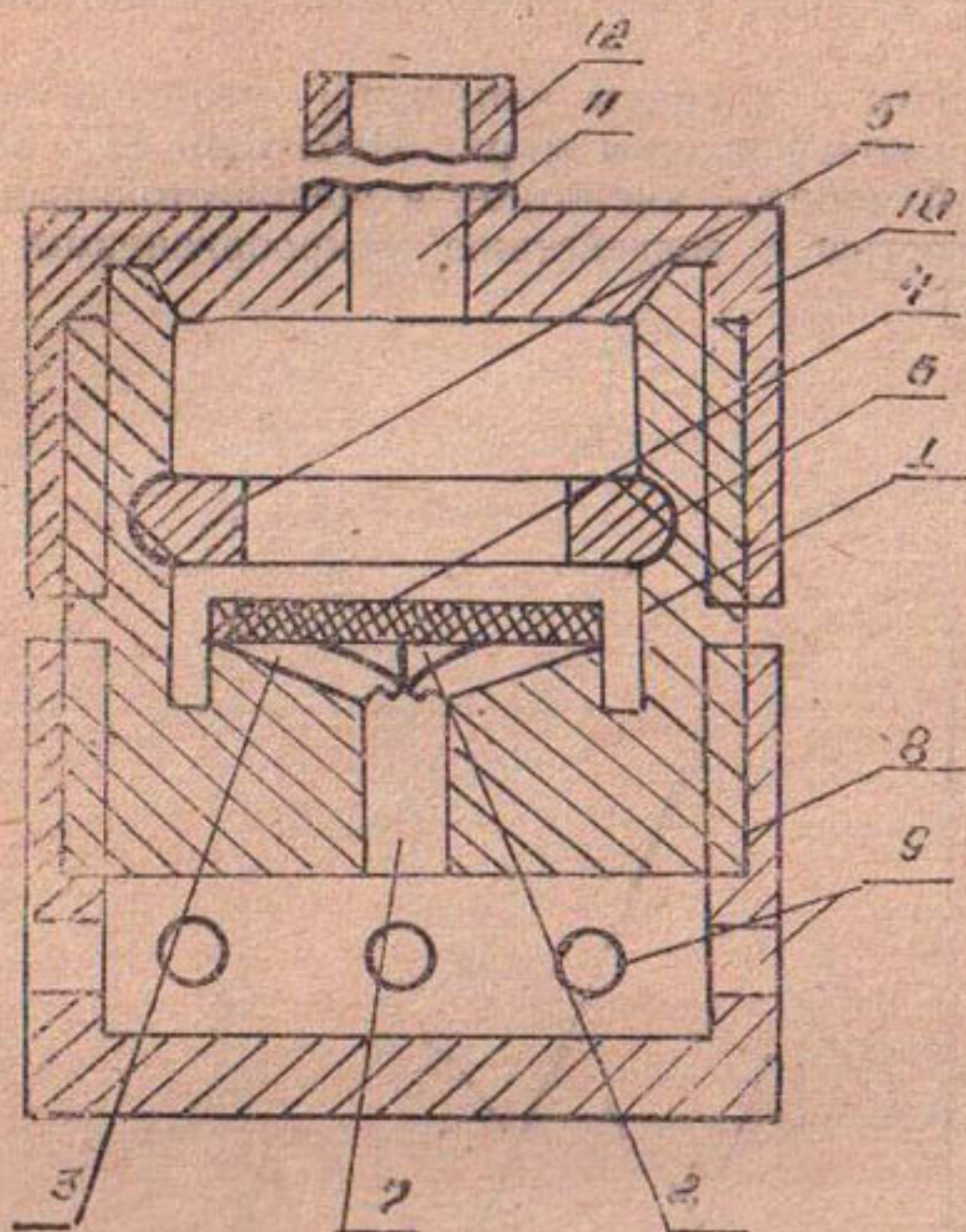


Рис. 1.26. Капельница КСС-2

и водовыпускному отверстию. Изменяются, в зависимости от давления в сети, зазоры впадин рифлений и подходы воды к водовыпускному отверстию. Этим самым достигается гашение энергии воды при различных величинах давления и расход остается постоянным. Тонкий эластичный клапан очень чувствителен, благодаря чему автоматическое регулирование расхода возможно в большом диапазоне давлений. Вода из корпуса, пройдя через рифления и водовыпускное отверстие 7, поступает в дополнительный гаситель напора, а из него через расходные отверстия — наружу. Автоматическая промывка капельницы обеспечивается в момент включения и отключения системы при давлениях, близких к 0. Расходно-напорная характеристика капельницы дана на рисунке 1.27.

Конструкция импульсной капельницы «Коломна-1» показана на рисунке 1.28. Эти капельницы используются на системах импульсно-капельного орошения. Основное свойство таких систем заключается в циклическом действии по двухтактной схеме:

длительное до пяти минут заполнение и короткий «выплеск» за 5—30 с.

Диафрагмы и клапаны капельниц необходимо изготавливать из формовой резины марки ИРП-1346 (ТУ 38.005.204-71), обладающей морозо-, кислотно-, и щелочестойкими свойствами, и устойчивостью к воздействию микроорганизмов и долговечностью [45].

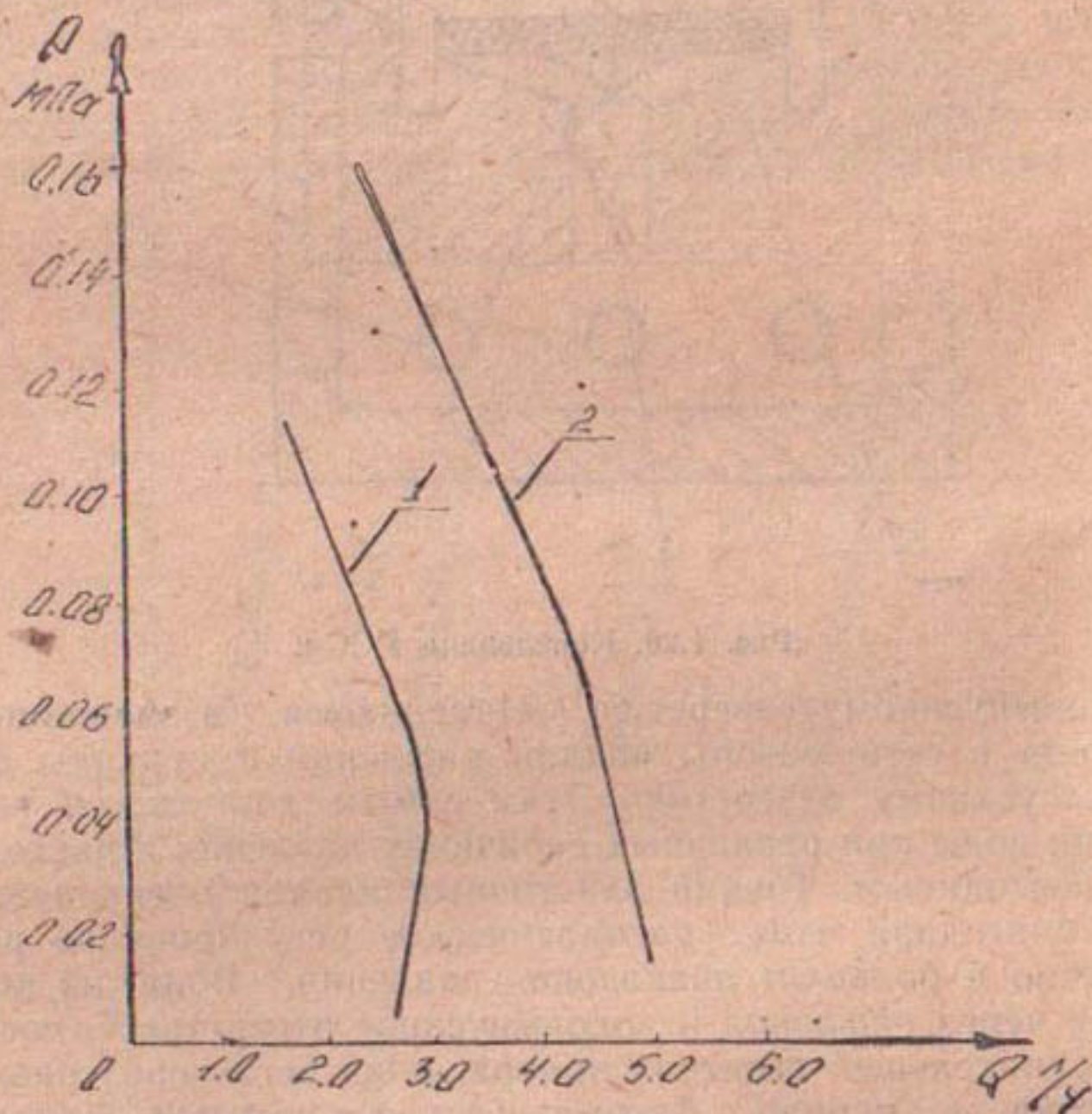


Рис. 1.27. Напорно-расходная характеристика капельницы КСС-2
1, 2 — капельницы с различной толщиной клапана

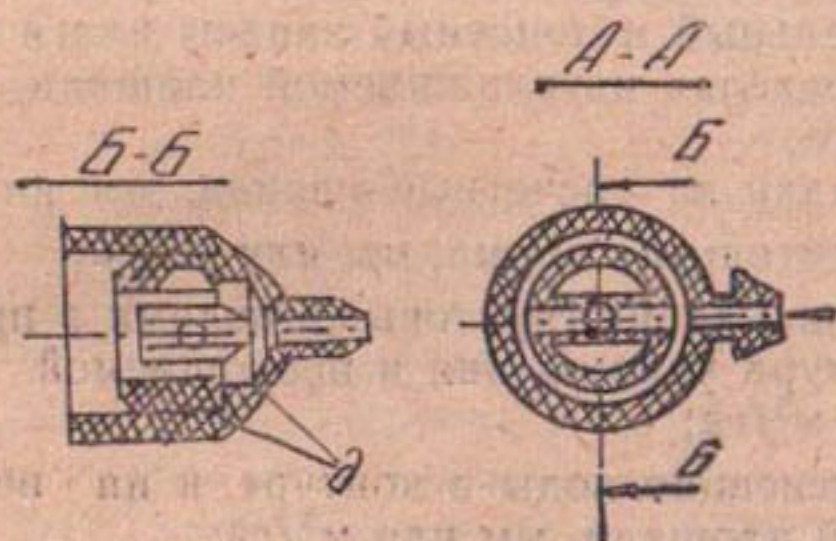
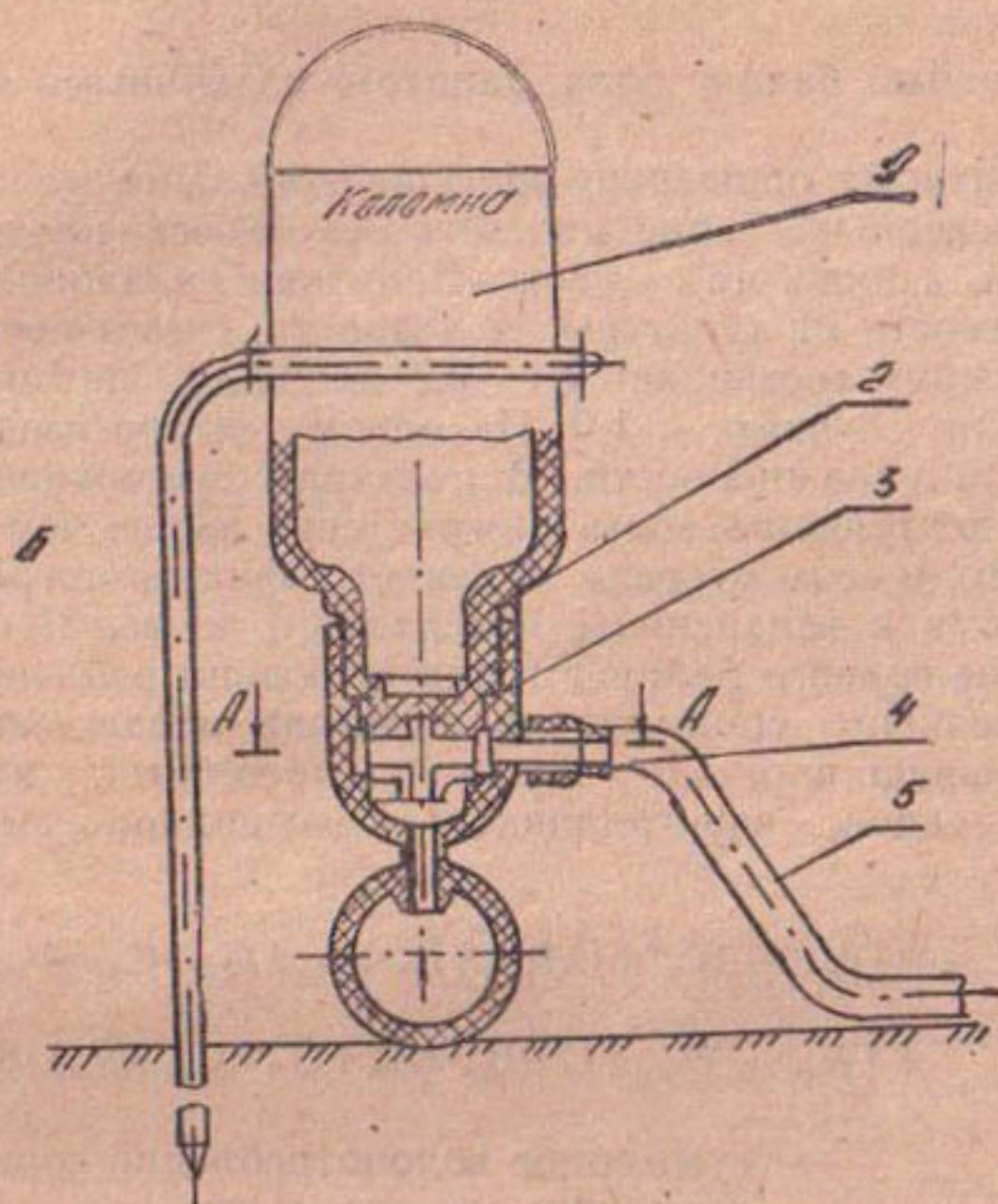


Рис. 1.28. Импульсная капельница «Колонна-1»

2. ВОДНЫЙ БАЛАНС. ТЕХНИКА ПОЛИВА И РЕЖИМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

2.1. Водный баланс поля, занятого различными культурами

Капельному орошению присуще локальное увлажнение почвы. Оросительная вода подается не на всю площадь питания растений, а лишь на ее часть. Величина увлажняемой площади в зависимости от культуры, ее возраста, схемы посадки и режима орошения составляет 0,1—0,9 площади питания растений и в редких случаях — 1,0. На одном гектаре имеются участки различной увлажненности. В контурах увлажнения подвижность и доступность воды для растений выше, чем за их пределами. Это, в свою очередь, изменяет характер потребления воды растениями и испарение с поверхности почвы. В связи с этим, уравнение водного баланса и расчет водопотребления для участков капельного орошения многолетних насаждений, имеющих значительную площадь питания, древесных, кустарниковых культур, садов, виноградников и ягодников выглядит иначе [46]:

$$E_{ко} = (W_{\kappa}^{\kappa} - W_{\kappa}^{\kappa} + O + M + B_{\kappa} + A_{\kappa} + G_{\kappa} + C_{\kappa} - F_{\kappa}) \cdot K_{\kappa} + \\ + (W_{\mu}^{\mu} - W_{\mu}^{\mu} + O + B_{\mu} + A_{\mu} + G_{\mu} + C_{\mu} - F_{\mu}) \cdot K_{\mu}, \quad (2.1)$$

- где $E_{ко}$ — суммарное водопотребление при капельном орошении, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- W_{κ}^{κ} и W_{κ}^{κ} — начальный и конечный запасы влаги в почве в пределах площади контура увлажнения, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- W_{μ}^{μ} и W_{μ}^{μ} — начальный и конечный запасы влаги в почве в пределах неувлажняемой площади, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- O — осадки за расчетный период, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- M — оросительная норма, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- B_{κ} и B_{μ} — подпитывание грунтовыми водами в пределах контура увлажнения и неорошаемой пл., мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- A_{κ} и A_{μ} — конденсация воды в контуре и на неорошаемой площади, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- F_{κ} и F_{μ} — глубинная фильтрация в контуре увлажнения и междурядии, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
- G_{κ} и G_{μ} — приток поверхностных вод с прилегающей территории, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;

- C_n и C_m — поверхностный сток, мм или $m^3/га$;
 K_n и K_m — увлажняющиеся и неувлажняющиеся участки, выраженные в частях от площади питания растений.

Исходя из этого, режимные наблюдения за влажностью почвы необходимо проводить отдельно в контуре увлажнения и на неувлажняемой территории. В контуре увлажнения закладываются три скважины по радиусу от штамба до края поливаемой зоны. Эти наблюдения ведутся на заранее выбранных пяти—десяти типичных деревьях или кустарниках. Здесь же осуществляется строгий контроль за объектом оросительной воды и осадками, а также проводятся фенологические и биометрические наблюдения. За пределами контуров увлажнения на неорошаемой площади для наблюдения за влажностью почвы закладываются две скважины в ряду и две в междурядии. При водобалансовых наблюдениях глубина скважин в контуре увлажнения и за его пределами должна быть не менее двух метров. Пробы почвы на влажность отбираются по горизонтам 0—10, 10—20, 20—40, 40—60 см и т. д. Бурение следует проводить в начале и конце вегетационного периода, а также через каждые десять дней с момента начала сокодвижения. В контуре увлажнения, кроме того, в оросительный период влажность почвы необходимо определять до и после проведения поливов. Все остальные составляющие водного баланса необходимо учитывать также отдельно в контуре и на неорошаемой территории. Учет оросительной воды при капельном орошении следует осуществлять двумя способами: объемным и с помощью водомеров и расходомеров. При объемном способе определяют расход капельниц с помощью протарированных емкостей и секундомера на учетных деревьях или кустарниках, фиксируют продолжительность полива участка и по этим данным определяют величину поливной нормы. Учет оросительной воды с помощью серийно выпускаемых водомеров и расходомеров, установленных на магистральном и распределительных трубопроводах, осуществляют как на опытных, так и на производственных участках капельного орошения [47, 48, 49].

При капельном орошении в открытом грунте овощей, земляники, других пропашных культур контуры увлажнения, создаваемые одиночными капельницами, смыкаются. Имеет место сплошное увлажнение почвы, когда орошаемая часть площади питания растений равна 0,9—1,0. В этом случае водный баланс поля, занятого растениями, описывается общеизвестным уравнением А. Н. Костякова [50]:

$$E = E_1 + E_2 = W_0 - W + O + M + B + A + G - C - F; \quad (22)$$

- где E — суммарное водопотребление, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 E_1 — транспирация воды растениями, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 E_2 — испарение с поверхности почвы, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 W_0 и W — запасы влаги в активном (расчетном) слое почвы в начале и конце рассматриваемого периода, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 O — атмосферные осадки, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 M — оросительная норма нетто культуры, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 B — подпитывание корнеобитаемой зоны почвы грунтовыми водами, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 A — конденсация водяного пара в почве, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 G и C — приток и отток поверхностных вод, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 F — фильтрация оросительной воды за пределы расчетного слоя почвы, мм или $\text{м}^3/\text{га}$.

Режимные наблюдения за влажностью почвы и всеми остальными элементами водного баланса следует проводить по общепринятым методикам.

В условиях защищенного грунта при возделывании овощных и других сельскохозяйственных культур в теплицах и тепличных комбинатах такие составляющие водного баланса, как осадки, приток поверхностных вод с прилегающей территории, поверхностный сток и конденсация отсутствуют. Это связано с тем, что в теплицах и тепличных комбинатах большая часть факторов роста и развития растений создается искусственно. В культивационных помещениях поддерживаются необходимые водный, воздушный, тепловой, световой и пищевой режимы. Культуры в значительной степени ограждены от воздействия внешних факторов.

В большинстве случаев площади под теплицами и тепличными комбинатами имеют дренаж, при котором отсутствует подпитывание грунтовыми водами корнеобитаемого слоя почвы. При капельном орошении имеется возможность точного нормирования величин поливных норм, поэтому глубинной фильтрацией можно пренебречь.

Капельное орошение позволяет подавать воду только на грядки, без увлажнения рабочих проходов между ними. Увлажняемая часть площади теплицы составляет 0,6—0,7 от производственной посадочной. Учитывая все эти положения, уравнение водного баланса для теплиц и тепличных комбинатов, орошающихся капельным способом, будет иметь следующий вид [51, 52].

$$E_{ko} = (W_{\kappa}^n - W_{\kappa}^{\kappa} + M) \cdot K_{\kappa} + (W_{\mu}^n - W_{\mu}^{\kappa}) \cdot K_{\mu}, \quad (2.3)$$

где E_{ko} — водопотребление при капельном орошении, рассчитанное на производственную площадь теплиц и тепличных комбинатов, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;

W_{κ}^n и W_{κ}^{κ} — начальный и конечный запасы влаги в почве в пределах грядок, орошаемых капельным способом, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;

W_{μ}^n и W_{μ}^{κ} — начальный и конечный запасы влаги в почве рабочих проходов между грядками, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;

M — оросительная норма, поданная на площадь грядок, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;

K_{κ} — площадь грядок в долях от производственной, принятой за единицу, равна 0,6—0,7;

K_{μ} — площадь рабочих проходов в долях от производственной, принятой за единицу, равна 0,3—0,4.

Исходя из уравнения водного баланса сельскохозяйственных культур при капельном орошении в теплицах, наблюдения за влажностью почвы следует проводить отдельно на увлажняемых грядках и межгрядковых дорожках. Причем почва межгрядочных дорожек увлажняется лишь один раз в начале вегетационного периода культуры при проведении влагозарядного или предпосадочного поливов. Эта вода и течение вегетации расходуется в основном на физическое испарение с поверхности почвы. Наблюдения за влажностью почвы на межгрядочных дорожках следует проводить ежедекадно и лишь в том случае, когда необходимо определить водопотребление культуры по периодам вегетации. Если такая задача не ставится, то величину нормы влагозарядкового полива следует включить в общую оросительную норму и наблюдения за влажностью почвы на межгрядочных дорожках можно не проводить.

На грядках наблюдения за влажностью почвы проводят в трех-четырёхкратной повторности, в начале и в конце вегетационного периода, подекадно, до и после проведения очередных поливов. Пробы отбирают по горизонтам через 10 см до дренажного слоя, который обычно находится на глубине 30—40 см. Оросительную воду учитывают так же, как и на системах капельного орошения многолетних насаждений.

При изучении водного баланса основной задачей является точное определение величины суммарного водопотребления поля, занятого культурой, и элементов, его составляющих. Метод водного баланса с непосредственным учетом приходных и расходных статей в натуральных условиях практически не позво-

ляет определить отдельно транспирацию воды растениями и испарение с поверхности почвы, из которых складывается водопотребление.

При капельном и внутрипочвенном орошении овощей, пропашных культур, земляники и некоторых кустарников это можно осуществить с помощью почвенного испарения (авторское свидетельство № 492808, Ясониди О. Е. и Гостищев Д. П.) [53, 54]. Испаритель имеет устройства, позволяющие подавать оросительную воду через внутрипочвенный увлажнитель в середину активного слоя почвы или капельным способом на ее поверхность (рис. 2.1). Он состоит из емкости для образца почвы,

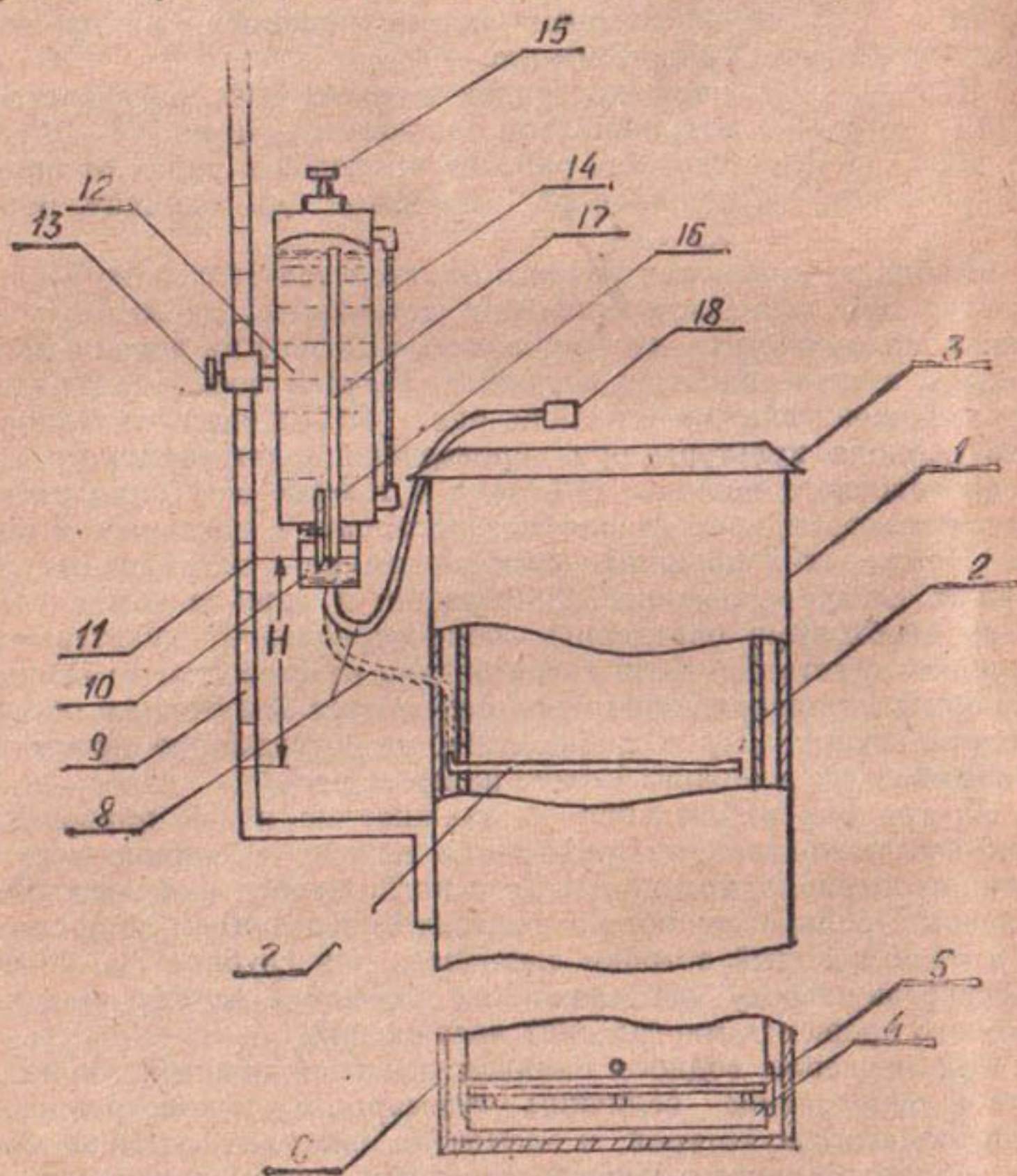


Рис. 2.1. Испаритель

выполненной из неподвижной наружной 1 и подвижной внутренней 2 частей с отливом 3. Испаритель содержит поддон 4 для сбора фильтрата и конденсата, перфорированное дно 5, крепление дна и поддона 6, увлажнитель 7, гибкий соединительный шланг 8, рейку 9 с делениями для измерения величины напора «Н», уравнительную емкость 10, указатель величины напора 11, подпитывающее устройство 12, крепление подпитывающего устройства 13, пьезометр 14 со шкалой для учета израсходованной воды, герметичную пробку 15, трубку для подачи воды 16, воздушную трубку 17 и капельницу 18.

Перед пуском прибора в работу внутреннюю емкость заряжают монолитом почвы, нижнюю часть закрывают перфорированным дном и надевают поддон для сбора фильтрата и конденсата. Сверху или в отверстие, расположенное в середине активного слоя почвенного монолита вставляют увлажнитель с отверстием 0,5 мм диаметром. При капельном орошении капельницу располагают на поверхности почвы. Затем внутреннюю емкость автокраном устанавливают в неподвижную наружную, которую предварительно вкапывают в почву. Подпочвенный увлажнитель или капельницу соединяют гибким шлангом с уравнительной емкостью, сообщающуюся с подпитывателем.

При необходимости проведения полива подпитывающее устройство заполняют водой, предварительно закрыв кран трубки для подачи воды. Затем закрывают пробку до полной герметизации. Перемещая по рейке подпитывающее устройство совместно с уравнительной емкостью, устанавливают, ориентируясь по указателю, необходимый напор «Н», после чего открывают кран на трубке для подачи воды. Вода поступает в подпочвенный увлажнитель или капельницу и впитывается в почву. Но так как скорость впитывания и расход через точечное отверстие и капельницу невелики, вода заполняет гибкий соединительный шланг и уравнительную емкость до уровня, на котором находится кромка отверстия воздушной трубки. В подпитывающем устройстве создается вакуум и поступление воды в уравнительную емкость прекращается. По мере впитывания воды в почву ее уровень в уравнительной емкости падает, кромка воздушной трубки открывается, в подпитывающее устройство попадает воздух, вакуум снимается. Вода поступает в уравнительную емкость, заполняя ее до первоначального уровня.

Опыты по определению водопотребления с помощью испарителей при различных способах орошения проводились с соей, картофелем, кукурузой, сорго, пшеницей и пожнивными культурами. Суммарное испарение определялось и рассчитывалось по принципу водного баланса с использованием формулы:

$$E = \frac{P_0 - P_1 - P_r}{S} \cdot 10 + O + m, \quad (2.4)$$

- где E — суммарное испарение, мм;
 P_0 и P_1 — масса испарителя с растениями в начале и конце периода, г. Она определялась подекадным взвешиванием испарителей на платформенных весах с помощью автокрана. Подготовленный к работе испаритель весит около 700 кг.
 P_r — масса воды, просочившейся в водозаборный сосуд, г;
 S — площадь монолита в испарителе, см; равна 2000 см;
10 — переводной коэффициент;
 O — осадки, мм;
 m — поливная норма, мм,

Исследования, проведенные в испарителях с соей Амурская 310, показали, что для получения достоверных величин водопотребления по декадам и за весь вегетационный период вполне достаточна двукратная повторность. В этом случае ошибка при определении суммарного испарения бывает не более 1%.

2.2. Элементы техники капельного орошения

Локальность капельного орошения обуславливает особенности техники полива. К элементам техники капельного орошения следует отнести, в первую очередь, параметры очага (контура или полосы) увлажнителя, их наибольший диаметр или ширину, глубину, горизонтальную и вертикальную площади и влагонасыщенность. Элементарная поливная норма, продолжительность ее выдачи, расход и количество капельниц в очаге и на единице длины полосы увлажнения также являются элементами техники капельного орошения. Все эти величины зависят от биологических особенностей культур, водно-физических свойств почв, конструкции и расходных характеристик капельниц.

Ширина полосы, наибольший диаметр контура увлажнения, его горизонтальная площадь и глубина промачивания зависят от развитости корневой системы культуры и находятся опытным путем (табл. 2.1). Очаг увлажнения с соответствующими параметрами формируется за счет применения тех или иных элементов техники капельного орошения.

При капельном орошении скорость подачи воды на поверхность почвы не должна превышать ее впитывающей способно-

Таблица 2.1

Параметры локального увлажнения почвы под различными культурами, обеспечивающие их высокую продуктивность

Наименование сада, культуры	Глубина распространения основной массы корней, см	Характеристика очага увлажнения				
		Площадь питания, м ²	глубина, м	площадь контура увлажнения, м ²	ширина увлажняемой полосы, м	увлажняющаяся часть площади питания, Кк
Семечковые	0,8—1,0	8—64	0,8—1,0	2—6	1,0—1,5	0,1—0,3
Косточковые	0,6—0,8	8—36	0,6—0,8	2—4	1,0—1,5	0,1—0,3
Ореховые	1,0—1,5	48—64	1,0—1,5	4—6	1,0—1,5	0,1—0,3
Виноградники и хмельники	0,6—1,0	2—4	0,6—1,0	0,6—1,2	0,8—1,2	0,3—0,4
Овощи открытого грунта	0,4—0,5	0,1—0,2	0,4—0,5	—	0,7	0,9—1,0
Овощи в теплицах	0,3—0,4	0,1—0,3	0,3—0,4	0,6—0,18	0,4—0,9	0,6—0,7

сти. В противном случае образуются лужицы, формируется поверхностный сток и имеет место водная эрозия почвы, ухудшаются условия водоснабжения растений и непроизводительно расходуется оросительная вода. Учитывая водно-физические свойства почв, главным образом их водопроницаемость, водоподача применяющихся в СССР и за рубежом капельниц находится в пределах 2,0—12,0 л/ч. Каждая капельница конструктивно выполнена так, что обеспечивает при работе определенную водоподачу, находящуюся в указанном диапазоне. На легких хорошо проницаемых почвах применяют капельницы с максимальной водоподачей, на тяжелых—с минимальной. Участки со значительными уклонами, более 0,05, следует поливать капельницами с водоподачей не более 8 л/ч [45]. На ровных безуклонных площадях применяют капельницы с максимально допустимой водоподачей до 12 л/ч.

При работе единой капельницы образуется контур увлажнения, форма и размеры которого зависят от водно-физических свойств почв, интенсивности и времени водоподачи. Однако размеры горизонтальной плоскости контура увлажнения, ее диаметр ограничены капиллярными свойствами почв. Исследования, проведенные на почвах различного механического состава и плодородия, показали, что боковое капиллярное растекание воды в горизонтальной плоскости происходит очень медленно и быстро затухает. Средние скорости движения воды по горизонтальным капиллярам на различных почвах близки друг к другу и колеблются в пределах от 0,05 до 0,74 мм/мин. (табл. 2.2).

При подаче воды через капельницу на поверхность почвы в течение семи-восьми часов скорость капиллярного растекания воды по горизонтальным капиллярам резко падает до 0,08—0,17 мм/мин. Такие скорости капиллярного растекания воды в горизонтальной плоскости наблюдаются в том случае, когда подача воды на почву соответствует ее впитывающей способности и не сопровождается образованием лужиц. Исследования, проведенные на черноземах, каштановых и однородных луговых почвах, показали, что при подаче воды через капельницу от 2,0 до 12,0 л/ч и отсутствии неглубоко залегающего водоупора или зеркала грунтовых вод один водовыпуск создает контур увлажнения с горизонтальной площадью, изменяющейся в пределах от 1,0 до 1,3 м². Глубина контура увлажнения по мере

Таблица 2.2

Скорость бокового растекания воды по горизонтальным капиллярам при точечном капельном увлажнении почвы

Почвы	Средняя скорость, мм/мин	Отклонение, мм/мин	Скорость в конце опыта, мм/мин
Черноземы южные среднесуглинистые	0,54	0,04	0,08
Черноземы предкавказские карбонатные среднесуглинистые	0,52	0,02	0,08
Темнокаштановые среднесуглинистые	0,50	0,00	0,15
Темнокаштановые тяжелосуглинистые	0,54	0,04	0,16
Луговые тяжелосуглинистые	0,63	0,13	0,17
Луговые легкосуглинистые	0,74	0,24	0,17
Точность опыта, в %	5,35	—	—
НСР ₀₉₅ , мм/мин.	—	0,10	—

увеличения поливной нормы возрастает благодаря образованию гравитационных токов воды, при одновременном снижении скорости бокового оттока.

Фактические контуры увлажнения при различных режимах орошения и установки трех капельниц на дерево показаны на рисунках 2.2, 2.3, 2.4. При работе трех капельниц весь оросительный период и проведении 65 поливов средней нормой 6,3 м³/га сформировался характерный для почв юга страны контур капельного орошения под одним деревом. Глубина промачивания составила 1,23 м, длина вдоль ряда — 2,72 м и ширина — 1,42 м (рис. 2.2). Четко прослеживается влияние уклона местности на формирование контура увлажнения. Он несимметричен и вытянут в направлении уклона, что необходимо учитывать при проектировании и строительстве систем капельного орошения. Но даже при таких условиях вода, поступающая на

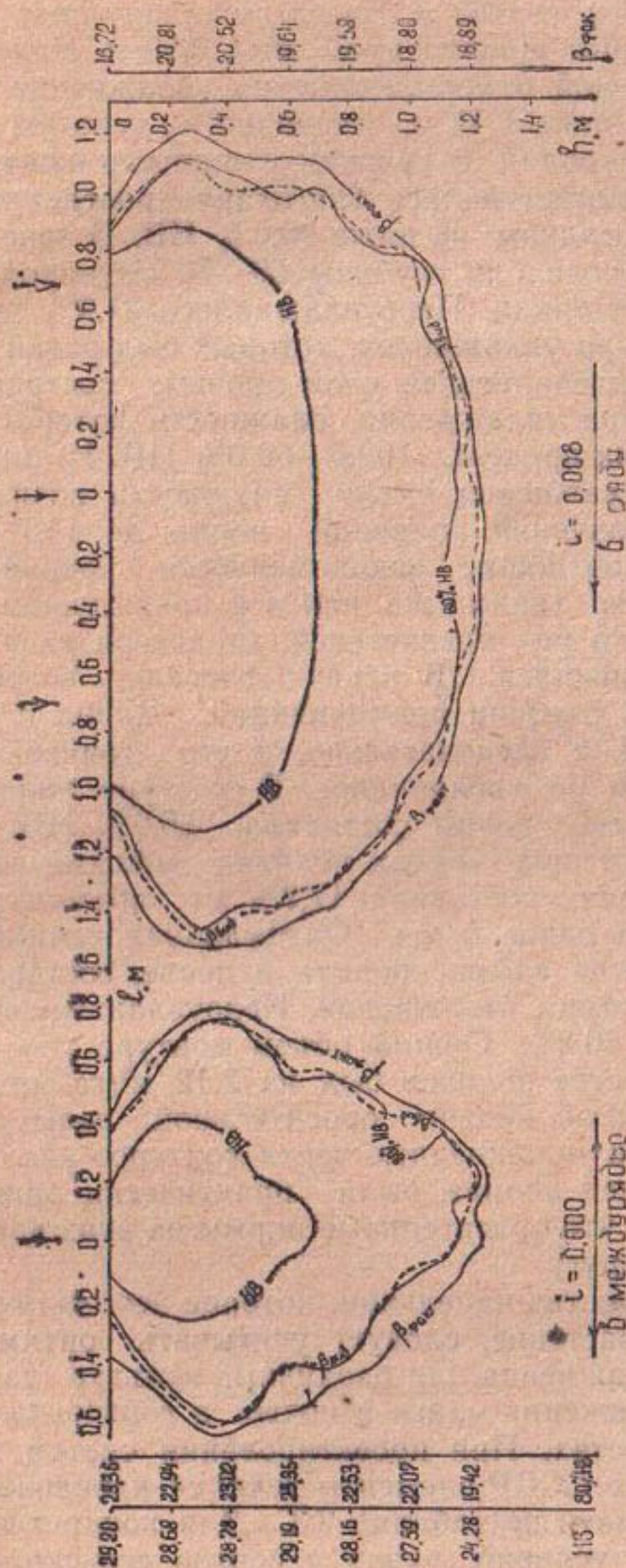
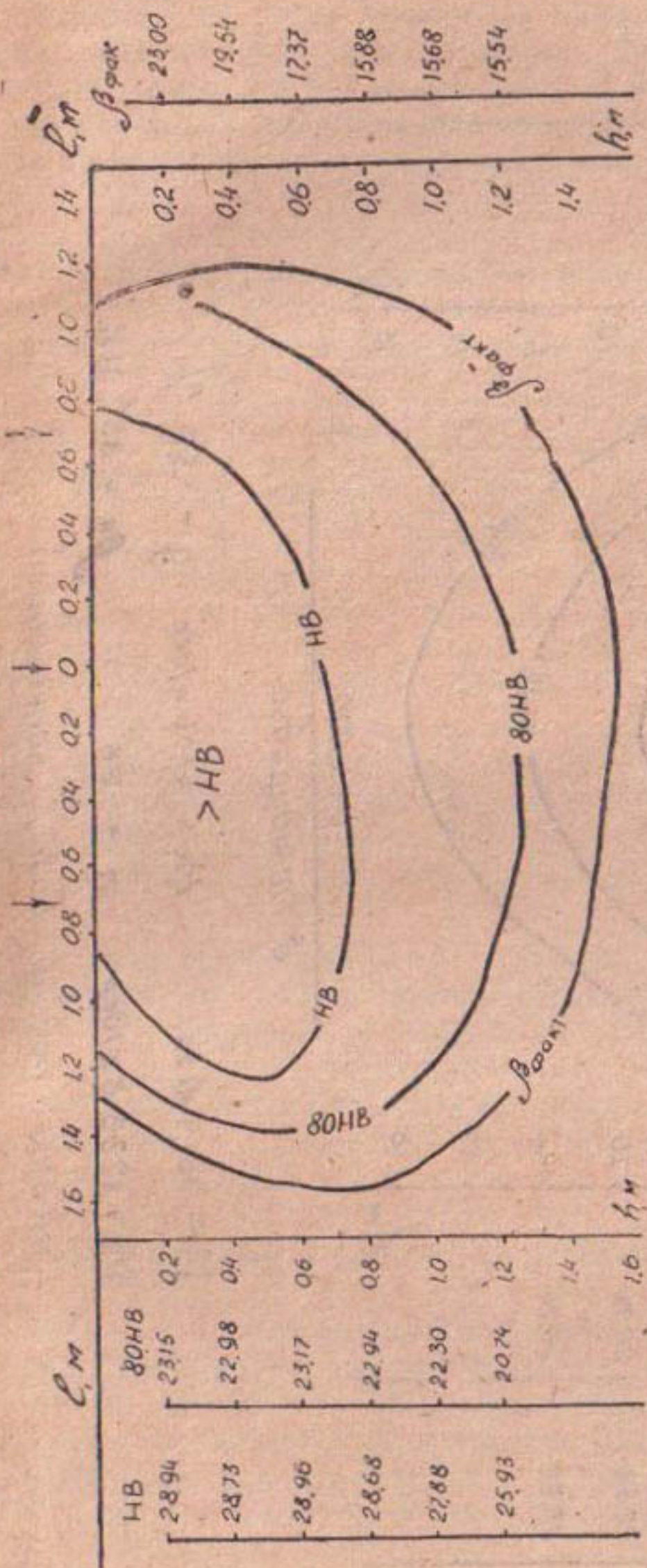


Рис. 2.2. Фактический контур увлажнения при капельном орошении яблоневого сада пять раз в неделю
 $M = 406,9 \text{ м}^3/\text{га}$; $m_k = 20,3 \text{ л/дер.}$; $q = 5,01 \text{ л/ч}$; $M_k = 1317,0 \text{ л/дер.}$; $p = 65$,
 $\beta_n = 90\% \text{ НВ}$;
 — место подачи воды капельницей

почву из крайней капельницы, продвинулась по горизонтальным капиллярам по уклону на 0,82 м. Вверх по уклону вода от створа крайней капельницы прошла путь лишь 0,50 м. Наибольший диаметр горизонтальной площади контура увлажнения при отсутствии уклона составил 1,42 м, что видно из сечения, сделанного в сторону междурядий. В среднем влажность почвы в контуре увлажнения поддерживалась благодаря проведению поливов и выпадающим осадкам, не ниже 90,0% НВ. В зоне подачи воды капельницами почва до глубины 60—70 см находилась в переувлажненном состоянии. Переувлажнялось 21,2% почвы от общего объема контура увлажнения, который был равен 2,88 м³. Вокруг этой зоны располагался слой почвы, составляющий 70,0% объема контура увлажнения, влажность которого находилась в оптимальных пределах 100,0—80,0% НВ. И лишь 8,8% объема контура увлажнения имело влажность почвы менее 80,0% НВ. При увеличении поливной нормы до 14,7 м³/га и проведении 26 поливов общие закономерности распределения влаги в почве остались такими же, как и в предыдущем случае (рис. 2.3; 2.4). Однако ряд показателей, характеризующих очаг увлажнения, видоизменился. В первую очередь, возросла на 0,34 м или на 27,4% глубина промачивания. Длина и ширина контура увлажнения, а следовательно, и его горизонтальная площадь практически не увеличились. В контуре увлажнения осредненная влажность почвы составила 85,0% НВ, что на 5,0% НВ меньше, чем при частых поливах малыми нормами. Переувлажненная зона составила 17,2% от объема контура увлажнения, который равен 5,0 м³. Оптимальная влажность от НВ до 80,0% НВ была зафиксирована в почве, составляющей 42,6% от объема контура увлажнения. Недоувлажненная часть контура составляла 40,2%. Общий объем контура увлажнения при меньшем количестве поливов был на 2,12 м³/га или 73,6% больше, чем при частой подаче оросительной воды малыми нормами. Оптимально увлажненные части контуров увлажнения при различных нормах полива были практически одинаковы. Это объясняется тем, что оросительные нормы на этих вариантах были близки друг к другу.

При выборе количества капельниц, которое необходимо устанавливать на одно растение, следует учитывать оптимальные параметры очага увлажнения для различных культур (табл. 2.1) и закономерности движения влаги в почве в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При проектировании систем капельного орошения на юге СССР элементы техники капельного орошения можно принимать по таблице 2.3. Для конкретных почвенно-климатических условий, видов и сортов сельскохозяйственных растений элементы техники капельного орошения сле-

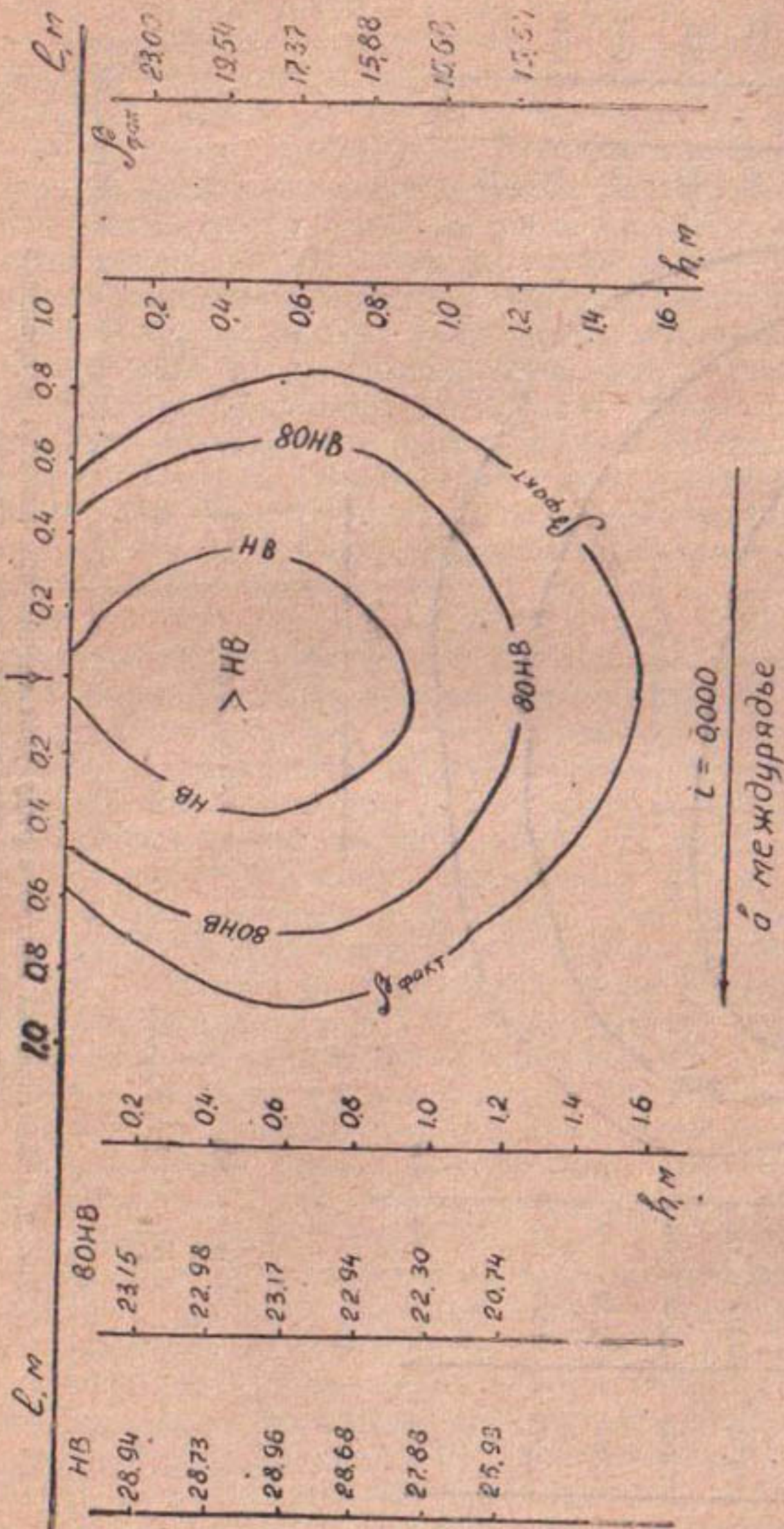


$$M = 381.9 \text{ м}^2/\text{га} \quad m_k = 47.56 \text{ л/дер} \quad q = 5.2 \text{ л/ч}$$

$$M_k = 1236.8 \text{ л/дер} \quad n = 26 \quad \beta_n = 85\% \text{ HB}$$

↓ — место подачи воды капельницей

Рис. 2.3. Фактический контур в ряду увлажнения при капельном орошении яблоневого сада с поливом два раза в неделю



$$M = 381.9 \text{ м}^2/\text{га} \quad \text{ггк} = 47.56 \text{ н/дер} \quad q = 5.2 \text{ н/ч}$$

$$M_k = 1236.8 \text{ н/дер} \quad n = 26 \quad \beta_n = 85\% \text{ HB}$$

— место подачи воды, капельницей

Рис. 2.4. Фактический контур увлажнения в междурядье при капельном орошении яблоневого сада с поливом два раза в неделю

дует уточнять по опытным данным, если таковые имеются.

В таблице 2.3 даны верхний и нижний пределы влажности почвы в объеме контура увлажнения, интервал между которыми используется при расчете поливных норм. Для овощей даны два оптимальных значения влажности, первое — для засухоустойчивых, второе — для влаголюбивых культур.

Таблица 2.3

Элементы техники капельного орошения различных сельскохозяйственных культур

Наименование сада, культуры	Количество капельниц на одно дерево или куст, шт	Расстояние между капельницами у дерева и при полосовом увлажнении	Расход капельниц, л/ч		Средняя влажность в объеме контура увлажнения, % НВ
			уклон более 0,05	уклон менее 0,05	
Семечковые	2—5	0,7—1,0	4—8	8—12	85—95
Косточковые	2—4	0,7—1,0	4—6	6—10	85—95
Ореховые	3—6	0,7—1,0	6—8	8—12	80—90
Виноградники и хмельники	1	0,7	4—6	6—10	80—90
Овощи открытого грунта, земляника	1	0,7	2—4	5—6	80—90
Овощи в теплицах	1	0,4—0,5	2—4	5—6	80—90; 90—100
Молодые плодоносящие сады	1—2	0,7—1,0	4—6	6—10	80—90

При капельном орошении молодых садов и виноградников коэффициент «а» равен единице. Для семечковых, косточковых садов и виноградников коэффициент «а» можно принимать равным 1,0—1,5. При расчете капельного орошения ореховых садов он равен двум. У овощей коэффициент «а» принимается дифференцированно, в начале вегетации он равен единице, в период плодоношения — 1,5.

2.3. Расчет режима и элементов техники капельного орошения

Расчет поливного режима при капельном орошении начинают с определения величины оросительной нормы. Рассчитывать ее следует на год 95 или 75% обеспеченности осадками периода оптимального увлажнения культуры. Для большинства сельскохозяйственных культур период оптимального увлажнения в СССР длится три — четыре месяца с мая по август. Более точно эти сроки можно установить по зональным справочникам или опытным путем.

Величину оросительной нормы при капельном орошении с учетом локальности увлажнения, можно определить по испарению с водной поверхности, измеренному на метеостанции с помощью испарителя ГГИ—3000:

$$M = (E_1 - O) \cdot a \cdot \frac{K_k}{(2,0 - 2,0 \cdot K_k + K_k^2)^{0,5}} ; \quad (2.5)$$

или по уточненной автором формуле С. М. Алпатьева [55]:

$$M = (K \cdot \Sigma d - O) \cdot \frac{K_k}{(2,0 - 2,0 \cdot K_k + K_k^2)^{0,5}} ; \quad (2.6)$$

- где M — оросительная норма нетто, $\text{м}^3/\text{га}$ или мм ;
 E_1 — испарение с водной поверхности за период оптимального увлажнения культуры, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 O — осадки за период оптимального увлажнения, мм или $\text{м}^3/\text{га}$;
 a — коэффициент пропорциональности между испарением с водной поверхности и водопотреблением с площади контура увлажнения;
 K_k — увлажняющийся участок, выраженный в частях от площади питания растений;
 K — биоклиматический коэффициент для различных зон и культур, определяется опытным путем и разработан для большинства орошаемых районов СССР [55];
 Σd — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за период оптимального увлажнения, мм .

Величина поливной нормы при очаговом и полосовом капельном орошении определяется по зависимости:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot \frac{K_k}{(2,0 - 2,0 K_k + K_k^2)^{0,5}} \cdot (\beta_v - \beta_n), \quad (2.7)$$

- где m — поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$;
 h — глубина очага увлажнения, м ;
 α — объемная масса расчетного слоя почвы, $\text{т}/\text{м}^3$;
 β_v — верхний предел средней влажности почвы в объеме контура увлажнения, $\%$ от массы почвы;
 β_n — нижний предел средней влажности почвы в объеме контура увлажнения, $\%$ от массы почвы;

При расчете оросительных и поливных норм по вышеприведенным формулам величины E_1 , O , Σd берутся из гидрометеорологических справочников для соответствующих районов СССР.

Величины a , K_k , β_v и β_n принимаются по данным таблиц 2.1 и 2.2.

Количество вегетационных поливов помесечно и за весь вегетационный период определяется по формуле:

$$n = \frac{M}{m}, \quad (2.8)$$

где n — количество поливов, шт.

Установление сроков вегетационных поливов ведется общеизвестным графоаналитическим методом с использованием интегральной кривой помесечных или подекадных дефицитов водного баланса, а также аналитическим способом в табличной форме. Затем определяют среднюю продолжительность межполивного периода:

$$T_1 = \frac{m}{\bar{e}}, \quad (2.9)$$

где T_1 — средняя продолжительность межполивного периода, сут;

$\bar{e}$ — средний дефицит водного баланса за период оптимального увлажнения, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

$$\bar{e} = \frac{M}{T}, \quad (2.10)$$

T — продолжительность периода оптимального увлажнения, сут., берется по соответствующим справочникам.

Минимальный межполивной период T_2 для самого напряженного месяца по метеорологическим показателям находят по формуле:

$$T_2 = \frac{m}{\bar{e}}, \quad (2.11)$$

где $\bar{e}$ — средний дефицит водного баланса за месяц с наиболее напряженными метеорологическими показателями, $\text{м}^3/\text{сут.}$

По величине T_2 находят число тактов водоподачи N , учитывая при этом время выдачи поливной нормы на один гектар и конструкцию поливной и распределительной сети:

$$N = \frac{T_2 \cdot 24 \cdot K_{\text{сут.}}}{t}, \quad (2.12)$$

где $K_{\text{сут.}}$ — суточный коэффициент использования рабочего времени, принимают равным 0,95;

t — время выдачи поливной нормы, часы; зависит от

конструкции сети, величины поливной нормы и свойств почвогрунтов, определяется опытным путем.

При очаговом увлажнении t может быть рассчитано по формуле:

$$t = \frac{m \cdot 1000}{q \cdot n_1 \cdot n_2}, \quad (2.13)$$

где q — водоподача капельниц, л/час;

n_1 — количество капельниц на растении, шт;

n_2 — количество растений на одном гектаре, шт.

При полосовом увлажнении время выдачи поливной нормы рассчитывают по формуле:

$$t = \frac{m \cdot b \cdot \Delta l}{10q}, \quad (2.14)$$

где b — ширина междурядий орошаемой культуры, м;

Δl — расстояние между капельницами при полосовом увлажнении, м.

Одновременно поливаемую площадь находят по зависимости:

$$F_1 = \frac{F}{N}, \quad (2.15)$$

где F_1 — одновременно поливаемая площадь, га;

F — площадь участка капельного орошения, га.

Расход воды, необходимый для одновременного полива площади, является исходным для гидравлического расчета магистрального трубопровода и насосной станции. Он равен:

$$Q_{\max} = \frac{F_1 \cdot m}{t \cdot 3,6}, \quad (2.16)$$

где $Q_{\max}$ — максимальный расход, л/с.

Осенние влагозарядковые поливы проводятся повышенной нормой, которая рассчитывается по формуле (2,7). В отличие от вегетационных, норму влагозарядковых поливов рассчитывают на глубину промачивания до двух метров, при интервале влажности, равном 20,0% НВ.

2.4. Пример расчета режима капельного орошения.

Участок капельного орошения семечкового плодоносящего сада площадью 300,0 га проектируется в Азовском районе Рос-

товской области. Схема посадки 4×2 , площадь питания восемь квадратных метров. На одном гектаре имеется 1250 деревьев. Согласно рекомендациям коэффициент пропорциональности «а» принимается равным 1,5. Из таблицы 2,1 принимаем глубину промачивания, равную 1,0 м, площадь очага увлажнения 2,0 м. Увлажняемая часть площади питания растения равна 0,25. По метеостанции г. Азова находим, что за период оптимального увлажнения семечкового сада (май—август) в год 95% обеспеченности выпадает 77,2 мм осадков, испаряется 736,0 мм воды по испарителю ГГИ-3000, а суммарный дефицит влажности воздуха равен 1804,0 мм. Почвы на участке североприазовские черноземы, объемная масса которых равна $1,30 \text{ т/м}^3$, а наименьшая влагоемкость 26,5% массы абсолютно сухой почвы.

Рассчитываем по формуле (2.5) величину оросительной нормы

$$M = (736,0 - 77,2) \cdot 1,0 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} =$$

$$= 131,76 \text{ мм или } 1317,6 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Для контроля и сравнения определяем величину оросительной нормы по дефициту водного баланса:

$$M = (0,4 \cdot 1804,0 - 77,2) \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} =$$

$$= 128,89 \text{ мм или } 1288,9 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определяем величину поливной нормы по формуле (2.7), приняв из таблицы 2,3 пределы оптимальной влажности в объеме контура увлажнения:

$$m = 100 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,25 \cdot \frac{1,0}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} \cdot (25,2 - 22,5) =$$

$$72,8 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Норма влагозарядковых поливов равна:

$$m = 100 \cdot 2,0 \cdot 1,45 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} \cdot (26,5 - 21,2) =$$

$$= 280,5 \text{ м}^3/\text{га}.$$

По формуле (2,8) определяем общее количество вегетационных поливов

$$n = \frac{1367}{72,8} = 18,8 \approx 19,0$$

Находим среднюю продолжительность межполивного периода по формуле (2.9):

$$T_1 = \frac{72,8}{11,1} = 6,6 \approx 7 \text{ дней.}$$

Отсюда следует, что в среднем поливы будут даваться один раз в неделю, что вполне согласуется с имеющимися данными.

Для составления таблицы сроков проведения поливов находим величины оросительных норм для всех месяцев периода оптимального увлажнения.

$$M_{\text{май}} = (169,0 - 4,2) \cdot 1,0 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} = 34,2 \text{ мм или } 342,0 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$M_{\text{июнь}} = (217,0 - 8,6) \cdot 1,0 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} = 43,2 \text{ мм или } 432 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$M_{\text{июль}} = (169,0 - 19,8) \cdot 1,0 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} = 31,0 \text{ мм или } 310,0 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$M_{\text{август}} = (181,0 - 44,6) \cdot 1,0 \cdot \frac{0,25}{(2,0 - 2,0 \cdot 0,25 + 0,25^2)^{0,5}} = 28,3 \text{ мм или } 283,0 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Затем определяем средние дефициты водного баланса по месяцам периода оптимального увлажнения.

$$\bar{e}_{1-\text{май}} = \frac{342,0}{31,0} = 11,0 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$\bar{e}_{1-\text{июнь}} = \frac{432,0}{30,0} = 14,4 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$\bar{e}_{1-\text{июль}} = \frac{283,0}{31,0} = 9,1 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$\bar{e}_{1-\text{август}} = \frac{310,0}{31,0} = 9,1 \text{ м}^3/\text{сут};$$

Рассчитываем величины межполивных периодов по формуле (2.11) для всех месяцев периода оптимального увлажнения.

$$T_{\text{май}} = \frac{72,8}{11,0} = 6,6 \approx 7,0 \text{ дней}$$

$$T_{\text{июнь}} = \frac{72,8}{14,4} = 5,06 \approx 5 \text{ дней}$$

$$T_{\text{июль}} = \frac{72,8}{10,0} = 7,28 \approx 7 \text{ дней}$$

$$T_{\text{август}} = \frac{72,8}{9,1} = 8,0 \text{ дней}$$

На основании расчетов составляется таблица режима капельного орошения (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Режим капельного орошения яблоневого сада

Периоды	№№ поливов	Межполивной период, дни	Средняя дата проведения полива	Рекомендуемые сроки полива		Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма
				от	до		
Май	1	7	3,05	1,05	3,05	72,8	72,8
	2	7	10,05	8,05	12,05	72,8	145,6
	3	7	17,05	15,05	19,05	72,8	218,4
	4	7	24,05	22,05	26,05	72,8	291,2
	5	7	31,05	29,05	2,06	50,8	342,0

В ней определяются средние даты проведения поливов и рекомендуемые сроки. Исходят из того, что поливы всего участка капельного орошения должны проводиться за минимальный межполивной период, рассчитанный для месяца с наиболее напряженными метеорологическими условиями. В данном примере весь орошаемый участок должен поливаться за пять дней.

Для профилактических осмотров и проведения работ по уходу за системой продолжительность проведения полива на участке можно уменьшить в сравнении с минимальным межполивным периодом на один — два дня. Сроки проведения влагозарядковых поливов назначаются с учетом биологических особенностей культуры и погодных условий района проектирования.

Дальнейший расчет сводится к определению числа тактов водоподачи и одновременно поливаемой площади.

По таблице 2.3 для создания очага увлажнения площадью

2 м² принимаем две капельницы с водоподачей 5,0 л/ч. и устанавливаем их у дерева на расстоянии один метр друг от друга (по 0,5 м в обе стороны от штамба).

Находим время выдачи поливной нормы по формуле (2.13).

$$t = \frac{72,8 \cdot 1000,0}{5,0 \cdot 2,0 \cdot 1250,0} = 5,8 \approx 6,0 \text{ ч}$$

По минимальному межполивному периоду определяем число тактов водоподачи по формуле (2.12):

$$N = \frac{5,0 \cdot 24,0 \cdot 0,95}{6,0} = 19,0$$

Тогда одновременно поливаемая площадь будет равна:

$$F_1 = \frac{300,0}{19,0} = 15,8 \text{ га.}$$

Максимальный расход воды, необходимый для одновременного полива площади F_1 , равен:

$$Q_{\max} = \frac{15,8 \cdot 72,8}{6,0 \cdot 3,6} = 53,3 \text{ л/с.}$$

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Магистральные и распределительные трубопроводы капельного орошения по гидравлическому режиму работы являются системой с турбулентным установившимся равномерным движением жидкости. Они ничем не отличаются в гидравлическом отношении от аналогичных трубопроводов систем дождевания и поверхностного орошения. Их расчет следует вести по обычным методикам с использованием формул для турбулентного установившегося равномерного движения жидкости [59, 60, 61] или таблицам для гидравлического расчета Ф. А. Шевелева [62].

Поливные и распределительные трубопроводы последнего порядка отличаются от остальных тем, что имеют по своей длине движения жидкости с переменной массой [30, 45, 59, 63, 64] и равномерно распределенный путевой отбор воды [38, 64, 65]. Существует ряд методик гидравлического расчета поливных и распределительных трубопроводов, основанных на теоретических и эмпирических зависимостях. Все они имеют различную степень точности, сложности и успешно используются в нашей стране и за рубежом [4, 22, 30, 32, 38, 45, 59, 63, 64, 65]. Пред-

лагается для сравнения две методики гидравлического расчета поливных и распределительных трубопроводов последнего порядка, одна из которых предложена комплексным отделом по капельному орошению ВНИИМиТП [59]. Гидравлический расчет по обеим методикам сводится к подбору такого диаметра поливного трубопровода, который обеспечит нормальный гидравлический режим работы и условие $\frac{h_e \cdot 100,0}{h} \leq 5,0\%$,

т. е., потери напора h_e не должны превышать 0,05 напора в голове поливного трубопровода [65]. При менее жестких требованиях допускают, чтобы потери напора $h_e \leq h_1 - h_2$, ($h_1 - h_2$ — диапазон рабочих напоров принятой капельницы).

3.1. Методика гидравлического расчета поливных трубопроводов, предложенная ВНИИМиТП

Поливной трубопровод состоит из двух участков — подводящего (без капельниц) и поливного (с капельницами). Длиной подводящего участка $L_{\text{подв}}$ следует считать расстояние от участкового до начального сечения поливного трубопровода. Начальное сечение расположено на расстоянии L_k от первой капельницы в сторону участкового трубопровода (L_k — расстояние между капельницами). Длина подводящего участка может меняться от 0 до 12—14 м. Учитывая, что подводящий участок пропускает транзитом весь расход поливного трубопровода, пренебрегать потерями напора на нем не следует.

Для определения потерь напора на этом участке следует пользоваться формулой Дарси-Бейсбаха, полученной для условий равномерного движения жидкости:

$$h_{\text{подв}} = \lambda \frac{L_{\text{подв}}}{d} \cdot \frac{V_0^2}{2g}, \quad (3.1)$$

- где $h_{\text{подв}}$ — потери напора на подводящем участке, м;
 λ — коэффициент гидравлического трения;
 d — внутренний диаметр поливного трубопровода, м;
 V_0 — скорость на подводящем участке поливного трубопровода, м/с;
 $L_{\text{подв}}$ — длина подводящего участка, м;
 g — ускорение силы тяжести, м/с².

На подводящем участке поливных полиэтиленовых трубопроводов для определения коэффициента гидравлического трения воспользуемся экспериментальной зависимостью:

$$\lambda = \frac{0,2017}{Re_d^{0,20}}, \quad (3.2)$$

где Re_d — число Рейнольдса на подводящем участке, выраженное через диаметр;

$$Re_d = \frac{V_0 \cdot d}{\nu}, \quad (3.3)$$

где ν — коэффициент кинематической вязкости жидкости, m^2/c .
Расход поливного трубопровода на подводящем участке определяется по формуле:

$$Q_{пт} = n \cdot q, \quad (3.4)$$

где $Q_{пт}$ — расход поливного трубопровода, m^3/c ;
 n — число капельниц на полевом трубопроводе, шт;
 q — расход одной капельницы, m^3/c .

Скорость в начальном сечении поливного трубопровода находим по формуле:

$$V_0 = \frac{4,0 \cdot Q_{п.т.}}{\pi \cdot d^2}; \quad (3.5)$$

где V_0 — скорость течения воды, m/c ;
 d — внутренний диаметр трубопровода, m .

Подставив в формулу 3.1 значение λ и Re_d из выражений 3.2 и 3.3, получим расчетную формулу:

$$i = \frac{h_{подв}}{L_{подв}} = \frac{0,2017 \cdot \nu^{0,2}}{d^{1,2}} \cdot \frac{V_0^{4,8}}{2g}, \quad (3.6)$$

где i — потери напора на одном метре трубопровода, m .

Для определения потерь напора в поливном трубопроводе с капельницами ВНИИМиТП рекомендуется следующая расчетная формула, полученная на основании математической обработки экспериментальных данных:

$$h_{поли} = K_1 \cdot K_2 \cdot N \frac{1,1 \cdot \nu^{2-m} \cdot (n \cdot q)^m}{g \cdot d^{3+m}}, \quad (3.7)$$

где $h_{поли}$ — величина потерь напора в поливном трубопроводе с капельницами, m ;

ν — коэффициент кинематической вязкости, m^2/c ;

n — количество капельниц от рассматриваемого сечения до конца трубопровода, шт;

- q — расход одной капельницы, л/ч;
 d — внутренний диаметр поливного трубопровода, м;
 L_1 — длина поливного трубопровода с капельницами от рассматриваемого сечения до конца трубопровода, м;
 N — коэффициент, зависящий от длины поливного трубопровода и учитывающий переходные размерные коэффициенты, определяется по таблице 3.2;
 m — показатель степени, зависящий от длины поливного трубопровода, определяется по таблице 3.2;
 g — ускорение силы тяжести, м/с²;
 K_1 — коэффициент, учитывающий тип капельниц и способ подключения их к поливному трубопроводу;
 K_2 — коэффициент, учитывающий изменение местных сопротивлений при различных расстояниях между капельницами.

Таблица 3.2

Значение коэффициентов N и показателя степени m

L	N	m	L	N	m
30	$6,158 \cdot 10^{-5}$	1,0	117	$8,496 \cdot 10^{-8}$	1,24
33	$5,00 \cdot 10^{-5}$	1,006	120	$6,446 \cdot 10^{-8}$	1,25
36	$4,214 \cdot 10^{-5}$	1,012	123	$4,64 \cdot 10^{-8}$	1,263
39	$3,382 \cdot 10^{-5}$	1,018	126	$3,375 \cdot 10^{-8}$	1,276
42	$2,728 \cdot 10^{-5}$	1,024	129	$2,449 \cdot 10^{-8}$	1,289
45	$2,207 \cdot 10^{-5}$	1,030	132	$1,752 \cdot 10^{-8}$	1,303
48	$1,794 \cdot 10^{-5}$	1,036	135	$1,250 \cdot 10^{-8}$	1,317
51	$1,463 \cdot 10^{-5}$	1,042	138	$8,586 \cdot 10^{-9}$	1,332
54	$1,196 \cdot 10^{-5}$	1,048	141	$5,949 \cdot 10^{-9}$	1,347
57	$10,005 \cdot 10^{-6}$	1,054	144	$4,114 \cdot 10^{-9}$	1,362
60	$8,136 \cdot 10^{-6}$	1,061	147	$2,785 \cdot 10^{-9}$	1,378
63	$6,626 \cdot 10^{-6}$	1,068	150	$1,868 \cdot 10^{-9}$	1,394
66	$5,560 \cdot 10^{-6}$	1,075	153	$1,240 \cdot 10^{-9}$	1,411
69	$4,467 \cdot 10^{-6}$	1,028	156	$8,202 \cdot 10^{-10}$	1,428
72	$3,598 \cdot 10^{-6}$	1,039	159	$5,471 \cdot 10^{-10}$	1,445
75	$2,833 \cdot 10^{-6}$	1,097	162	$3,518 \cdot 10^{-10}$	1,463
78	$2,313 \cdot 10^{-6}$	1,105	165	$2,270 \cdot 10^{-10}$	1,481
81	$1,824 \cdot 10^{-6}$	1,113	168	$1,438 \cdot 10^{-10}$	1,500
84	$1,451 \cdot 10^{-6}$	1,122	171	$9,137 \cdot 10^{-11}$	1,519
87	$1,186 \cdot 10^{-6}$	1,131	174	$5,676 \cdot 10^{-11}$	1,539
90	$9,458 \cdot 10^{-7}$	1,140	177	$3,512 \cdot 10^{-11}$	1,559
93	$7,423 \cdot 10^{-7}$	1,149	180	$2,136 \cdot 10^{-11}$	1,580
96	$5,864 \cdot 10^{-7}$	1,159	183	$1,304 \cdot 10^{-11}$	1,601
99	$4,553 \cdot 10^{-7}$	1,169	186	$7,730 \cdot 10^{-12}$	1,623
102	$3,504 \cdot 10^{-7}$	1,180	189	$4,508 \cdot 10^{-12}$	1,646
105	$2,646 \cdot 10^{-7}$	1,191	192	$2,587 \cdot 10^{-12}$	1,670
108	$2,057 \cdot 10^{-7}$	1,202	195	$1,454 \cdot 10^{-12}$	1,695
111	$1,526 \cdot 10^{-7}$	1,214	198	$0,811 \cdot 10^{-12}$	1,721
114	$1,131 \cdot 10^{-7}$	1,226	201	$0,464 \cdot 10^{-12}$	1,748

При расчете трубопроводов с проходными капельницами $K_1=1,0$. Для трубопроводов с тупиковыми капельницами $K_1=0,95$. Значение коэффициента K_2 в зависимости от расстояния между капельницами определяют по формуле:

$$K_2=1,06-0,02 \cdot L_k, \quad (3.8)$$

где L_k — расстояние между капельницами, м.

Суммарные потери напора в поливном трубопроводе определяются по формуле:

$$h_{ит} = h_{подв} + h_{пол}.$$

Исходными данными для гидравлического расчета поливных трубопроводов по методике ВНИИМ и ТП являются:

длина поливного трубопровода на винограднике, м

$$l_{пол} = 100,0;$$

длина подводящего трубопровода на винограднике, м

$$L_{подв} = 2,0;$$

число капельниц на поливном трубопроводе, шт.

$$n = 100,0;$$

расход одной капельницы «Молдавия-1», л/ч

$$q = 1,39 \cdot 10^{-6};$$

напор в голове поливного трубопровода, м

$$h = 20,0;$$

диапазон рабочих напоров капельницы, м

$$h_1 \div h_2 = 10,0 \div 20,0.$$

Расчет начинают с определения расхода воды подводящего трубопровода по формуле 3.4:

$$Q_{подв} = 100,0 \cdot 1,39 \cdot 10^{-6} = 0,000139 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Скорость движения воды в подводящем трубопроводе и началь-

ном сечении поливного трубопровода находим по формуле 3.5, приняв минимальный стандартный диаметр трубопровода:

$$v_0 = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,012^2} = 1,23 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса, выраженное через диаметр трубопровода при фактической скорости $v_0 = 1,23 \text{ м/с}$ в подводящем трубопроводе и кинематическом коэффициенте вязкости ν , равном при 20°C воды $0,000001 \text{ м}^2/\text{с}$, рассчитываем по формуле:

$$Re_d = \frac{1,23 \cdot 0,012}{0,000001} = 14760,0.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления подводящего трубопровода при таком числе Рейнольдса равен:

$$\lambda = \frac{0,2017}{14760^{0,2}} = 0,030.$$

Потери напора на подводящем трубопроводе определяются по формуле Вейсбаха-Дарси (3.1):

$$h_{\text{подв.}} = 0,030 \cdot \frac{2,0}{0,012} \cdot \frac{1,23}{209,8} = 0,39 \text{ м.}$$

Для определения потерь напора в поливном трубопроводе с капельницами воспользуемся формулой 3.7:

$$h_{\text{пол.}} = 1,04 \cdot 0,95 \cdot 4,553 \cdot 10^{-7} \frac{100,0 \cdot 0,000001^{0,831} (100-50)^{1,169}}{9,8 \cdot 0,012^4 \cdot 160,0} = 6,90 \text{ м.}$$

Полные потери в поливном трубопроводе равны:

$$h_{\text{п.т.}} = h_{\text{подв.}} + h_{\text{пол.}} = 0,39 + 6,90 = 7,29 \text{ м.}$$

Условие $\frac{h_{\text{п.т.}} \cdot 100 \cdot 0}{h} \leq 5,0\%$ не выполняется.

Принятый диаметр не обеспечивает нормального гидравлического режима работы поливного трубопровода. Принимаем больший стандартный диаметр трубопровода, равный $0,016 \text{ м}$, и проводим расчет в той же последовательности.

$$v_0 = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,016^2} = 0,69 \text{ м/с;}$$

$$Re_d = \frac{0,69 \cdot 0,016}{0,000001} = 11040,0;$$

$$\lambda = \frac{0,2017}{11040 \cdot 0^{0,2}} = 0,031;$$

$$h_{подв.} = \frac{0,031 \cdot 2,0 \cdot 0,69^{2,0}}{0,016 \cdot 2,0 \cdot 9,8} = 0,094, \text{ м};$$

$$h_{полв.} = 1,04 \cdot 0,95 \cdot 4,553 \cdot 10^{-7} \frac{100,0 \cdot 0,000001^{0,831} (100-50)^{1,169}}{9,8 \cdot 0,016^4 \cdot 1,169} = 2,08, \text{ м};$$

$$h_{п.т.} = 0,094 + 2,08 = 2,174, \text{ м};$$

$$\frac{2,174 \cdot 100,0}{20,0} = 10,87 \%$$

Условие $\frac{h_{п.т.} \cdot 100,0}{h} \leq 5,0 \%$ не выполняется. Приняв больший стандартный диаметр трубопровода, равный 0,02 м, продолжим расчет в той же последовательности.

$$V_0 = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,02^2} = 0,44, \text{ м/с};$$

$$Re_d = \frac{0,44 \cdot 0,02}{0,000001} = 8800,0;$$

$$\lambda = \frac{0,2017}{8800,0} = 0,033;$$

$$h_{подв.} = \frac{0,033 \cdot 2,0 \cdot 0,44^{2,0}}{0,02 \cdot 2,0 \cdot 9,8} = 0,033, \text{ м};$$

$$h_{полв.} = 1,04 \cdot 0,95 \cdot 4,553 \cdot 10^{-7} \frac{100,0 \cdot 0,000001^{0,831} (100-50)^{1,169}}{9,8 \cdot 0,02^4 \cdot 1,169} = 0,82, \text{ м};$$

$$h_{п.т.} = 0,033 + 0,82 = 0,853, \text{ м};$$

$$\frac{0,853 \cdot 100,0}{20,0} = 4,27 \%$$

Условие выполняется. Принятый диаметр поливного трубопровода, равный 0,02 м, обеспечивает нормальный гидравлический режим его работы. Принимаем внутренний диаметр трубопровода равным 0,02 м.

3.2. Методика гидравлического расчета трубопроводов капельного орошения, предложенная НИМИ

Методика гидравлического расчета, предложенная автором, рассматривает поливной трубопровод с капельницами, как низконапорную систему с путевым равномерным отбором воды по длине.

Расчет поливного трубопровода сводится к определению внутреннего диаметра, обеспечивающего минимальные суммарные потери напора в его конце. Расчет ведется методом подбора диаметра с последовательным использованием стандартных типоразмеров. Поливные трубопроводы изготавливаются из полиэтиленовых труб низкой плотности по ГОСТ 18599—73. Обычно используют трубы диаметром 12, 16, 20 и 28 мм.

На поливном трубопроводе капельницы расположены друг от друга на небольшом расстоянии 0,5—4,0 м. Так как отношение расстояний между капельницами (a) к длине трубопровода (l) весьма мало, то расчет потерь напора можно вести, как для трубопроводов со средним равномерно распределенным расходом по длине при нулевом его значении в конце.

При турбулентном установившемся движении жидкости в круглых трубопроводах потери напора по длине в соответствии с уравнением Вейсбаха-Дарси равны:

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (3.10)$$

где h_e — потери напора в поливном трубопроводе, м;

λ — коэффициент гидравлического трения;

l — длина трубопровода, м;

d — диаметр трубопровода, м;

v — скорость движения воды, м/с;

g — ускорение силы тяжести, м/с².

Преобразовав формулу Вейсбаха-Дарси, получим:

$$h_e = \frac{\lambda \cdot l \cdot 8,0 \cdot Q^2}{g \cdot d^5 \cdot \pi^2}; \quad (3.11)$$

При равномерно распределенных расходах по длине трубопроводов потери напора находим по формуле:

$$h_e = \frac{1}{3} \cdot \frac{8,0 \cdot Q^2 \cdot l \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot d^5 \cdot g}; \quad (3.12)$$

где Q — расход в голове поливного трубопровода, м³/с.

Зная схему посадки культуры, расход в голове трубопровода можно рассчитать по зависимости:

$$Q = q_1 \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (3.13)$$

где q_1 — расход капельницы, м³/с;

n_1 — количество капельниц на одном растении, шт;

n_2 — количество растений в ряду, шт.

Приняв длину поливного трубопровода l , напор h в голове поливного трубопровода и определив расход Q , можно рассчитать необходимый внутренний диаметр по формуле:

$$d = \sqrt[5]{\frac{\lambda \cdot l \cdot Q^2 \cdot 8,0}{3,0 \cdot g \cdot 0,05 \cdot h \cdot \pi^2}}, \quad (3.14)$$

где h — напор в голове поливного трубопровода, м;

$0,05 h$ — потери напора приняты равными 5% от напора в голове поливного трубопровода, т. е. $5\% \geq \frac{h_c \cdot 100,0}{h}$

Такое условие обеспечивает равномерные и стабильные расходы капельниц по длине поливного трубопровода.

Коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода с капельницами находим по эмпирической формуле, выведенной на основании лабораторных и лабораторно-полевых исследований:

$$\lambda = \frac{1,363}{R_{ед}^{0,3484}}, \quad (3.15)$$

где $R_{ед}$ — число Рейнольдса, выраженное через диаметр трубопровода;

$$R_{ед} = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (3.16)$$

где ν — скорость движения воды в трубопроводе, м/с;

d — диаметр трубопровода, м;

ν — коэффициент кинематической вязкости воды при температуре 20°C равен 0,000001 м²/с.

Скорость движения воды в трубе находим по формуле:

$$\nu = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.17)$$

Напор в голове поливного трубопровода определяется расходно-напорной характеристикой принятой капельницы. Напри-

мер, в случае использования капельниц «Молдавия-1» напор в голове поливного трубопровода будет равен 20 м.в.с. Поливные трубопроводы рассчитываются на расход в голове одним диаметром.

Распределительные трубопроводы последнего порядка, питающие поливные, рассчитываются аналогичным образом. Расчет ведут переменным диаметром по участкам, начиная с конца.

Расход распределительного трубопровода можно определить по формуле:

$$Q_y = \frac{l_y}{b_n} Q, \quad (3.18)$$

где Q_y — расход в голове распределительного трубопровода или его участка, м³/с;

l_y — длина распределительного трубопровода, м, принимается в зависимости от расходов капельницы, формы участков, схем посадки, рельефа от 200 до 400 м;

b_n — расстояние между поливными трубопроводами, м, оно зависит от ширины междурядий и на виноградниках равно 2,5—2,0 м, в садах 4,0—8,0 м, на овощах 0,7—1,4 м;

Q — расход поливного трубопровода, м³/с.

Согласно ГОСТ 18599-73 в СССР выпускаются трубы из полиэтилена низкой плотности средне-легкого типа внутренними диаметрами: 0,046; 0,058; 0,069; 0,083; 0,102; 0,115; 0,129; 0,148 м. Эти трубы используются для строительства распределительных трубопроводов последнего порядка. При расчете последовательно применяются диаметры от наименьшего к наибольшему.

Гидравлический расчет поливного трубопровода по предлагаемой методике осуществляют в следующей логической последовательности.

Исходными данными для расчета являются:
длина поливного трубопровода, например, на винограднике, м

$$l_{\text{полн}} = 100,0;$$

число капельниц на поливном трубопроводе, шт;

$$n = 100,0;$$

расход одной капельницы «Молдавия-1», м³/с

$$q = 1,39 \cdot 10^{-6};$$

напор в голове поливного трубопровода, м

$$h = 20,0;$$

диапазон рабочих напоров капельницы, м

$$h_1 \div h_2 = 10 \div 20,0.$$

Вначале рассчитывается расход воды в голове поливного трубопровода по формуле 3.13:

$$Q = 100 \cdot 1,39 \cdot 10^{-6} = 0,000139, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Скорость движения воды в трубопроводе находится по формуле 3.17, при минимальном диаметре трубопровода $d = 0,012$ м согласно ГОСТ 18599-73:

$$V = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,012^2} = 1,23, \text{ м/с}.$$

Число Рейнольдса, выраженное через диаметр трубопровода, при фактической скорости $V = 1,23$ м/с и $\nu = 0,000001$ м²/с, рассчитываем по формуле 3.16:

$$Re_d = \frac{1,23 \cdot 0,012}{0,000001} = 14760,0.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода при таком числе Рейнольдса определяем по формуле 3.15:

$$\lambda = \frac{1,363}{14760^{0,3484}} = 0,048.$$

Потери напора в трубопроводе при вычисленных и принятых параметрах Q , l , λ , d находим по зависимости 3.12:

$$h_c = \frac{8,0 \cdot 0,000139^2 \cdot 1000,0 \cdot 0,048}{3,0 \cdot 3,14^2 \cdot 0,012^5 \cdot 9,8} = 10,29 \text{ м}.$$

Условие $\frac{h_c \cdot 100}{h} \leq 5,0\%$ не выполняется. Принятый диаметр не обеспечивает нормального гидравлического режима работы трубопровода. Принимается следующий стандартный диаметр трубопровода, равный 0,016 м, и делаются расчеты в той же последовательности.

$$V = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,016^2} = 0,69, \text{ м/с};$$

$$Re_d = \frac{0,69 \cdot 0,016}{0,000001} = 11040,0;$$

$$\lambda = \frac{1,363}{11040^{0,2484}} = 0,053;$$

$$h_e = \frac{8,0 \cdot 0,000139^2 \cdot 100,0 \cdot 0,053}{3,0 \cdot 3,14^2 \cdot 0,016^5 \cdot 9,8} = 2,69, \text{ м.}$$

Условие $\frac{h_e \cdot 100,0}{h} \leq 5,0\%$ не выполняется. Принимается следующий стандартный диаметр трубопровода, равный 0,02 м, и делаются расчеты в той же последовательности.

$$\lambda = \frac{0,000139 \cdot 4,0}{3,14 \cdot 0,02^2} = 0,44, \text{ м/с;}$$

$$Re_d = \frac{0,44 \cdot 0,02}{0,000001} = 8800,0;$$

$$V = \frac{1,363}{8800^{0,2484}} = 0,058;$$

$$\frac{h_e \cdot 100,0}{h} = \frac{0,97 \cdot 100,0}{20,0} = 4,8\%.$$

Принятый диаметр поливного трубопровода, равный 0,02 м, обеспечивает нормальный гидравлический режим работы.

Проверить правильность расчетов по определению диаметра поливного трубопровода можно по формуле 3.14:

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,058 \cdot 100,0 \cdot 0,000139^2 \cdot 8,0}{3,0 \cdot 9,8 \cdot 0,05 \cdot 20,0 \cdot 3,14^2}} = 0,0199 \text{ м.}$$

Принимаем внутренний диаметр поливного трубопровода равным 0,002 м.

Предлагаемая методика гидравлического расчета трубопроводов капельного орошения базируется на традиционных формулах гидравлики, обладает простотой, достаточной точностью и достоверностью, что подтверждается натурными исследованиями. Сравнительная оценка результатов расчетов по предлагаемой методике и рекомендациям ВНИИМиТП, ВНИИГиМ, зарубежных авторов дает хорошую сходимость. В то же время, все перечисленные методики обладают значительной сложностью расчетов и обилием различного рода эмпирических коэффициентов.

Продольные профили трубопроводов при капельном орошении строятся по общеизвестной методике [40].

3.3. Расчет насосно-силового оборудования

Подача воды на орошаемый участок осуществляется в соответствии с режимом орошения культуры. Насосная станция должна в течение всего периода оптимального увлажнения обеспечивать растения водой в нужном объеме и своевременно. Рассчитывают насосно-силовое оборудование на расход и полный напор, необходимые для одновременного полива площади в течение одного такта.

Полный напор насосной станции определяют по уравнению:

$$H = h_2 + \Sigma h_e + \Sigma h_m + h_n + h_{н.т.} \pm h_p, \quad (3.19)$$

где H — полный напор насосной станции, м;

h_2 — геодезический напор, м. Он рассчитывается как разность между наивысшей отметкой на орошаемом участке по трассам трубопроводов всех порядков и отметкой минимального уровня воды в месте водозабора, м;

Σh_e — сумма потерь напора по длине наиболее протяженной трассы трубопроводов: магистрального, распределительных, поливного, м;

Σh_m — сумма местных потерь напора по расчетной трассе, м. Их приближенно принимают равными 5,0—10,0% от потерь напора по длине;

h_n — рабочий напор капельницы, м. Принимается по данным таблицы 1.9;

$h_{н.т.}$ — расстояние от поверхности почвы до поливного трубопровода, подвешенного на шпалерной проволоке, м. Принимается конструктивно на различных культурах от 0,0 до 1,0;

h_p — потери напора во всасывающем и соединительном трубопроводах, м. Они могут быть приняты от 0,75 до 1,0 м.

Максимальный и минимальный расходы, необходимые для одновременного полива площади в течение одного такта служат для определения количества насосных агрегатов:

$$n_3 = \frac{Q_{max}}{Q_{м.и.н.}}, \quad (3.20)$$

n_3 — количество насосов на насосной станции, необходимое для обеспечения водоподачи в соответствии с режимом орошения, шт;

Q_{max} — максимальный расход, л/с;

Q_{min} — минимальный расход, л/с.

Мощность на валу насоса рассчитывается по формуле:

$$N_n = \frac{Q_{min} \cdot H}{1020 \eta}, \quad (3.21)$$

где N_n — мощность на валу насоса, кВт;

Q_{min} — производительность насоса, л/с;

H — полный напор, м;

η — коэффициент полезного действия, для центробежных насосов принимается равным 0,7—0,8.

Расчет мощности электродвигателя осуществляют по зависимости:

$$N_g = K \frac{N_n}{\eta_n},$$

где N_g — мощность двигателя, кВт;

K — коэффициент запаса, равен 1,1—1,15;

η — коэффициент полезного действия передачи, при соединении насоса и электродвигателя жесткой муфтой равен единице.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Капельное орошение — высокопроизводительный способ полива, требующий полной автоматизации всего технологического процесса. Лишь в этом случае можно достигнуть наибольшего экономического эффекта. При капельном орошении автоматизация должна обеспечивать работу всех ее звеньев. Комплексно или раздельно должны быть автоматизированы насосная станция, поливной режим, подача удобрений, очистка воды.

При автоматизации насосных станций должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие подачу воды на орошаемый участок в соответствии с графиком водоподачи и поддержание необходимого напора в подводящей и распределительной сети. Должна быть предусмотрена связь насосной станции с датчиками и программными устройствами систем автоматического управления поливом, а также с диспетчерским пультом управления. На насосных станциях, применяемых на системах

капельного орошения, автоматизируются залив насосов водой, пуск электродвигателей, контроль температуры подшипников, сальников и электродвигателей, давления во всасывающей и напорной линиях, наличия напряжения на вводных шинах и шинах автоматики, защита агрегатов от короткого замыкания, перегрузки, падения напряжения и выпадения фаз, включение агрегатов в заданной последовательности, открытие и закрытие задвижек на трубопроводах насосов при их пуске и остановке, и регулирование производительности насосов с целью стабилизации давления в диктующих точках оросительной сети. Проекты электрооборудования и автоматизация насосных станций должны удовлетворять требованиям «Указаний по проектированию автоматизации производственных процессов», СН 281-64 [32].

В настоящее время Харьковским электромеханическим, Орловским приборостроительным и Тираспольским электроаппаратным заводами серийно выпускаются средства, позволяющие автоматизировать все процессы работы насосной станции, кроме ее производительности. Параметрами автоматического контроля и регулирования производительности насосной станции является давление в диктующих точках оросительной сети. Плановое регулирование производительности насосной станции достигается за счет применения управляемых приводов, которыми могут быть: индукторные муфты скольжения, двигатели на основе асинхронновентильных каскадов, двигатели с тиристорными преобразователями [39]. Целесообразность применения регулируемого привода, вместо нерегулируемого, решается на основе технико-экономического анализа.

При капельном орошении автоматизация поливного режима должна обеспечить качественное распределение воды по полю и своевременную подачу ее к корням растений, поддерживать оптимальные условия для роста и развития растений. При устройстве автоматизации необходимо учитывать конструкцию распределительной и поливной сети, рекомендуемый режим орошения, экологические условия и биологию культур. Для автоматизации режима капельного орошения можно применять устройства с программным управлением, при помощи датчиков и комбинированные системы. Автоматические системы с программным управлением поливным режимом следует применять в том случае, когда использование датчиков по тем или иным причинам нецелесообразно. Программы должны учитывать природные условия, биологию растений и обязательно иметь устройства, позволяющие корректировать поливной режим на основании конкретно сложившихся погодных условий. Задание заводу на изготовление программного устройства должно выдаваться

проектными организациями в соответствии с требованиями руководящих материалов РМ-107-77, «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов» [30]. Требования к выполнению технической документации, передаваемой заводу-изготовителю, должны быть в соответствии с РМЗ 82-76, ч. 1 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. Корпуса и каркасы» [30]. Для систем автоматического управления режимом капельного орошения более приемлемы датчики-эвапориметры и испарители различных конструкций. Они просты по устройству, надежны в работе и автоматически используют конкретно сложившиеся погодные условия и развитие растений в течение вегетации. Комбинированные системы автоматического управления режимом капельного орошения обладают высокой надежностью и гибкостью, просты по конструкции, обеспечивают устойчивую работу оросительной системы. Их применение предпочтительно. В таких системах сигнал на начало полива поступает от датчика, а продолжительность подачи воды, ее распределение по полю и отдельным участкам, а также отключение системы осуществляется по программе. Система автоматизации капельного орошения должна обеспечить своевременный поочередный полив модульных участков, управление поливом по команде диспетчера, пуск и остановку насосов в начале и завершении поливного цикла, открытие и закрытие задвижек, аварийную остановку насосов и закрытие задвижек, сигнализацию о ходе полива на модульных участках и полном его завершении.

Исполнительными механизмами при автоматизации системы капельного орошения могут быть запорные устройства с электро- и гидроприводом, например, задвижки с электроприводом, оснащенные муфтой предельного момента двустороннего действия. Для управления исполнительными механизмами может быть использован серийно выпускаемый электрогидравлический клапан ГЭГ-Д-16/8 и КЭГ-И-16/8. Для передачи команд и питания электрогидравлических клапанов следует применять кабели марки АКППГ-М или АКПсПсГ-М. Гидравлические команды передаются по пластмассовым трубкам [39]. Кабели и пластмассовые трубки прокладываются в одной траншее с трубопроводами оросительной сети. Соединение кабелей и присоединение аппаратов в поле производится с помощью коробок типа СК [39].

Автоматизация подачи удобрений с поливной водой осуществляется с помощью специально сконструированных эжекторов или других устройств, например, дополнительно установленных насосов, подающих растворы питательных веществ в магистральный трубопровод. Устройства для внесения удобрений с

поливной водой могут быть установлены в здании насосной станции или в непосредственной близости от нее. Подача жидких удобрений задается на программном устройстве, которое должно быть согласовано с режимом орошения и потребностью растений. Это достигается установкой дополнительного реле времени или другого устройства в схеме автоматизации режима орошения, которое и будет включать устройство для подачи удобрений при выдаче двух третей поливной нормы.

Автоматизация очистки оросительной воды должна обеспечивать устойчивую работу сооружений, своевременную и качественную их регенерацию, санитарные требования по охране труда и природы.

Простота конструкции и эксплуатации ФПЗ позволяет полностью автоматизировать их работу с помощью электро- и гидроавтоматики [39]. Автоматический контроль и регулирование осуществляется по перепаду давлений на входе и выходе из фильтра.

Монтаж приборов и средств автоматизации систем капельного орошения выполняется автоматизированными звеньями строительно-монтажных организаций в строгом соответствии с требованиями СНиП П-34-74 «Системы автоматизации». Схема расположения средств автоматизации на модульном участке капельного орошения показана на рисунке 1.2.

Система автоматизации должна обеспечивать любой необходимый режим подачи воды и ее распределение по участку. Этим требованиям отвечает датчик-эвапориметр, который является основным звеном системы автоматического управления поливным режимом при капельном орошении [66].

Датчик-эвапориметр (рис. 4.1) состоит из емкости 01, соединительного трубопровода 02, замкнутых камер 03, 05, двух поплавков 04, 06, крышки 07, осей 09, 14, конусов 08, 13, толкателя 10, возвратной пружины с направляющей трубкой 11, двух втулок 15, 16, фиксатора 12, бобышек 17, рычажной системы 18, трубопровода 19, микроводовыпуска в виде капельницы 20, контактов 21 и электронного блока 22.

Эвапориметр работает следующим образом. В начале оросительного периода емкость 01 заполняется водой до отметки ($\Delta_{\max}$). При этом контакты 21 электронного блока 22 замкнуты. Система автоматического управления находится в режиме ожидания, поплавки 04, 06 — в верхнем положении. В этом случае поплавки 04 закреплены фиксатором 12. Микровыпуск в виде капельницы 20, установленный на поливном трубопроводе 19, отведен рычажно-конусной системой 13, 18 за пределы емкости 01.

В результате испарения воды из емкости 01, уровень ее

понижается до отметки ($\nabla \min$). Разница между отметками $\max$ и $\min$ соответствует поливной норме, которую необходимо подать через капельницы в почву на площадь контура увлажнения

$$D = (E_1 - O) \cdot a,$$

где D — дефицит водного баланса за период (поливная норма), мм;

E_1 — испарение с водной поверхности, мм;

a — коэффициент пропорциональности между водопотреблением с площади контура увлажнения и испарением с водной поверхности;

O — осадки, мм.

Контакты 21 подвижны и позволяют задаваться любым слоем воды между отметками ($\nabla \max$) и ($\nabla \min$). Передвигая контакты вниз и вверх, устанавливается величина поливной нормы.

Когда уровень воды в емкости 01 достигнет отметки ($\nabla \min$), контакты 21 разомкнутся. Напряжение на затворе транзистора Т-2 блока 22 будет равно «0». За счет падения напряжения на резисторе R появится ток в цепи, эмитер-база и транзистор отпираются. Ток коллектора транзистора Т-2, в цепь которого включено реле P , переключает его, замыкая контакты 1 и 2, и включает систему в работу. Начинается полив. При выпадении дождя в межполивной период датчик-эвапориметр автоматически откладывает срок очередного полива на время, соответствующее испарению выпавших осадков. Емкость 01 датчика-эвапориметра открыта и унифицирована со стандартным почвенным осадкомером. Эвапориметр подает команду лишь на начало полива, который в дальнейшем осуществляется по заданной программе.

В случае, когда уровень воды в емкости 01 соответствует отметке ($\nabla \min$), поплавков 06 конусом 08 давит на толкатель 10 и фиксатор 12 и освобождает поплавок 04 из фиксированного положения. Поплавок 04 падает вниз и рычажно-конусной системой 13,18 возвращает водовыпуск 20 в емкость 01. Так как сигнал на начало полива дан и исполнительное устройство включило оросительную систему в работу, то по трубопроводу 19 через водовыпуск 20 вода поступает в емкость 01.

В соответствии с расходом ∇g водовыпуска уровень воды в емкости 01 и камерах 0,3 и 0,5 поднимается от отметки ($\nabla \min$) до ($\nabla \max$) за t минут (в зависимости от величины поливной нормы и расхода водовыпуска за 3—10 минут). Поплавок 04 поднимается к верху камеры 03 и отводит водовыпуск

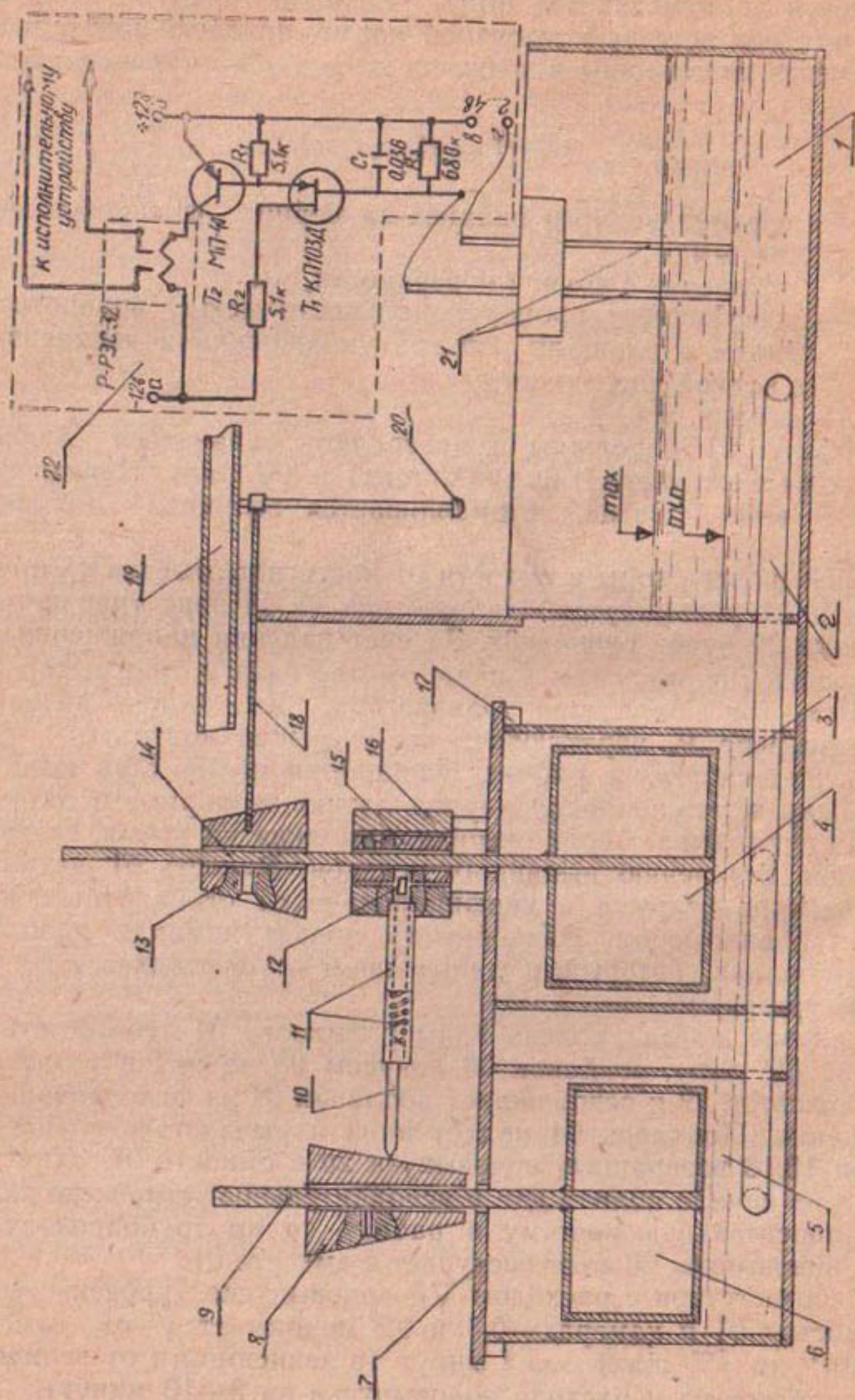


Рис. 4. 1. Датчик-эвапориметр

20 рычажно-конусной системой 13, 18 за пределы емкости 01. Одновременно поплавков 06 поднимается к верху камеры 05. Вместе с поплавком 06 поднимается и конус 08. Конус 08 ослабит толкатель 10, который возвратится в исходное положение пружиной 11, в результате чего поплавков 04 зафиксируется в верхнем положении.

При замкнутой цепи датчика, затвор транзистора T_1 заперт. Напряжение на базе транзистора T_2 положительное. Транзистор T_2 заперт, и ток его коллектора близок к 0. Контакты 1 и 2 реле P разомкнуты, и датчик находится в режиме ожидания. Однако полив продолжается по заданной программе необходимое для выдачи поливной нормы время, благодаря блокировке исполнительных реле. Время полива устанавливается на реле времени. При работе блока 22 ток в цепи исток — затвор транзистора T_1 и на контактах датчика не превышает $1 \cdot 10^{-6}$ а. Общее потребление тока блоком 22 в режиме ожидания не превышает $1,2 \cdot 10^{-3}$ а. В режиме работы ток, потребляемый блоком, в основном проходит через катушку реле P , находится в пределах $40 \cdot 10^{-3}$ — $50 \cdot 10^{-3}$ а. Резистор R_3 и емкость C_1 предназначены для компенсации емкости датчика и снятия наводок с нее.

Датчик-эвапориметр можно использовать в одноканальной однопрограммной схеме управления поливным режимом на небольшом участке капельного орошения. Такая схема показана на рисунке 4.2.

При разомкнутой цепи датчика-эвапориметра контакты 1 и 2 реле P блока 22 замкнуты. В этом случае в цепь питания включена катушка реле P_1 . Контакты 1 и 2 реле блока 22 зашунтированы с контактами 4 и 8 реле P_1 . При срабатывании реле P_1 эти контакты замыкаются. Благодаря этому реле P_1 удерживается во включенном состоянии (∇ тах). Одновременно включается реле времени ВС-10—37 и исполнительное устройство. Реле времени управляет работой реле МКУ-48. При срабатывании заданной программы (выдачи поливной нормы) контакты 4 и 5 реле времени ВС-10—37 размыкаются, катушка реле МКУ-48 обесточивается. Все его контакты размыкаются. Обесточивается программное реле времени ВС-10—37 и исполнительное устройство (управляемая задвижка, клапан или насосная станция). Подача воды (полив) прекращается. Вся схема автоматического управления возвращается в режим ожидания. Лампочка L_1 дает визуальный контроль включения системы в цепь. Контроль полива осуществляется по лампочке L_2 , которая включена в цепь исполнительного устройства.

На участках капельного орошения больших размеров применяется однопрограммная многоканальная система автоматического управления поливным режимом (рис. 4.3). Она состоит из дат-

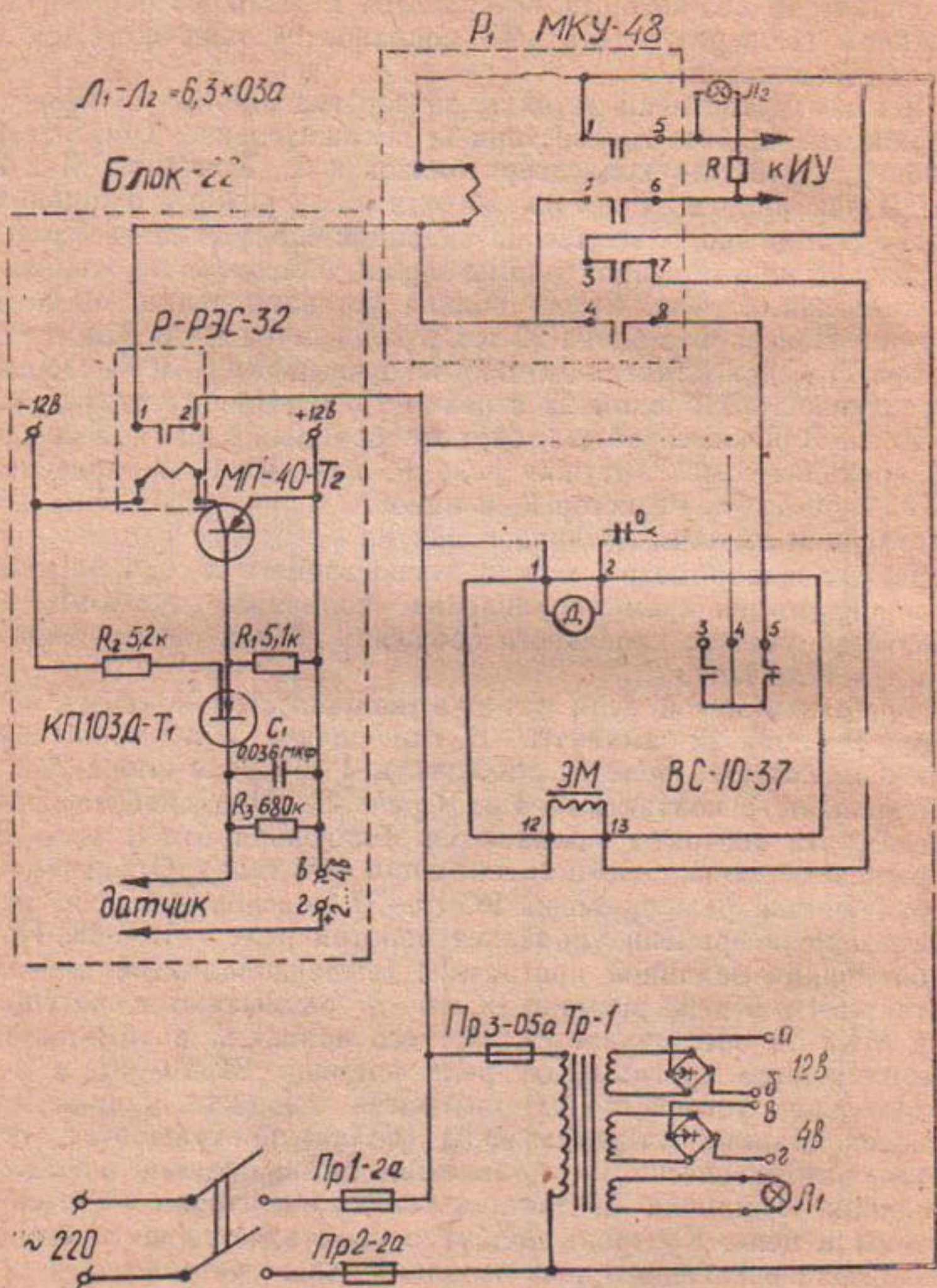


Рис. 4.2. Однопрограммная одноблочная схема автоматического управления системой капельного орошения

чика-эвапориметра, блока 22, программного реле времени ВС-10—68, группы управляющих реле $P_1—P_4$ и блокирующих реле P_5 и P_6 . Все реле типа МКУ-48. Такая схема обеспечивает автоматизацию полива участка капельного орошения с четырьмя распределительными трубопроводами. При необходимости количество блоков можно увеличить. При срабатывании воды в емкости датчика-эвапориметра до отметки ($\nabla \min$) и замыкании контактов 1 и 2 реле блока 22 в систему поступает команда на начало полива. Включается обмотка реле P_1 , контакты 1 и 5, а также 2 и 6 и замыкают цепь исполнительного устройства. Контакты 4 и 8 блокируют обмотку реле P_1 по цепи питания при размыкании контактов 1 и 2 реле P блока 22. Контакты 3 и 7 запитывают обмотку блокирующего реле P_6 , включающего в цепь всю схему, кроме реле P_1 . После включения реле P_6 , оно самоблокируется контактами 3 и 4 включенными последовательно с нормально замкнутыми контактами 3 и 4 размыкающего реле P_5 .

При срабатывании программы первого блока (выдачи поливной нормы на первом участке), контакты реле времени ВС-10—68 обесточивают обмотку реле P_1 , а контакты 3 и 4 включают в работу обмотку реле P_2 . Так идет последовательная работа всех блоков по установленной программе.

При срабатывании последнего блока, контакты 12 и 13 реле времени ВС-10—68 включают в цепь, обмотку размыкающего реле P_5 , которое размыкает контактами 3 и 4 цепи питания обмотки блокирующего реле P_6 . Схема обесточивается и возврат реле времени ВС-10—68 в исходное положение осуществляется в обесточенном режиме, чем исключается кратковременное включение исполнительных устройств. Контроль включения в работу исполнительных устройств осуществляется световой индикацией лампочек L_2 и L_5 .

Датчик-эвапориметр с контактами 21 и электронным блоком 22 устанавливается непосредственно на участке внутрипочвенного орошения вблизи распределительного трубопровода в типичном для данного сообщества растений месте. Вся остальная схема автоматического управления поливным режимом монтируется в диспетчерском пункте. Система управляет одновременно и задвижками с электроприводом, установленными на распределительных трубопроводах, и работой насосной станции. При поступлении сигнала на начало полива одновременно открывается задвижка на первом распределительном трубопроводе и включается в работу насосная станция. При срабатывании последнего блока и окончании полива на всем орошаемом участке закрывается четвертая задвижка и автоматически отключается насосная станция.

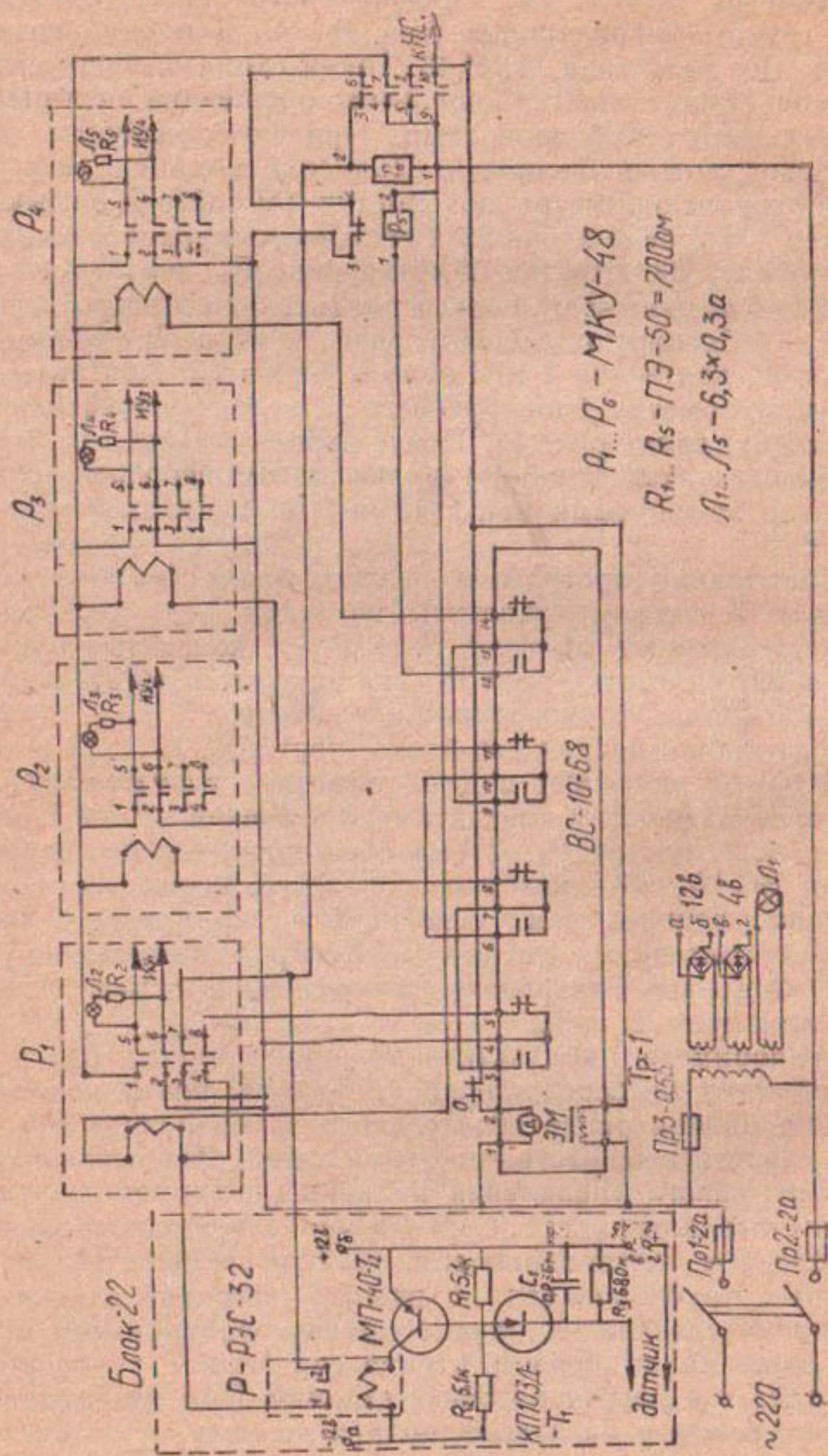


Рис. 4.3. Однопрограммная многоблочная схема автоматического управления системой капельного орошения

Все элементы системы автоматического управления поливным режимом при капельном орошении выпускаются серийно промышленностью СССР.

Продолжительность полива каждого участка устанавливается на задатчике реле времени и находится расчетным путем по зависимостям 2.13 и 2.14.

При такой системе автоматического управления величина поливной нормы всегда постоянна, а межполивной период будет изменяться в зависимости от погодных условий и биологии растений.

Датчик-эвапориметр автоматически корректирует поливной режим в зависимости от конкретно сложившихся на участке погодных условий, позволяет в любом диапазоне регулировать величину поливной нормы и продолжительность межполивного периода, прост по конструкции и надежен в эксплуатации. Предлагаемая система автоматического управления является комбинированной. Сигнал на начало полива поступает от датчика, а подача воды на поливной участок и отключение системы осуществляются по программе. Такая комбинация и позволяет создать довольно простое и надежное в работе автоматическое устройство для управления поливным режимом при внутрипочвенном орошении. Датчик-эвапориметр и система автоматического управления обладают патентной чистотой и защищены авторским свидетельством.

5. СТОИМОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Капитальные затраты на строительство систем капельного орошения в значительной степени зависят от плотности посадки культур, а также конкретных топографических природно-хозяйственных условий участка (табл. 5.1). Чем плотнее посадка, меньше междурядия и расстояния между растениями, тем больше количество пластмассовых трубопроводов и капельниц требуется для строительства участка. На капельницы приходится 27,0—62,0% затрат от общей строительной стоимости участка капельного орошения.

Стоимость оросительной сети капельного орошения составляет 62,2—77,5% от общих капиталовложений.

Ориентировочная стоимость систем капельного орошения в СССР для плодовых культур, виноградников, ягодников и овощей по данным проектов находится в пределах 2940,0—8670,0 руб./га. В теплицах, благодаря специфике и интенсификации производства, капитальные затраты на строительство систем

капельного орошения достигают 11960,0 руб./га. Высокая стоимость систем капельного орошения обусловлена тем, что еще не полностью налажено серийное производство комплектующих изделий.

Опыт зарубежных фирм, выпускающих серийное оборудование для систем капельного орошения, показывает, что капитальные затраты на строительство можно снизить до 1200,0—1500,0 долл./га [4, 17, 23, 24, 25]. Специалисты считают, что при соответствующем уровне развития производства стоимость строительства систем капельного орошения в садах и виноградниках достигнет 750,0—900,0 долл./га [4]. Но даже сейчас, при высокой строительной стоимости, капельное орошение рентабельно. На фоне передовой агротехники культур достигается

Таблица 5.1

Капитальные затраты на строительство систем капельного орошения

Объекты и оборудование	Культуры					
	сады на рослых подвоях и цитру- совые, 300 дер./га	пальмет- ные са- ды 625 дер./га	вино- градники и хмель- ники 2700 раст/га	сморо- дина, малина, крыжов- ник	земля- ника и овощи открыто- го грун- та	овощи в тепли- цах
Подводящая сеть из асбестоцемент- ных труб	450	450	450	450	450	450
Распределительная и поливная сеть из полиэтилено- вых труб и фа- сонные части	750	950	1000	1000	1170	1390
Капельницы	600	930	2650	3950	4950	7430
Итого по ороси- тельной сети	1800	2330	4100	5400	6570	9270
Насосная станция	200	200	200	200	200	200
Электроснабжение и автоматизация	150	150	150	150	150	250
Очистка воды	100	100	100	100	100	150
Смеситель удоб- рений	30	30	30	30	30	100
Итого по головно- му узлу	480	480	480	480	480	700
Неучтенные затра- ты, 20%	450	560	960	1180	1140	1990
Лесополосы и до- роги	210	210	210	210	210	—
Всего	2940	3580	5750	7270	8670	11960

высокая прибавка урожая за счет капельного орошения. Дополнительный чистый доход при капельном орошении, в сравнении с традиционными способами полива, яблоневых садов составляет 3,2 тыс. руб./га, грецкого ореха 1,3 тыс. руб./га, виноградников 1,9 тыс. руб./га, овощей в открытом грунте 12,1—15,3 тыс. руб./га и в теплицах 26,3—122,3 тыс. руб./га [12, 13, 38, 47, 51, 52]. Срок окупаемости капиталовложений в строительство систем капельного орошения, только за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур, равен одному—пяти годам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Holy M. Irrigation systems and their role in the food crisis. — ICID, 1982, 31, 2: 4—24, англ.
2. Jensen E. Irrigation in America — today and tomorrow. — Irrigation, J., 1981, 31.4: 28—29, 33, 40, англ.
3. Крупеников И., Подымов Б. Почвы и перспективы развития орошения в Молдавии. — Мелиорация почв Русской равнины. М., 1982: 87—98, 83—245.
4. Зарубаев Н. В., Зонн И. А., Полетаев Ю. Б. Системы локального полива сельскохозяйственных культур малыми нормами. — Обзорная информация № 13, М., 1975, ЦБНТИ Минводхоза СССР, 40—50.
5. Акопов Е., Аразян К. — Основные показатели эффективности капельного орошения многолетних насаждений в условиях Араратской равнины Арм. ССР. — Труды АрмНИИВПиГ. Ереван, 1979, т. 9: 52—62.
6. Ggumeza N. Udaarea localizată, realizării perspective. — An. Inst. Cere. Ing. Tehnol. Irigat. Dren. Bucuresti, 1978, 1: 73—80, рум.
7. Ясониди О. Е., Калинин В. Д. Режим капельного орошения яблоневых садов в Ростовской области. Информационный листок № 296—84, Ростовский ЦНТИ, Ростов-на-Дону, 1984, с. 1—4.
8. Ясониди О. Е. Эффективность использования воды яблоневым садом при различных способах полива. — Ж. «Садоводство», 1984, № 8, с. 32—34.
9. Ясониди О. Е. Капельное орошение. — Ж. «Садоводство», 1978, 8: 34—35.
10. Van der Veken L. et al. Optimization of the water application in greenhouse tomatoes by introduction a tensiometer-controllend drip-irrigation sistem. — Sc. Hort., 18.1.
11. Димов И. Система за напояване в пластмасовите оранжерии. — Градинарство. 1983, 64, 2: 10—13 (болг.).
12. Ясониди О. Е., Борщева В. С. Капельное орошение огурцов в теплицах. — Сборник трудов НИМИ. Новочеркасск, 1984.
13. Ясониди О. Е. Капельное орошение овощей в теплицах. — Экспресс-информация. Серия I, выпуск 9, 1983, стр. 3—9. Орошение и оросительные системы. ЦБНТИ Минводхоза СССР.
14. Gomes de Barreda D. et al. Los rigeros calizados en agrios y frutales. (2)—Levante agr., 1980, 18, 216: 7—15. (исп.).
15. De Malach Y. et al. Dripp irrigation for crop production with brackish water in deserts. — Environm. Sc. Applic. Ser., 1982, 2: 413—423 (англ.).

16. Menzel S. et al. Practical aspects of drip irrigation under olesert conditions. — *Environm. Sc. Applic. Ser.*, 1982, 2:424—430 (англ.).
17. Ollier C. L'arrosage bocalise: — *Genie rural*, 1980, 7:15—19 (франц.).
18. Aldrich T., Schulbach H. Drig irrigation maximising your water dollars. — *Fruct Grower*, 1980, 100, 4:9. 34—35 (англ.).
19. Evans R. Irrigation of orchards in the north-west. — *Irrigat. Assoc. Tech. Conf. Proc.*, 1982, 299—308 (англ.).
20. Irrigazione a doccia: massimo sfruttament delle risorse irrique. — *Terra Vitta*, 1981, 22, 29: 46—48 (итал.).
21. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. — Под редакцией Е. С. Маркова. — М., Колос, 1981: 97—100.
22. Штепа Б. Г. и др. Справочник по механизации орошения. — М., Колос, 1979: 269—290.
23. Howell T. et al. Advancesin in trickle irrigation. — *Irrigat. Challenges of the 89'S*, 1981, 69—94 (англ.).
24. Ясонида О. Е., Калинин В., Бредихин Н. Долговечность и надежность работы систем капельного орошения. — *Сб. статей НИМИ*, 1979, т. 19, вып. 1: 105—109.
25. Vlasaková I., Smatlak I. Bodavá zavlana speciálních plodin. — *Obdni Hospod.*, 1983, 33; 1: 13—17 (чеш.).
26. James L. Sediment deposition patterns in multiple outlet piping systems. — *Irrigat. Assoc. Techn. Conf. Proc.*, 1982; 85—96 (англ.).
27. Shanson W. et al. Sediment transport and deposition in tricle irrigation laterals. — *Trans. ASAE, St. Joseph, Mich.*, 25, 1: 160—164 (англ.).
28. Беляева Т. П. Совершенствование некоторых способов полива в США. Обзорная информация. М., 1975, с. 53.
29. Mensel S. et al. Practical aspects of drip irrigation under desert conditions. — *Environm. Sc. Applic. Sep.*, 1982, 2: 424—430 (англ.).
30. Руководство по проектированию строительства и эксплуатации систем капельного орошения. ВТР—11—28—81. М., 1981, 3—177.
31. Singh S. D. et al. Water economy and saline water use by drip irrigation. — *Agronomy Journal*, 1978, 70, 60: 948—950 (англ.) Индия.
32. Временные технические указания по проектированию, строительству и эксплуатации опытно-экспериментальных систем капельного орошения многолетних насаждений. РН 51.01.07-007 ВТУ. Мелитополь, 1978, с. 9—10; 46—57.
33. Вейсман Е. А., Зонин И. С. Капельное орошение. Реферативный обзор. № 5. М., 1972. ЦБНТИ, Минводхоза СССР, с. 47.
34. Bucks D. A. et al. Trickle irrigation water quality and preventive mainte orance. — *Agricultural water management*, 1979, 2, 2: 149—162 (англ.).
35. Nakayama F. Water analysis and treat ment techniques to control emitter pligging. — *Irrigat., Ass., Conf., Proceed.*, 1982, 1: 97—112 (англ.) США.
36. Gilbert R. et al. Trickle irrigation prevention of clogging. — *Trans ASAE St. Joseph. Mich.*, 1977, 77—2011: 1—23 (англ.) США.
37. Gilbert R. et al. Trickle irrigation preclominant facte ria in treated Colorado river water and biologically clogged emitiors. — *Irrigat. Sc.*, 1982, 3, 2: 123—132 (англ.) США.
38. Ясонида О. Е. и др. Разработка и внедрение капельного орошения яблоневого сада в совхозе «Красный сад». Отчет НИР, НИМИ, Новочеркасск, 1978, с. 35—70.
39. Временные технические указания на проектирование, строительство и эксплуатацию водоочистных фильтров с плавающей загрузкой (ФЗП). Изд. «Тимпул», Кишинев, 1978, с. 1—31.

40. Петрунин В. П. Орошение дождеванием. Учебное пособие. Новочеркасск, 1979, с. 15—81.
41. Рекомендации по технологии капельного орошения молодых насаждений плодовых и ягодных культур в Украинской ССР (на примере системы «Таврия»). Киев, 1983, с. 34—39.
42. Harston I. et al. Atrickle irrigation sistem for frequent application of nitrogen to experimental plots. — Soil Sc. Soc. America J., 1981, 45, 5: 880—882 (англ.).
43. Ясониди О. Е. и др. Система капельного орошения в теплицах. Отчет НИР, НИМИ, Новочеркасск, 1982, с. 17—42.
44. Справочник бригадира-овощевода защищенного грунта. Россельхозиздат, М., 1980, с. 70—72.
45. Временные технические указания на проектирование строительства, эксплуатацию систем капельного орошения садов и виноградников. Издательство «Тимпул», Кишинев, 1981, с. 48—62.
46. Ясониди О. Е. Методика расчета водного баланса и поливного режима при капельном орошении. Новочеркасск, 1979, с. 1—9.
47. Ясониди О. Е. и др. Капельное орошение молодого орехового сада в Ростовской области. Информационный листок № 148—84. Ростовский ЦНТИ, Ростов-на-Дону, 1984, с. 1—4.
48. Ясониди О. Е. и др. Капельное орошение грецкого ореха. Информационный листок № 52-84. Ростовский ЦНТИ, Ростов-на-Дону, 1984, с. 1—4.
49. Ясониди О. Е. и др. Разработка и внедрение автоматизированного поливного режима яблони и вишни. Отчет НИР НИМИ. Новочеркасск, 1980, с. 19—29.
50. Костянов А. Н. Основы мелиорации. Сельхозгиз, М., 1960, с. 65 и 249.
51. Ясониди О. Е. и др. Система капельного орошения в теплицах. Предварительный отчет НИР НИМИ, Новочеркасск, 1983, с. 18—74.
52. Ясониди О. Е. Система капельного орошения в теплицах. Заключительный отчет НИР НИМИ, Новочеркасск, 1984, с. 19—163.
53. Ясониди О. Е. и Гостищев Д. П. Почвенный испаритель. Авторское свидетельство СССР № 492808, опубликовано в бюллетене № 43, 25, 11, 1975.
54. Ясониди О. Е. Почвенный испаритель для определения суммарного водопотребления при подпочвенном и капельном орошении. Сб. Повышение эффективности использования орошаемых земель и прогрессивная техника полива. НИМИ, Новочеркасск, 1980, с. 149—156.
55. Алпатьев С. М. Режим орошения сельскохозяйственных культур на юге Европейской части СССР. Киев, УкрНИИГиМ, 1976, с. 5—27.
56. Инструкция по оперативному планированию полива сельскохозяйственных культур. НТД-33.02.002-82, Киев, 1982, с. 6—19.
57. Справочник садовода. Под редакцией Степанова С. Н. и Дубровы П. Ф. М., «Колос», 1973, с. 428.
58. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации систем внутрипочвенного орошения сточными водами в Украинской ССР. НТД 33.34.001-84. Киев, 1984, с. 12—17.
59. Временные технические указания по гидравлическому расчету полиэтиленовых трубопроводов систем капельного орошения. Издательство «Тимпул», Кишинев, 1980, с. 2, 3—49.
60. Чугаев Р. А. Гидравлика. Энергия, Л., 1971, с. 118—155.
61. Строительные нормы и правила СНиП II-31-74, часть II, глава 31. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР, М., 1975.

62. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных труб. Стройиздат СССР, М., 1973.

63. Маланчук З. Р. Гидравлические расчеты трубопроводов систем капельного орошения. Автореферат диссертации. Минск, 1980, с. 1—25.

64. Тогор L. Concise representation of head loss due to friction in pipe flow. — Agr. Engg. Australia, 1982, 11, 2:20—27 (англ.).

65. Ясонида О. Е., Степанова Н. Г., Матюшкин Н. М. Гидравлический расчет трубопроводов капельного орошения и техника полива. Методические указания. НИМИ. Новочеркасск, 1984, с. 3—10.

66. Ясонида О. Е., Бурдун А. А., Матюшкин Н. М., Зеников И. И. Датчик-эвапориметр. Авторское свидетельство СССР, № 987587, опубликовано в бюллетене № 1, 07.01.1983.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	5
1.1. Источник орошения	5
1.2. Компоновка сооружений водоразборного узла	9
1.3. Очистка оросительной воды	15
1.4. Техническая характеристика сооружений для очистки воды и внесения удобрений	20
1.5. Оросительная сеть	30
1.6. Капельницы	39
2. ВОДНЫЙ БАЛАНС, ТЕХНИКА ПОЛИВА И РЕЖИМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	52
2.1. Водный баланс поля, занятого различными культурами	52
2.2. Элементы техники капельного орошения	58
2.3. Расчет режима и элементов техники капельного орошения	65
2.4. Пример расчета режима капельного орошения	68
3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	72
3.1. Методика гидравлического расчета поливных трубопроводов, предложенная ВНИИМ и ТП	73
3.2. Методика гидравлического расчета трубопроводов капельного орошения, предложенная НИМИ	79
3.3. Расчет насосно-силового оборудования	84
4. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	85
5. СТОИМОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	95

Олег Евстратьевич Ясониди, канд. с-х. наук

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

(Учебное пособие)

Подписано в печать 7.09.84. ПК 10647. Формат бумаги 60x84/16. Объем 5,8 уч.-изд. л. Заказ 0211. Тираж 500 экз. Цена 0-95 к. Адыгблполиграфобъединение управления издательств, полиграфии и книжной торговли Краснодарского крайисполкома, г. Майкоп, Пионерская, 268.