

Министерство образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

К.Н. КРИУЛИН, М.Ю. ПАТРИНА, Ю.Б. ПОЛЕТАЕВ

Орошение дождеванием

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2003

УДК 631.62

Орошение дождеванием: Учебное пособие /Ю.Б. Полетаев, К.Н. Криулин, М.Ю. Патрина; СПб. гос. Политехн. ун-т, 2003, 53 с.

Рассмотрены условия применения, конструкции и принципы работы дождевальных аппаратов, машин и установок, даны рекомендации по выбору типов и определению необходимого количества дождевателей.

Пособие предназначено студентам специальности 320500 инженерно-строительного факультета при изучении ими курса "Мелиорация земель", а также в процессе курсового (IX семестр) и дипломного проектирования.

Содержание.

Введение.....	4
1. Сущность и особенности полива дождеванием.....	6
2. Основные характеристики дождя.....	7
2.1. Интенсивность дождя.....	7
2.2. Крупность капель.....	8
2.3. Равномерность распределения дождя по площади.....	9
3. Классификация дождевальной техники.....	9
4. Дождевальные аппараты	11
5. Стационарные дождевальные системы.....	18
6. Дождевальные установки.....	23
6.1. Комплекты ирригационные КИ-50 и КИ-25 “Радуга”	23
6.2. Шлейф дождевальный ШД-25/300.....	24
6.3. Полосовые шланговые дождеватели.....	26
7. Дождевальные машины.....	28
7.1. Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА.....	28
7.2. Дальнеструйные дождеватели навесные ДДН-70 и ДДН-100.....	31
7.3. Дождеватель колесный широкозахватный ДКШ-64 “Волжанка”	33
7.4. Дождеватель фронтальный ДФ-120 “Днепр”	37
7.5. Дождевальная машина “Фрегат”	39
7.6. Дождевальная машина “Кубань”	42
8. Производительность дождевальных машин и установок.....	45
9. Условия применения дождевания, выбор типа дождевальных машин.....	49

Введение

В Российской Федерации к 1990 году имелось 6,1 млн. гектар орошаемых земель. Мелиорированные земли, занимая 5% земельных угодий, давали до 15% валового производства продукции растениеводства. При этом в стоимостном выражении отдача орошаемого гектара была в 1,5-4 раза выше, чем богарного.

В результате системного кризиса 90-х годов прошлого века и неблагоприятных климатических условий на протяжении 8 лет производство в отрасли существенно снизилось, наблюдалось резкое сокращение объемов финансирования работ по строительству, реконструкции и ремонту оросительных систем. За последнее десятилетие состояние орошаемых земель на значительных площадях ухудшилось, оросительные системы выходят из строя и списываются, теряются высокопродуктивные ценные угодья, их переводят в разряд немелиорированных. За период с 1991 по 1997 годы площади орошаемых земель с хорошим мелиоративным состоянием уменьшились на 29%, с удовлетворительным - на 17%, переведено в разряд немелиорированных 1,3 млн. га орошаемых площадей.

По данным Государственного комитета Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству, общая площадь орошаемых земель на 01.01.2000 года составило около 4,5 млн. гектаров.

Регион	Площадь орошаемых земель, тыс. га
РОССИЯ	4547.2
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ РАЙОН	1705.0
ПОВОЛЖЬЕ	1161.5
НЕЧЕРНОЗЕМНАЯ ЗОНА	484.0
УРАЛЬСКИЙ РАЙОН	332.9
ПРОЧИЕ РАЙОНЫ	863,8

Около 80 % всех оросительных систем построено до 1986 года. Оросительные системы на площади 2,5 млн. га требуют комплексной реконструкции, и на 1,9 млн. га - капитального ремонта. В наличии имеется 29 тыс. дождевальных машин из 47 тыс. единиц, предусмотренных проектами, причем 70% - с истекшим сроком эксплуатации. На площади более 600 тыс. га требуется создание или восстановление дренажной сети. Ежегодно поливается только 2,5-2,7 млн. га земель, имеющих оросительную сеть. Состояние поливного оборудования в настоящее время характеризуется почти полным разрушением закрытых оросительных систем и 90 % износом открытых. На 2001-2002 годы приходится пик окончательного разрушения ороси-

тельного оборудования производства 80-х годов.

В соответствии с проектом Федеральной программы повышения плодородия почвы в России основной задачей на период до 2005 года является реконструкция и надежная эксплуатация существующих оросительных систем, увеличение поливаемой площади, намечена реконструкция и восстановление оросительных систем на площади 400 тыс. га. Строительство и переустройство закрытого дренажа на орошаемых землях требуется провести на площади 15 тыс. га, замена существующих трубопроводов будет проведена на протяжении 6 тыс. км. Наибольшие объемы работ по реконструкции и восстановлению оросительных систем предусматривается на Северном Кавказе и в Поволжье.

Специальным направлением в ресурсном обеспечении программы является расширение производства и поставка дождевальной техники, производство которой упало до 10-20 % от уровня 1991 года. В настоящее время за пределами России оказалось более 60 % производственных мощностей по производству дождевальной техники и насосно-силового оборудования (по сравнению с 1991 годом). В связи с этим, планируется восстановление мощностей по производству дождевальной техники на заводах в Волгограде, Казани, Ставрополе, Омске, Котельникове и Кротокине.

1. Сущность и особенности полива дождеванием.

При орошении дождеванием имитируется природный процесс увлажнения почвы, воздуха и листьев растений дождями. Искусственные дожди создаются с помощью специальных насадок - дождевальных аппаратов, разбрызгивающих воду.

Дождевание имеет целый ряд преимуществ перед наземными самотечными способами полива, а именно:

- при правильно выбранных характеристиках дождя не разрушается структура почвы, не требуется ее послеполивная обработка;
- возможны поливы относительно малыми поливными нормами, т.е. более точное регулирование влажности почвы;
- увлажняется не только почва, но и воздух, очищаются от пыли листья растений, что благоприятно сказывается на развитии большинства сельскохозяйственных культур (за исключением виноградников и томатов, которые любят сухой воздух);
- увеличивается урожайность и качество сельхозпродукции;
- могут практически отсутствовать потери воды на глубинные утечки;
- дождевание осуществимо при любых уклонах и сложном рельефе местности, на землях с близким залеганием минерализованных грунтовых вод;
- не требуется устройства полос и борозд, может полностью отсутствовать временная оросительная сеть;
- дождевание позволяет повысить производительность труда поливальщиков и качество полива; механизировать, а иногда и полностью автоматизировать поливы;

К недостаткам этого способа орошения относятся:

- значительные затраты энергии (механической или электрической) и металла - основного материала, используемого в системах дождевания;
- снижение качества или прекращение полива при сильном ветре,
- опасность побивания молодых растений крупными каплями,
- значительные потери воды на испарение в жаркие и сухие периоды лета.

Учитывая перечисленные достоинства и недостатки дождевания, можно сделать следующие выводы:

- дождевание не экономично в аридной зоне с ее жарким сухим климатом, а также при поливе виноградников и томатов;
- дождевание наиболее эффективно в районах периодической засухливости (относительно малые потери на испарение и необходимое число поливов); на землях

со сложным рельефом; на сильнофильтрующих, просадочных и слабозасоленных грунтах; при близком залегании минерализованных грунтовых вод.

2. Основные характеристики дождя.

2.1. Интенсивность дождя.

Истинной, или мгновенной интенсивностью дождя называется приращение слоя осадков в единицу времени $p_t = dh/dt$. Для естественных дождей эта величина меняется в очень широких пределах: от тысячных долей миллиметра до более, чем 10мм/мин (ливни).

Искусственные дожди создаются дождевальными установками с постоянным во времени расходом, и в этом случае основной характеристикой является средняя интенсивность - отношение среднего слоя осадков на площади F , орошаемой установкой, ко времени t работы машины на данной площади $p = h_{cp} / t$.

Для машин позиционного действия

$$p = \frac{60 \cdot Q}{F} \quad (2.1)$$

где Q - расход дождевальной машины, л/с; F - площадь, орошаемая машиной на позиции, m^2 ; p - мм/мин.

Для машин, работающих в движении, и вращающихся струйных дождевальных аппаратов очень важными характеристиками являются также слой осадков за один проход машины или один оборот аппарата h_{cp1} (мм), которые равны соответственно

$$h_{cp1} = \frac{60 \cdot Q}{v \cdot b}; \quad \text{и} \quad h_{cp1} = \frac{60 \cdot Q}{\pi \cdot R^2 \cdot n}. \quad (2.2)$$

где v - скорость движения машины, м/мин; b - ширина ее захвата, м; R - расчетный радиус действия аппарата, м; n - скорость его вращения, об/мин.

Величины p и h_{cp1} должны быть такими, чтобы на поверхности почвы не образовывались лужи, в которых размокают и разрушаются почвенные агрегаты. Допускаемая величина h_{cp1} , устанавливается обычно опытным путем, а величина p должна удовлетворять условию

$$p \leq v_t,$$

где v_t - скорость впитывания в конце полива.

Таким образом, допускаемая интенсивность дождя зависит от проницаемости почвогрунтов и в меньшей степени - от длительности полива, т.е. поливной нормы m . На тяжелых по проницаемости почвогрунтах (при средних величинах m) желательно использовать машины с интенсивностью не более $0,1 \div 0,2$; на средних - $0,2 \div 0,5$; на легких - $0,5 \div 0,8$ мм/мин.

2.2. Крупность капель.

Диаметры капель естественных дождей составляют обычно от нескольких десятых до $5 \div 8$ мм (в начале грозы). Более крупные капли при скорости их падения порядка $6 \div 8$ м/с не достигают земли, разрушаясь в воздухе.

Крупные капли могут побивать растения, разбивать почвенные агрегаты, уплотнять почву. Расщепление дождевых струй на очень мелкие капли требует больших затрат энергии, кроме того мелкие капли имеют относительно большую суммарную поверхность и теряют больше воды на испарение при своем полете в воздухе. С учетом всех этих обстоятельств оптимальными в дождевании считаются капли размером $1 \div 2$ мм, но в любом случае не больше 3 мм.

Вылетающая из дождевального аппарата струя в общем случае может состоять из трех частей: компактной (сразу за выходом воды из насадка, имеет цилиндрическую форму сечения); раздробленной (струя постепенно насыщается воздухом и увеличивает размеры сечения) и расщепленной (под действием сопротивления воздуха, центробежных и прочих сил струя распадается на капли). Относительная длина этих частей зависит главным образом от начальной скорости вылета струи v_0 , то есть от напора H ($v_0 = \varphi \sqrt{2gH}$), и от диаметра насадки d . При малых v_0 (H) и больших d струя может быть компактной до падения на землю. По мере увеличения величины H/d компактная часть струи будет сокращаться, и струя будет достигать земли уже расщепленной, но пока только на крупные капли. При очень больших величинах H/d струя может уже на выходе из насадка сразу распадаться на мелкие капли.

Приближенно крупность самых больших капель распавшейся дождевальной струи может быть найдена по эмпирической формуле

$$d_k = A \sqrt{\frac{d}{H}} \quad (2.3)$$

где A - эмпирический “коэффициент”, мм (по некоторым данным $A \approx 100$ мм).

Опыт эксплуатации дождевальных установок и наблюдения за их работой показывают, что растения не побиваются дождем, если выполняется условие $H/d \geq (2600 \div 1500)$. При этом первая цифра относится к цветам, а вторая - к травам как наиболее устойчивым по отношению к крупным каплям.

2.3. Равномерность распределения дождя по площади.

Наиболее простой характеристикой равномерности увлажнения является коэффициент равномерности $k_{\text{равн}} = h_{\text{ср}}/h_{\text{макс}}$, где $h_{\text{макс}}$ - максимальный слой осадков, зафиксированный в какой-либо части увлажняемой дождевальной установкой площади. Если величина $h_{\text{ср}}$ может быть определена расчетным путем, то $h_{\text{макс}}$ устанавливается с помощью дождемеров.

Допускаемые коэффициенты равномерности искусственных дождей нормами не регламентируются, однако желательно иметь эти коэффициенты не ниже $0,7 \div 0,8$.

3. Классификация дождевальной техники.

Парк дождевальной техники, использовавшейся в отечественной практике, насчитывает десятки наименований. Есть много признаков, по которым можно классифицировать все многообразие известных аппаратов и машин. Приведем лишь некоторые наиболее важные из них.

По принципу создания дождя различают дождевальные аппараты:

- с принудительным разрушением струи - струя разрушается сразу за выходом из сопла (например, при ударе о преграду);
- со свободным разрушением струи - распад на капли происходит естественным путем, главным образом, за счет сил сопротивления воздуха;
- с комбинированным разрушением струи - преграда периодически вносится в струю или разрушает только часть струи.

По дальности полета струи дождеватели подразделяются на:

- короткоструйные - дальность полета струй до 10 м (обычно с принудительным их разрушением);

- среднеструйные (до 30÷40м);
- дальнеструйные (свыше 40м).

По крупности капель дождевальные аппараты могут быть:

- обычными - капли диаметром несколько миллиметров;
- мелкодисперсными (аэрозольными), которые распыляют воду до состояния тумана (капли диаметром около 500микронов).

Отечественные аэрозольные установки обычно имеют в своем составе газотурбинные двигатели (например, выработавшие ресурс авиационные моторы) и форсунки различных конструкций. Аэрозольное дождевание применяется для полива чайных плантаций, а также садов, ягодников, овощных и других ценных культур в периоды сильных засух и суховеев для снижения температуры листьев растений.

По характеру работы классифицировать дождевальную технику довольно сложно, эти классификации в известной степени условны, но можно выделить:

- дождевальные аппараты - устанавливаются на отдельных гидрантах и орошают определенную площадь самостоятельно.
- дождевальные установки - могут иметь разборные дождевальные крылья (трубопроводы с дождевателями), переносимые с позиции на позицию вручную, или целиком перемещаться на новые позиции трактором, обслуживающим обычно несколько таких установок.
- дождевальные машины - имеют собственный механический, электрический или гидравлический привод.

Дождевальные аппараты могут работать на позиции:

- непрерывно;
- импульсно, с короткими паузами.

В последнем случае речь идет о так называемой “дождевальной пушке”, где имеется специальный резервуар, в котором постепенно накапливается вода, и при повышении давления до определенного уровня происходит “выстрел”. По мере падения давления в резервуаре уменьшается дальность полета струи, затем выброс воды заканчивается и начинается ее накопление к следующему выбросу. Отечественные системы АИДА - 1,2 (автоматические импульсные дождевальные аппараты), КСИД-10; ДИ-15, позволяют значительно уменьшить диаметры подводящих закрытых трубопроводов, но малопроизводительны и практически не используются.

Различают дождевальные машины:

- позиционного действия (привод используется для смены позиции);

- работающие в движении.

Дождевальные машины и установки могут перемещаться:

- фронтально (перемещаются перпендикулярно длинной стороне машины);
- продольно (вдоль длинной стороны);
- по кругу (вращаются вокруг центральной опоры с гидрантом).

Дождевальные машины разделяются на:

- широкозахватные (многоопорные);
- с ограниченной площадью полива.

4. Дождевальные аппараты (ДА).

Среди аппаратов с принудительным разрушением струи наиболее распространены дефлекторные насадки, в которых вылетающая из сопла струя разрушается при ударе о преграду, например, в виде конуса (рис. 4.1). На выходе из аппарата

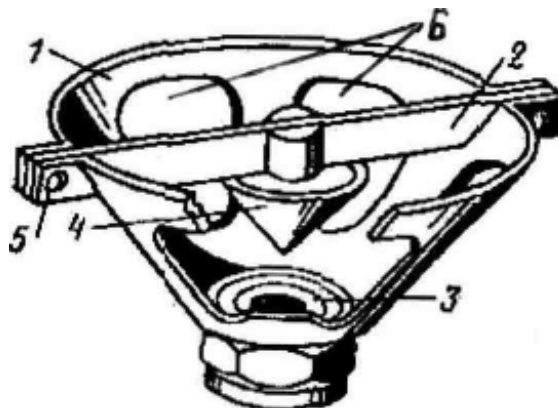


Рис. 4.1 Короткоструйная дефлекторная насадка КДУ.

1 - корпус, 2 - планка, 3 - сменное сопло; 4 - конусный дефлектор, 5 - штифт, 6 - окна для подсоса воздуха и срыва вакуума под струей

та образуется сплошная веерообразная пленка, которая затем распадается на отдельные капли диаметром около 1мм. Дефлекторные насадки КДУ имеют сменные сопла диаметром 8÷15 мм; при напорах 7÷15 м их расходы составляют 0,6÷2,4 л/с, радиус действия - 5÷8,5 м. Недостатком насадок КДУ является довольно высокая интенсивность дождя - 0,7÷1,1 мм/мин. КДУ могут использоваться как самостоятельные дождеватели в стационарных системах, например, в парках, садах, теплицах, а также входить в состав дождевальных машин.

Кроме дефлекторных насадок существуют щелевые (струя разрушается, проходя через узкую щель), центробежные (поток в насадках закручивается по спирали и сразу за выходом разрушается центробежными силами) и другие.

Средне- и дальнеструйные аппараты с естественным разрушением струи

обычно вращаются вокруг вертикальной оси и орошают (при отсутствии ветра) круг радиусом равным дальности полета струи, измеряемой по самым дальним каплям.

По механизму вращения ствола различают следующие ДА:

- коромысловые и с пружинными рассекателями,
- реактивные,
- с активной гидравлической турбинкой,
- с приводом от двигателя дождевальной машины.

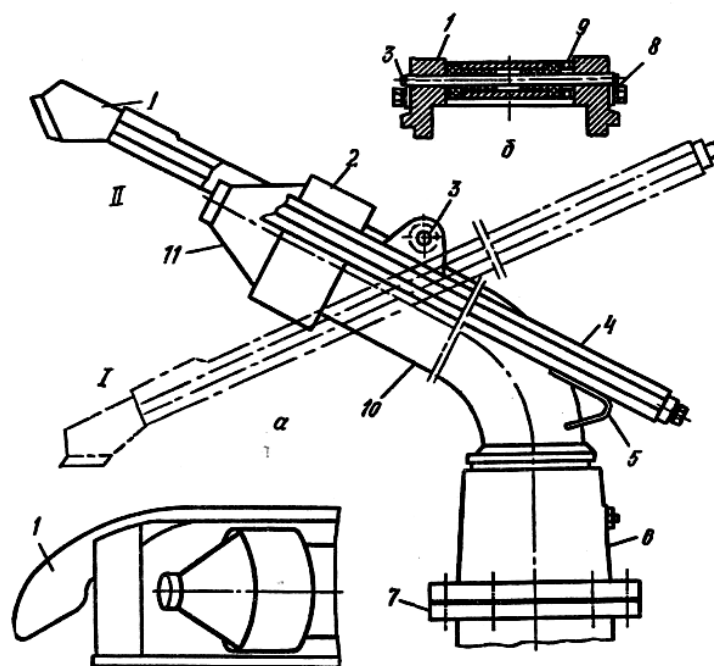


Рис. 4.2. Дождевальная установка ДА-2:

- а—общий вид; б—сечение крепления в плоскости качения коромысла;
 I—коромысло при нижнем положении лопатки;
 II—коромысло при верхнем положении лопатки;
 1—лопатка; 2—накидная гайка; 3—ось качения; 4—коромысло; 5—противовес;
 6—корпус; 7—присоединительный фланец; 8—стопорная пластина;
 9—регулирующая шайба; 10—ствол; 11—насадка

К коромысловым аппаратам относится дальнеструйный дождеватель ДА-2 (рис. 4.2). Качающееся коромысло дождевателя имеет на заднем конце противовес, который за счет своего веса поднимает переднее плечо коромысла с закрепленной на нем разбрызгивающей лопаткой и вводит ее в струю; лопатка входит в струю под некоторым углом к оси в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Ударом струи по лопатке коромысло отклоняется вниз на угол до 120° от оси струи, при этом ствол поворачивается на угол $2 \div 5^\circ$ в горизонтальной плоскости. В момент удара по разбрызгивающей лопатке струя разрушается, орошая территорию вблизи аппарата.

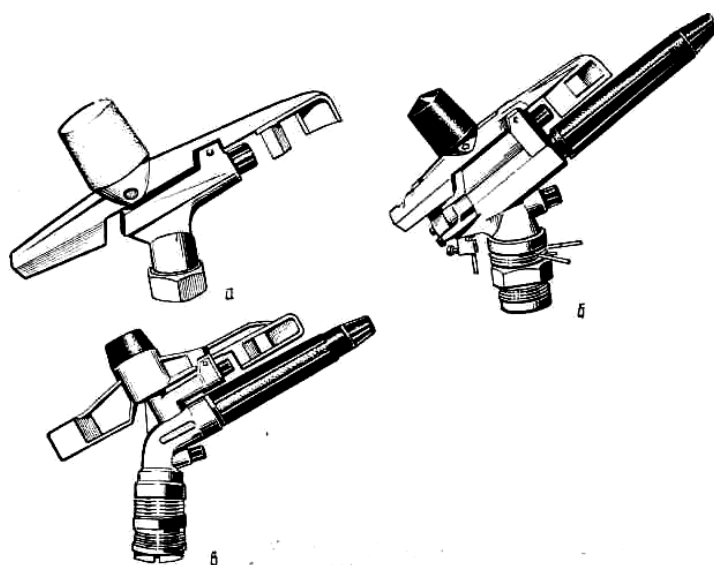


Рис. 4.3 . Дождевальные аппараты: а - «Роса-1»; б - «Роса-2»; в - «Роса-3».

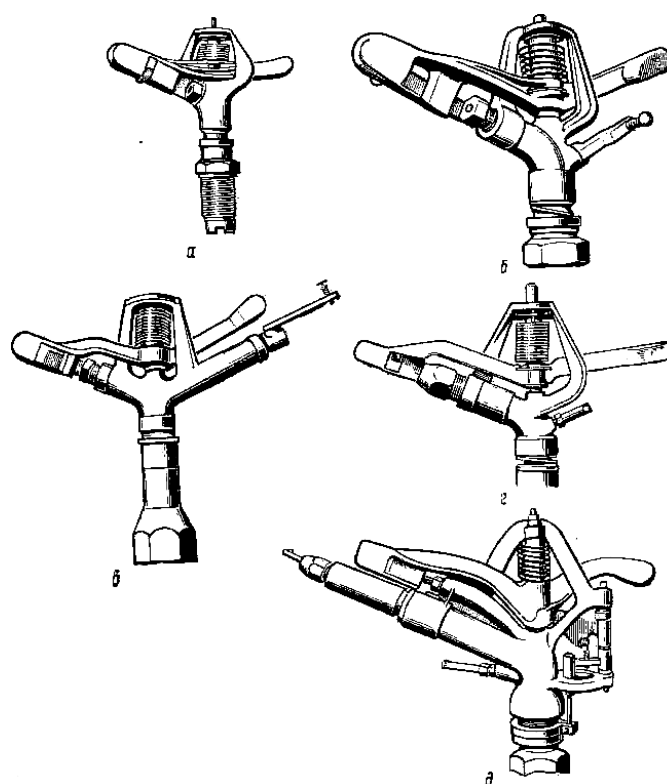


Рис. 4.4. Дождевальные аппараты машины «Фрегат»:
а — № 1; б — № 2, в — № 3; г - № 4; д — концевой.

Самой многочисленной группой дождевателей являются аппараты с пружинными рассекателями. К этой группе относятся среднеструйные аппараты «Роса»-1,2,3 (рис.4.3); ДКШ-64; «Фрегат»-1,2,3,4 (рис.4.4) и некоторые другие. В отличие от коромысла рассекатель колеблется в горизонтальной плоскости: ударом струи по криволинейной лопатке рассекатель отклоняется в сторону, но под действием возвратной пружины снова входит в струю, ударяя по стволу аппарата и поворачивая его на не-

который угол.

Дождеватели с коромысловыми и пружинными рассекателями вращаются небольшими рывками со средней угловой скоростью около $0,25 \div 0,5$ оборота в минуту, так чтобы линейная скорость перемещения конца струи не превосходила 2м/с. При большей скорости вращения существенно уменьшается дальность полета струи.

Плавное вращение ствола обеспечивается в реактивных аппаратах (карусельный дождеватель «Тимирязевец») и дождевателях типа ДД с гидравлической турбинкой. В первых из них (рис. 4.5) за счет асимметрии сопла в горизонтальной плоскости струя отклоняется от оси ствола на 3° , создавая реактивное усилие, достаточное для вращения аппарата с частотой до $0,5 \div 1$ оборота в минуту. В реактивных дождевателях отсутствуют механически взаимодействующие, соударяющиеся части, что повышает надежность их работы, однако искривление струи на выходе ведет к некоторому снижению дальности полета струи.

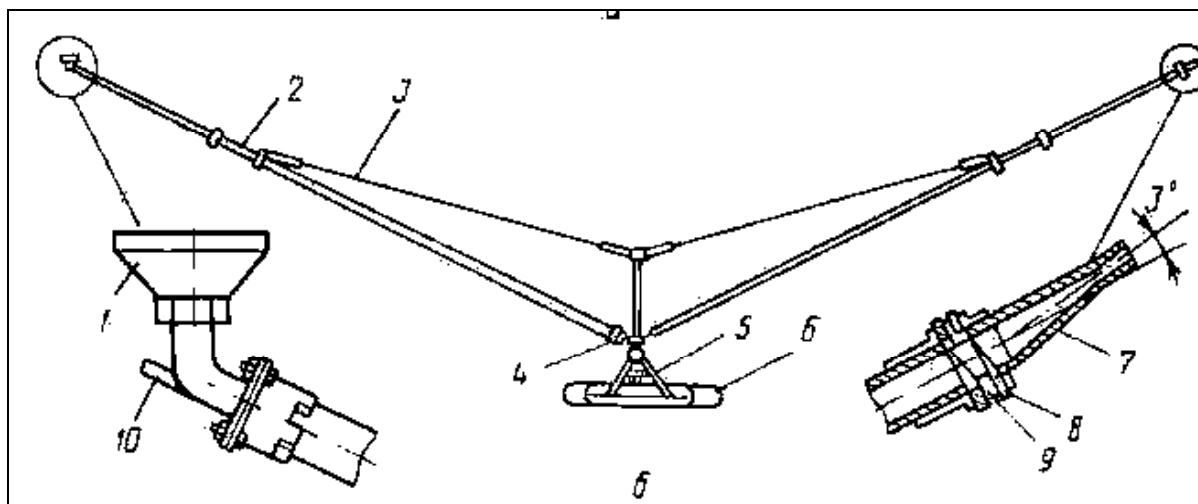


Рис. 4.5. Карусельный дождеватель «Тимирязевец»:
1 - дефлекторная насадка; 2 - ствол; 3 - растяжка; 4 - корпус дождевателя;
5 - основание; 6 - труба шлейфа; 7 - сопло; 8 - переходник; 9 - косая шайба;
10 - дополнительное сопло

Дальнеструйные дождеватели ДД подразделяются на односопловые - ДД-15,30 (рис. 4.6) и двухсопловые - ДД-50,80 (рис. 4.7). Наиболее распространенные аппараты ДД-30 имеют механизм вращения, состоящий из трех червячных редукторов и турбинки, погружаемой лопатками в струю на глубину $7 \div 10$ мм. Изменяя эту глубину, можно регулировать скорость вращения ствола и количество дождя вблизи аппарата, образующегося при разрушении лопатками части струи.

Технические характеристики рассмотренных аппаратов приведены в табли-

цах 4.1-4.3. Данные по аппаратам “Тимирязевец” и вращающимся от двигателя трактора дальнеструйным дождевателям навесным ДДН будут приведены ниже.

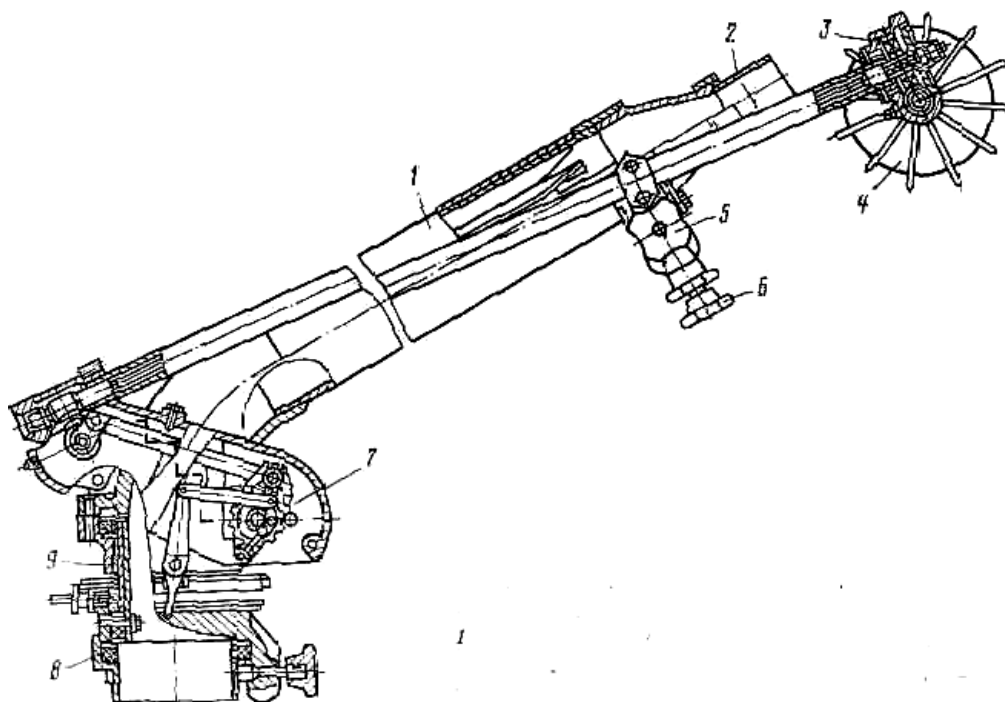


Рис. 4.6. Дальнеструйный дождевательный аппарат ДД-30:
1 - ствол; 2 - сопло; 3 - червячный редуктор; 4 - турбинка; 5 - стопорный винт;
6 - регулировочный винт; 7 - механизм привода; 8 - основание; 9 – упор.

Большинство аппаратов с естественным разрушением струи имеет угол наклона сопла к горизонту близкий к 30^0 , т.е. при проходе воды от вертикального ствола к соплу поток поворачивает на 60^0 . Довольно крутой поворот трубы вызывает образование в потоке вторичных винтообразных течений, центробежные силы в которых способны быстро разрушить струю и резко уменьшить радиус действия аппарата. Поэтому сразу за поворотом ствола целесообразно ставить пластинчатые или иной конструкции выпрямители, препятствующие развитию вторичных течений. Несмотря на некоторые дополнительные потери напора в выпрямителях, дальность полета струи оказывается больше, чем при их отсутствии.

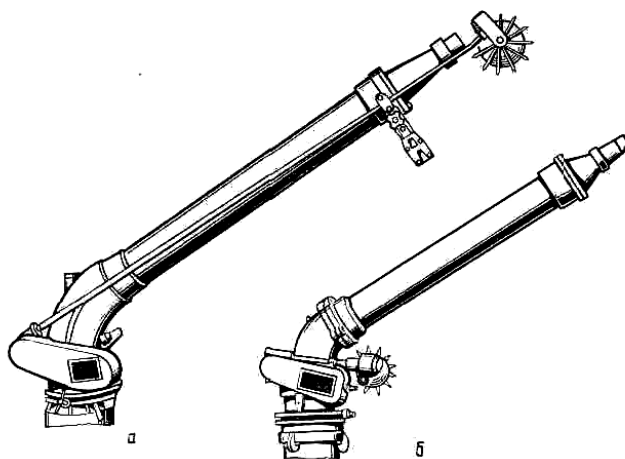


Рис. 4.7. Дальнеструйные дождевальные аппараты ДД-50 (а) и ДД-80 (б).

Таблица 4.1.

Технические характеристики среднеструйных дождевальных аппаратов.

Параметры	Роса-1	Роса-2	Роса-3	ДКШ-64
Расход, л/с	0,45÷1,25	1÷3,4	2,5÷9,5	1
Напор, м	20÷50	20÷50	25÷60	35÷40
Дальность полета струи, м	13÷21	15÷28	23÷35	18÷23
Интенсивность дождя (без учета перекрытий), мм/мин	~0,052	~0,084	0,09÷0,15	0,053÷0,059
Частота вращения, об/мин	0,25÷0,5	0,25÷0,5	0,25÷1,0	0,5÷0,75
Диаметры насадков, мм				
Основного	6÷8	5÷9	10÷18	7
Вспомогательных	-	7 и 4	7 и 4	3

Таблица 4.2.

Технические характеристики ДА “Фрегат”.

Параметры	№1	№2	№3	№4	Концевой
Расход, л/с	0,09÷ 0,57	0,28÷ 1,0	0,82÷ 2,75	2,16÷ 3,9	5,4÷ 14,2
Дальность полета струи, м	11÷13	13÷17	14÷16	20÷30	32÷36
Интенсивность дождя, мм/мин (без учета перекрытий),	0,077 ÷0,092	0,045÷ 0,06	0,06÷ 0,094	0,08÷ 0,1	0,1÷ 0,22
Частота вращения, об/мин	0,75÷	0,25÷	0,25÷	0,25÷	-

	1,0	0,5	0,5	0,5	
Диаметры насадков, мм					
основного	2,8; 3,2	3,6÷5,6	5,6÷9,5	9,5÷11,9	12,7÷17,5
вспомогательных	-	2,4; 3,2	4,3÷5,6	5,6	6,3÷9,5

Таблица 4.3

Технические характеристики дальнеструйных дождевальных аппаратов.

Параметры	ДА-2	ДД-15	ДД-30	ДД-50	ДД-80
Расход, л/с	11÷20	5÷15	15÷30	38÷55	55÷85
Напор, м	50÷60	50÷60	50÷60	50÷70	50÷70
Дальность полета струи, м	35÷45	35÷50	40÷60	45÷70	55÷80
Интенсивность дождя, мм/мин (без учета перекрытий)	0,17÷ 0,19	0,07÷ 0,11	0,11÷ 0,12	0,13÷ 0,20	0,20÷ 0,24
Частота вращения, об/мин	0,35÷ 0,5	0,15÷ 0,2	0,15÷ 0,2	0,2	0,2
Диаметры насадков, мм					
Основного	22÷28	16÷26	26÷34	32÷40	40÷52
Вспомогательных	-	-	-	16	16
Характер работы	по кругу	по кругу и сектору			

Для того, чтобы аппарат кругового действия обеспечивал равномерное увлажнение орошаемого им круга, количество дождя должно увеличиваться пропорционально удаленности от аппарата (рис. 4.8). В этом случае в любой точке круга радиусом R (м) за время полива $t_{\text{п}}$ (мин) слой осадков составит $h_{\text{ср}}=60 \cdot Q \cdot t_{\text{п}} / \pi R^2$.

Для получения эпюры распределения осадков близкой к желательной в средне- и дальнеструйных аппаратах используют обычно 2-3 сопла различных диаметров. Насадки меньшего диаметра с относительно малыми расходами и дальностью полета струи обеспечивают осадки во внутренней части круга. Кроме того, как уже отмечалось, на одном из насадков может быть установлен рассекаТЕЛЬ или турбинка для орошения земель у самого аппарата.

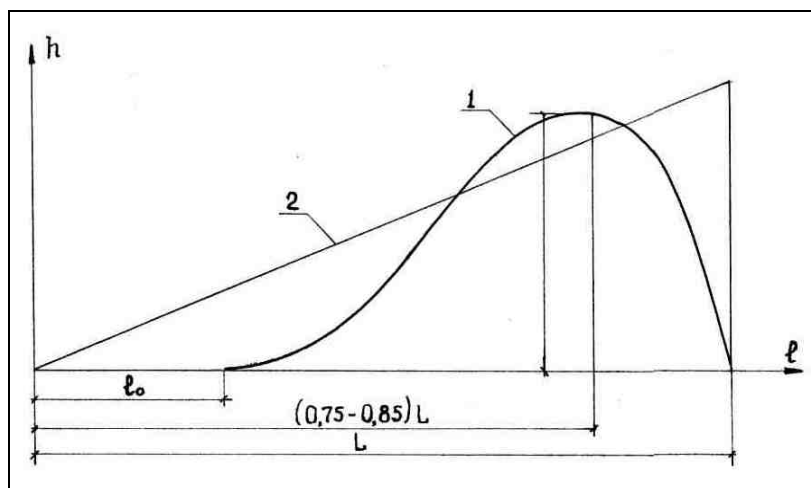


Рис.4.8 Эпюра распределение осадков по длине естественно разрушающейся струи (для вращающихся аппаратов): 1- действительное; 2 -желательное.

Примерный характер распределения осадков по длине струй дождевателя №2 машины "Фрегат"с двумя соплами и рассекателем представлен на рис. 4.9; где два больших "горба" №1 и №2 создаются соплами разного диаметра, горб №3 обеспечивается рассекателем и малый горб №4 - специальным винтом, разрушающим часть струи из сопла малого диаметра. Максимальный слой осадков выпадает на расстоянии $(0,75-0,85)R$; действительная эпюра может быть в первом приближении аппроксимирована треугольником 5.

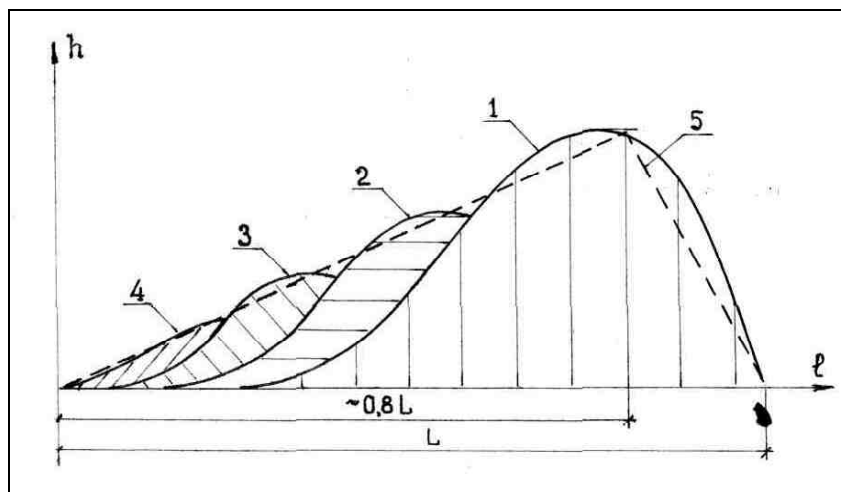


Рис.4.9.Распределение осадков по длине струи дождевателя №2 машины "Фрегат"

5. Стационарные дождевальные системы.

В стационарных и полустационарных системах позиции дождевальных аппа-

ратов фиксируются гидрантами на закрытой оросительной сети. Эти позиции можно размещать по разным схемам: в вершинах квадратов, треугольников или производить так называемый секторный полив.

Для выбора расстояний между позициями при поливе по квадратам (рис. 5.1) рассмотрим точку A , наиболее удаленную от четырех смежных позиций дождевателей. Поскольку в этой точке выпадает дождь со всех четырех позиций, с каждой из

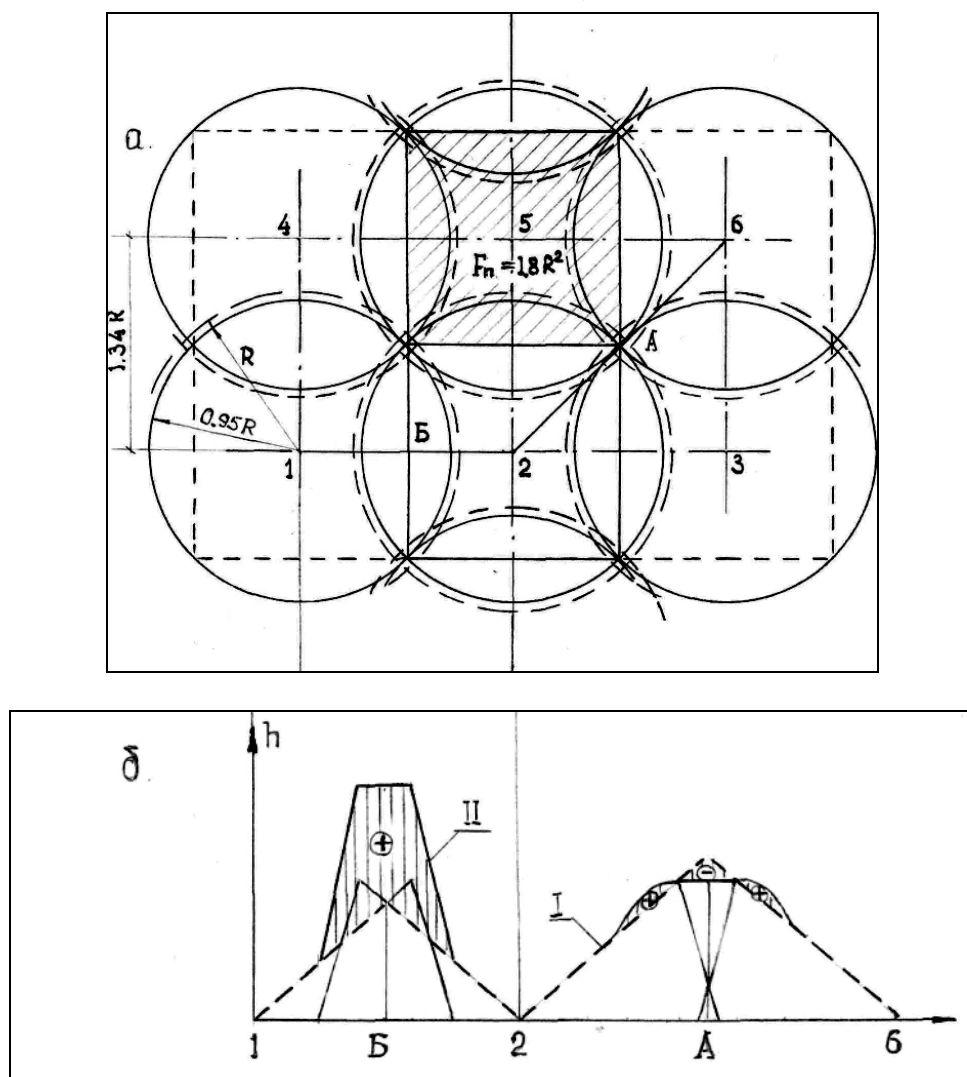


Рис.5.1. Круговой полив по квадратам:
а- план размещения дождевателей,
б - слой осадков, необходимый для равномерного увлажнения площади (I)
и действительный с учетом перекрытия позиций (II)

них достаточно получить, например, $0,25h_{\text{макс}}$, т.е. точка A может находится на расстоянии $0,05R$ от конца действия аппарата или на $0,95R$ от него самого. Таким образом, длины диагоналей квадратов равны $1,9R$, а стороны квадратов $a=1,34R$. Площадь такого квадрата, т.е. площадь позиции с учетом перекрытий составляет

$1,8R^2$.

Данная схема хорошо вписывается в правильные, прямоугольной формы участки, но имеет очень большие зоны перекрытий. Эти зоны составляют около половины всей площади и получают слой осадков выше среднего, а некоторая их часть - даже $2h_{\text{ср}}$. Для иллюстрации этого факта на рис. 5.1(б) построена эпюра распределения осадков по прямой, соединяющей соседние позиции.

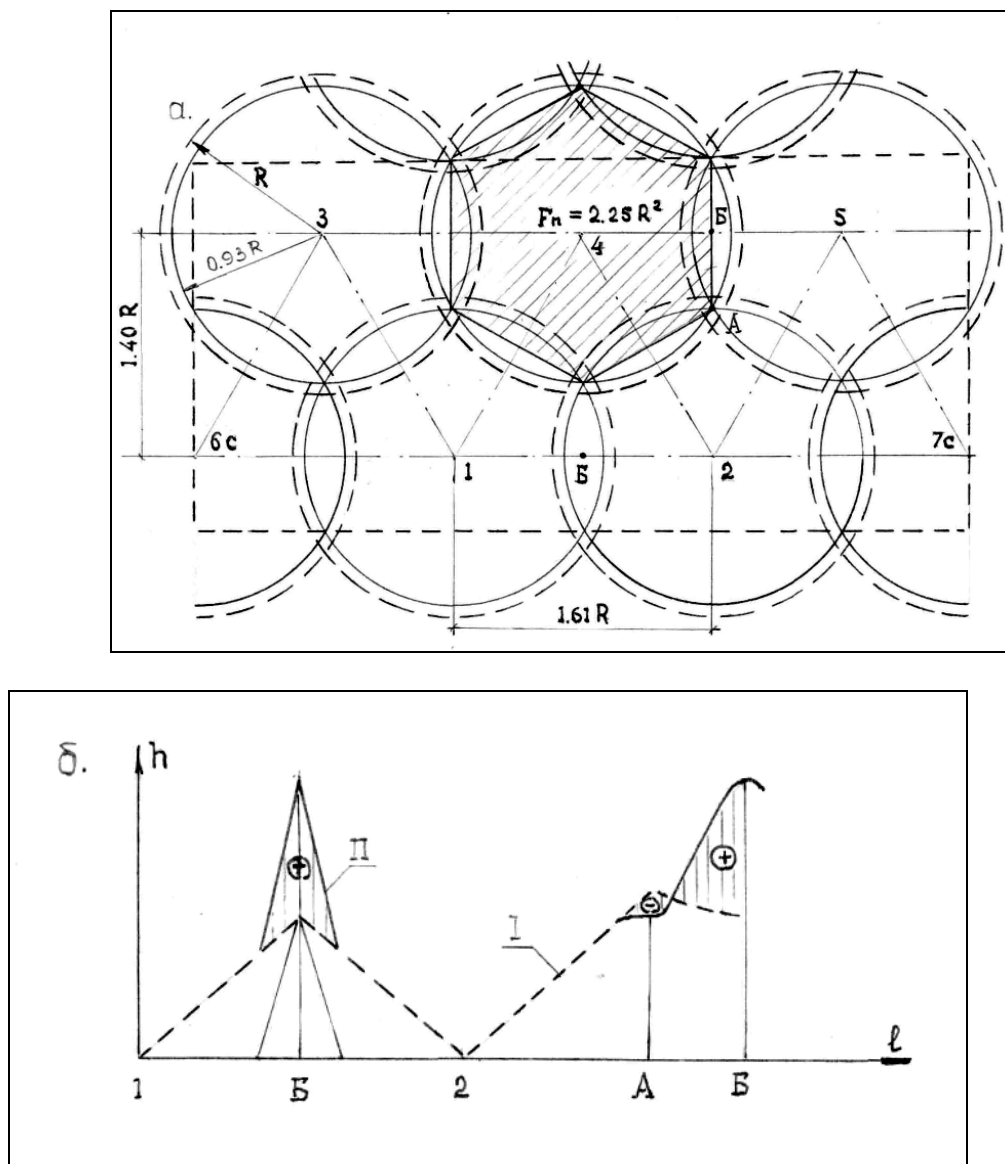


Рис.5.2. Круговой полив по треугольникам:
а- план размещения дождевателей,
б - слой осадков, необходимый для равномерного увлажнения
площади (I) и действительный с учетом перекрытия позиций (II)

Примерно в два раза сокращается площадь зон перекрытий при поливе по треугольникам (рис. 5.2). Расчетный радиус позиции уменьшается до $0,93R$ (точка А

получает воду от трех смежных дождевальных аппаратов), но ее площадь возрастает до $2,25R^2$. При поливе по треугольникам на границах с неорошаемыми землями или остаются неполиваемые “пятна”, или приходится поливать земли, которые этого не требуют. Этот недостаток можно устранить, если дополнить круговой полив секторным на границах орошаемых земель.

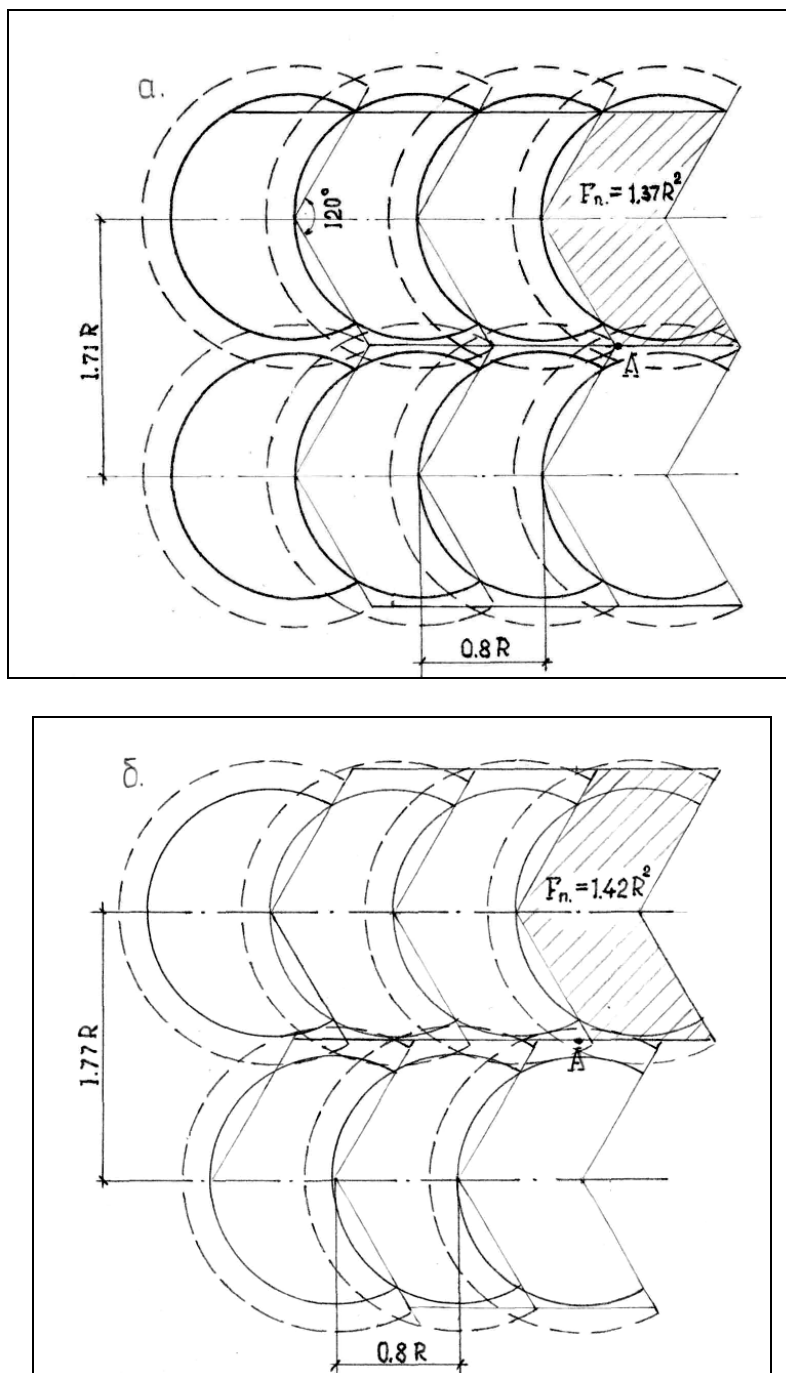


Рис. 5.3. Секторный полив по квадратам (а) и треугольникам (б).

При секторном поливе, который осуществляется путем включения специального приспособления на дождевателе, существенно уменьшается площадь полива с одной позиции - до $1,4R^2$ и увеличивается необходимое число гидрантов. Площадь

зон перекрытий несколько возрастает по сравнению с предыдущей схемой, однако переполив в этих зонах уменьшается. Кроме того, если секторы ориентировать в направлении господствующих ветров, то полив можно производить при скорости ветра до 3-5 м/с (для кругового полива допустимыми считаются 2-3 м/с). Следует заметить, что при секторном поливе интенсивность дождя возрастает в 1,5 раза по сравнению с круговым поливом - с цифрами, приводимыми в технических характеристиках аппаратов.



Рис. 5.4. Общий вид стационарной дождевальной системы в работе.

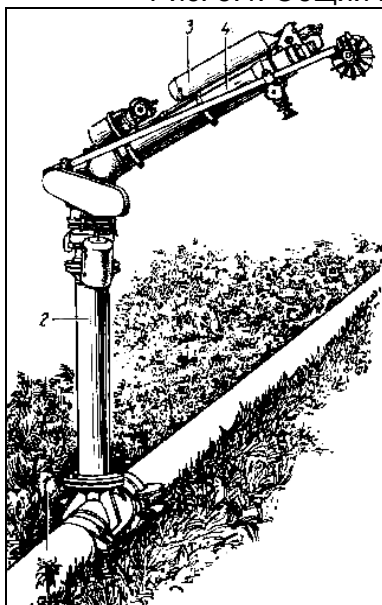


Рис. 6.2. . Дождевальный аппарат ДД-30 на трубопроводе:

1 - трубопровод; 2 - стояк; 3 - затвор; 4 – дождевальный аппарат ДД-30.

Все описанные схемы могут использоваться также при орошении дождевальными машинами кругового действия, например, типа ДДН.

6. Дождевальные установки.

6.1. Комплекты ирригационные КИ-50 и КИ-25 “Радуга”.

В состав комплекта КИ-50 входят (рис.6.1):

- передвижная насосная станция СНП-50/80;
- система наземных трубопроводов из быстроразъемных алюминиевых труб с рычажными “замками” (диаметр труб 150 и 125 мм, общая длина около 1600 м);
- различная арматура (переходники; присоединительные патрубки, гидранты, заглушки);
- четыре дождевальных крыла $d=110$ мм длиной по 126 м с 4 среднеструйными дождевальными аппаратами “Роса-3” на каждом из них.

К каждому из двух распределительных трубопроводов РТ-125 подвешивается по два дождевальных крыла: когда одно из них работает, второе разбирается, переносится и монтируется на следующей позиции. После орошения всего квадрата ($288 \times 288 \text{ м}^2$) вокруг каждого распределительного трубопровода, они перемещаются вдоль магистрали на соседние позиции. Затем весь процесс повторяется. Расход крыла равен 23,6 л/с и всей установки - 47,2 л/с, с одной позиции крыло поливает площадь (с учетом перекрытий с соседних позиций) 0,52га ($36 \times 144 = 5180 \text{ м}^2$) при интенсивности дождя до 0,27 мм/мин (без учета потерь на испарение). Общая площадь, которая может поливаться комплектом КИ-50, составляет около 50 га.

При поливе садов и высокостебельных культур аппараты “Роса-3” с помощью треног и стоек поднимаются на высоту 1,2 м над землей. Для внесения в поливную воду жидких минеральных удобрений или ядохимикатов в начале каждой распределительной линии может подключаться гидроподкормщик.

Даже при относительно малой поливной норме $m=300 \text{ м}^3/\text{га}$ и без учета потерь воды на испарение время работы крыла на позиции составляет не менее двух часов, и двое рабочих легко справляются с обслуживанием всего комплекта. При указанной поливной норме и двухсменной работе полив всей площади (даже с учетом его замедления при значительных потерях на испарение) занимает не более 3 суток.

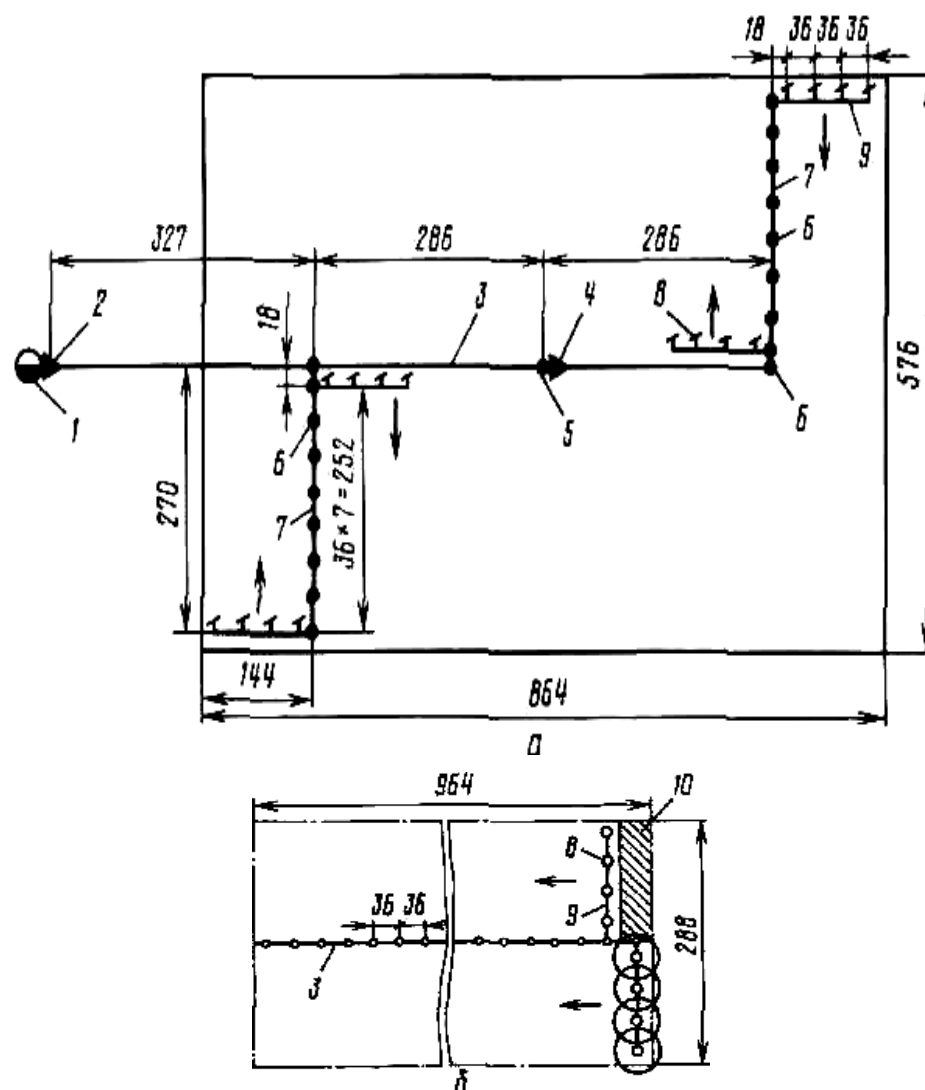


Рис. 6.1. Схема комплекта КИ-50 (а) и технологическая схема работы КИ-25 (б):

- 1 - насосная станция (СНП-50/80); 2 - переходник 180х150 мм;
- 3 - магистральный трубопровод; 4- переходник 150х125 мм;
- 5,6 - трубы-гидранты диаметром 150 и 125 мм;
- 7- распределительный трубопровод; 8 - дождевальная аппаратура;
- 9 - дождевальное крыло; 10 - поливаемая площадь

Модификация “Радуги” КИ-25 имеет только магистральный трубопровод с 24 гидрантами, вдоль которого перемещаются 2 дождевальных крыла, работающие поочередно. Расход установки (23,6 л/с) обеспечивается насосной станцией СНП-25/60; общая орошаемая площадь 25га может обслуживаться одним рабочим.

6.2. Шлейф дождевальный ШД-25/300.

Эта установка (рис. 6.3) представляет собой стальной трубопровод (диаметр 102мм, длина 150м) с фланцевыми соединениями, под каждым из которых находится специальная “лыжа”. На концах шлейфа имеются трубчатые шарнирные хоботы, с помощью которых можно подсоединяться к гидрантам, а также устройства, позво-

ляющие прицепить шлейф к трактору и перемещать установку вдоль ее оси в любом направлении.

На трубопроводе через 50м друг от друга установлены три карусельных дождевателя “Тимирязевец”, каждый из которых имеет два алюминиевых ствола (рис.4.5.). На одном стволе находится короткоструйная дефлекторная насадка типа КДУ с диаметром сопла 9мм, на другом - реактивный среднеструйный дождеватель с диаметром сопла 15-25мм. Растяжки, поддерживающие стволы, позволяют изменять углы наклона дождевателей на $\pm 10^0$ от их среднего положения.

При подаче воды в шлейф телескопический вертикальный корпус дождевателя выдвигается вверх на 60мм, и за счет реактивного действия струи на скошенный край среднеструйного насадка КД “Тимирязевец” начинает вращаться со скоростью до 1об/мин. При снятии напора корпус с каруселью за счет собственного веса опускается вниз, причем стволы устанавливаются в направлении оси шлейфа. Опорная часть дождевателей выполнена в виде двух лыж.

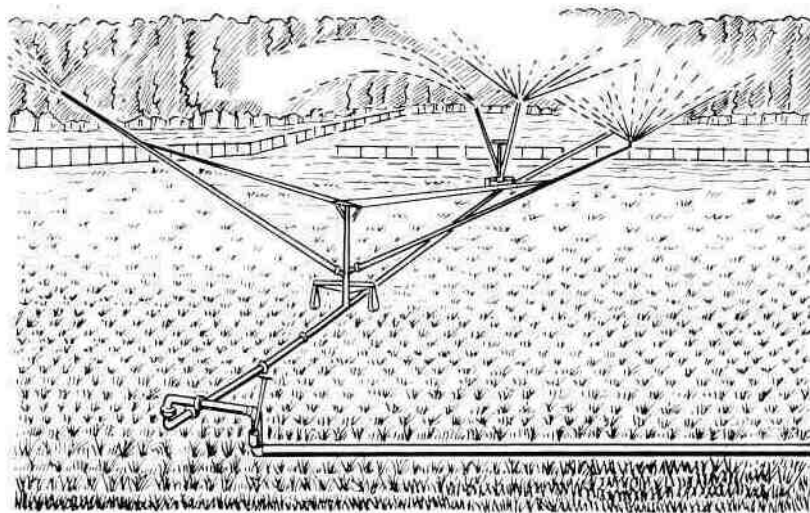


Рис.6.3. Шлейф дождевальнй ШД-25/300.

Таблица 6.1.

Технические характеристики ШД-25/300.

Расход воды, л/с	25÷30
Рабочий напор у входа в шлейф, м	50
Расстояния между постоянными трубопроводами, м	300
Расстояния между гидрантами, м	60
Длина орошаемой позиции, м	150
Ширина позиции, м	60
Интенсивность дождя, мм/мин	0,13÷0,17

Время на смену позиции, мин	15
Масса шлейфа, кг	1200
Обслуживающий персонал на 5-10 шлейфов	1 тракторист 1 поливальщик

Один шлейф может поливать за сезон полосу длиной до 4,2 км, последовательно перемещаясь вдоль нее с позиции на позицию трактором класса 0,6-0,9. После окончания полива шлейф возвращается в начало орошаемой им полосы. Желательно перемещать шлейф всегда по одному следу - по борозде шириной около 20 и глубиной 7÷10см, образующейся уже после первого прохода шлейфа.

Установки ШД-25/300 целесообразно использовать для полива длинных прямолинейных участков с “искривлением” оси не более $5\div7^0$; допустимые уклоны участков: поперечный - 0,07, продольный - 0,05.

6.3. Полосовые шланговые дождеватели.

К этому типу дождевателей относятся установки PZT-75 (“Сигма”); PP-67; ДШ-30 - все они аналогичны по конструкции и отличаются лишь некоторыми деталями и техническими характеристиками.

Рассмотрим конструкцию установки (рис. 6.4) PP-67. В ее состав входят одноосная тележка с барабаном диаметром около 1,5м, на котором намотан полиэтиленовый шланг диаметром 67мм и длиной 240м, а также среднеструйный дождевательный аппарат с пружинным рассекателем, установленный на металлических салазках. Барабан может приводиться во вращение с помощью гидропривода с небольшой прямоточной турбинкой. Скорость вращения барабана регулируется специальным краном, изменяющим расход, подаваемый на турбинку.

Установка работает следующим образом. Доставленная к гидранту легким трактором тележка с помощью откидных упоров фиксируется на позиции, установка подсоединяется к гидранту, тот же трактор оттягивает салазки на всю или часть длины шланга. После подачи воды в установку барабан начинает вращаться, наматывает шланг и тянет к себе салазки с заданной скоростью; вращающийся дождевательный аппарат орошает полосу шириной 50-60м.

Как видно, шланговые дождеватели к классу установок могут быть отнесены с известной долей условности, так как перемещение салазок при поливе осуществляется гидроприводом и на позиции дождеватели работают уже как машины.

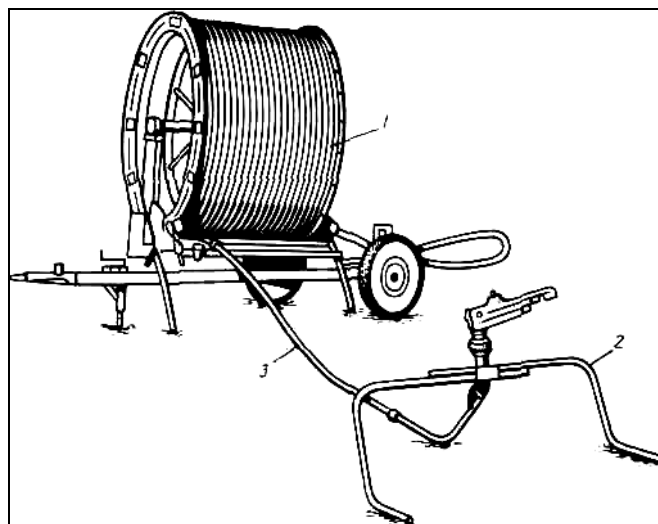


Рис. 6.4. Общий вид дождевального оборудования РР-67:
1 - шасси с намоточным устройством; 2 - салазки с дождевальным аппаратом;
3 - полиэтиленовый шланг.

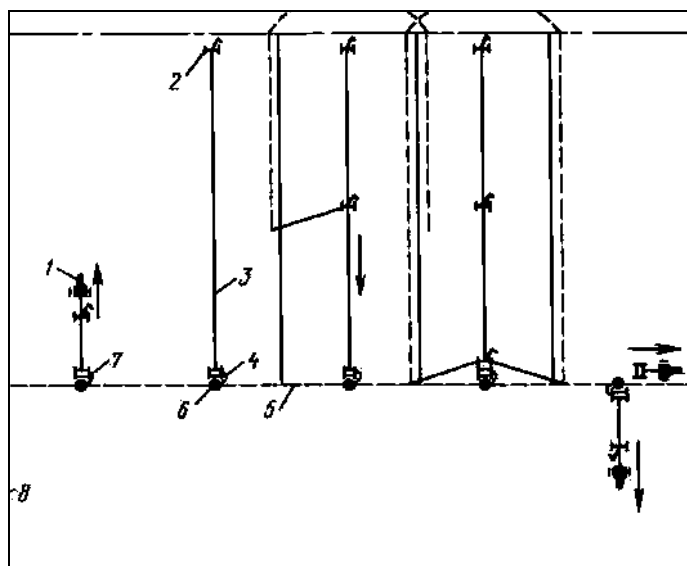


Рис. 6.5. Технологическая схема полива дождевальным оборудованием РР-67:
1 - трактор; 2 - дождевальный аппарат; 3 - полиэтиленовый шланг; 4 - присоеди-
нительный рукав; 5 - оросительная сеть; 6 - гидрант на оросительной сети; 7 - шасси с намот-
очным устройством; 8 - граница орошаемого участка

Достоинствами шланговых установок являются их легкость и маневренность, малая интенсивность дождя, т.е. возможность использования даже на тяжелых грунтах, а также способность “вписываться” в участки сложной конфигурации, за счет изменения разматываемой длины шланга. Недостатки этих установок состоят, во-первых, в малой производительности (РР-67 при $m=600\text{м}^3/\text{га}$ около $0,05\text{га}/\text{час}$) и, во-вторых, в недополиве окраин орошаемых полос на длине равной дальности полета струи аппарата.

Таблица 6.2.

Технические характеристики полосовых шланговых дождевателей.

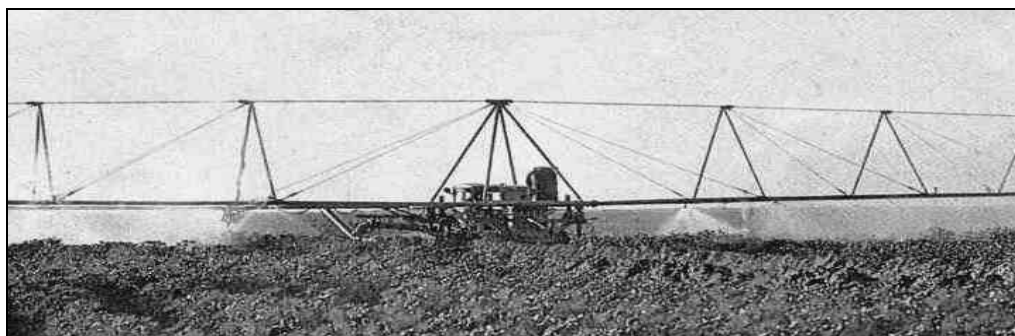
Тип установки	PP-67	PZT-75	ДШ-30
Расход воды, л/с	5,1÷7,4	7,2÷10	30
Напор на гидранте, м	60÷70	60÷100	110
Регулируемая ширина колеи салазок, м	1,2÷2,5	-	1,5÷2,8
Клиренс салазок, м	0,65	-	1,1
Слой дождя за проход, мм	15÷66	12÷70	24÷120
Интенсивность дождя, мм/мин	0,11÷0,16	0,1÷0,15	<0,3
Длина орошаемой позиции, м	260	300	430
Ширина, м	50÷60	55÷85	85
Длина шланга, м	240	285	400
Диаметр шланга, мм	67	65/75	90
Обслуживающий персонал	1 тракторист - поливальщик на 5-10 установок		

7. Дождевальные машины.

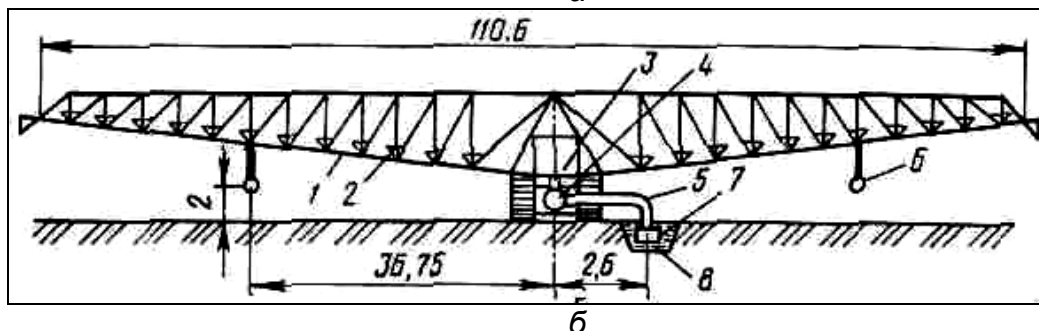
7.1. Двухконсольный дождевальная агрегат ДДА-100МА.

Основными составляющими этой машины являются (рис.7.1) трактор ДТ-75М, пространственная ферма с нижними поясами из труб, рама для крепления фермы на тракторе и насосная установка. Кроме того, в составе ДДА есть гидросистема управления, гидроподкормщик и система освещения для работы в ночное время.

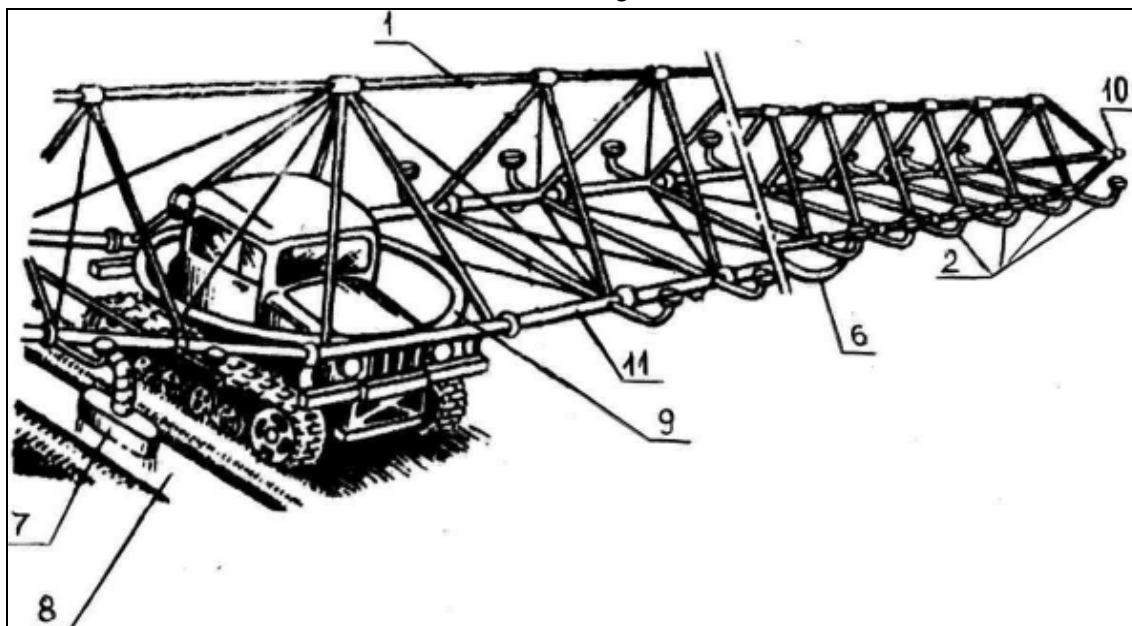
Всасывающая линия насосной установки, имеющая плавающий клапан с сеткой на одном конце и противовес на другом, с помощью гидроцилиндра опускается в канал - временный ороситель с глубиной наполнения не менее 0,35м. Насос заливается водой газоструйным вакуум-аппаратом, работающим на выхлопных газах дизеля трактора, и после включения его в работу из кабины трактора насос подает воду в трубы фермы.



а



б



в

Рис. 7.1. Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА:

а — общий вид в работе; б, в — схема агрегата (размеры в м);

1 — ферма; 2 — короткоструйные дефлекторные насадки на открылках; 3 — напорный патрубок; 4 — консольный центробежный насос; 5 — всасывающая линия;

6 — дуга-амортизатор; 7 — всасывающий клапан; 8 — ороситель; 9 — поворотный круг;

10 — концевой дождевальный аппарат; 11 — водопроводящая труба.

Трубы нижних поясов фермы и стержень верхнего пояса связываются стойками, распорками и системой растяжек. Каждая консоль фермы состоит из 13 призматических и одной пирамидальной концевой панели; в каждой панели имеется по два трубчатых открылка, на концах которых установлены короткоструйные дефлекторные насадки с расходом 2,3 л/с, всего 52 штуки; на концах фермы находится по

одному струйному аппарату секторного действия с рассекателем, расход каждого 5л/с. Общая длина фермы 110,6 м; высота фермы у трактора - 3,07м, на концах - 1м; возвышение фермы над землей - от 1,5 до 3,5м.

Поскольку в севооборотах обычно присутствуют неорошаемые культуры, оросители делаются временными и поэтому не облицовываются. Допустимые уклоны таких оросителей - от 0,0005 до 0,003-0,004, их длина - 400-800м. При увеличении длин оросителей повышается производительность машины, но возрастают потери воды на фильтрацию. С целью создания необходимых для работы машины глубин используются переносные перемычки, которыми ороситель разбивается на отдельные бьефы. Длина бьефов от 100-150м при максимальных уклонах, до 400-500м при минимальных. Иногда используют скользящие вместе с машиной гибкие брезентовые перемычки. Примеры схем открытой оросительной сети, подводящей воду к машинам ДДА, представлены на рис. 7.2.

Таблица 7.1.

Технические характеристики дождевальная машины ДДА-100МА.

Расход, л/с	130
Напор, м	37
Количество дефлекторных дождевальных аппаратов, шт	52
Расход одного аппарата, л/с	2,3
Высота фермы над землей, м	1,5÷3,5
Ширина орошаемой полосы, м	~120
Слой осадков за 1 проход, мм	3,8÷20
Интенсивность дождя, мм/мин	~3÷4
Скорость движения агрегата, км/час	до 1,05
рабочая	4,5
транспортная	
Производительность за час работы, га	до 0,78
Масса машины, т	10,8

Машина работает в движении вперед-назад вдоль временного оросителя, поливая полосу шириной около 120м; высота слоя осадков за один проход - от 3,8 до 20мм в зависимости от скорости движения. Ширина полосы отвода под ороситель и дорогу для агрегата - около 6м. При переезде ДДА на другой ороситель или участок ферма может поворачиваться на 90⁰ и устанавливаться в направлении движения машины.

Машину ДДА-100МА лучше использовать для полива культур узкорядного сева, не требующих перекрестной обработки, которую затрудняют оросители. В то же время малая крупность капель позволяет поливать все культуры, включая цветы, рассаду, ягодники. Производительность машины достаточно велика: при $m=600\text{м}^3/\text{га}$ - около 0,6 га за 1 час чистой работы; сезонная нагрузка на машину - до 150га.

Недостатками ДДА являются потери воды на фильтрацию из оросителей, густая сеть оросителей с сооружениями и переездами через них, малый коэффициент земельного использования (около 0,95), большая масса машины (10,8т) и удельное давление ходовой части на грунт (0,07Мпа).

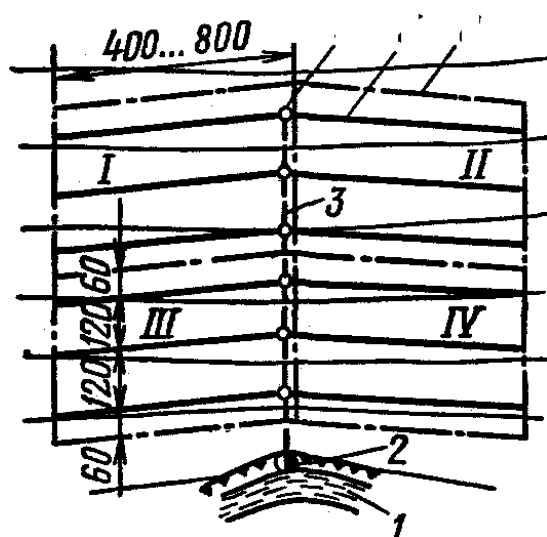


Рис. 7.2. Схема оросительной сети для ДДА-100МА:
1 - водоисточник; 2 - насосная станция; 3 - закрытый трубопровод; 4 - гидрант;
5 - ороситель; 6 - граница поля; I—IV—номера полей севооборота. Размеры в м.

7.2. Дальнеструйные дождеватели навесные ДДН-70 и ДДН-100.

Все машины типа ДДН имеют схожие конструктивные схемы и отличаются в основном своими параметрами. Главные узлы машин (рис. 7.3) - это навесная рама; карданный вал, ведущий от двигателя трактора к поливному оборудованию; насос - редуктор с всасывающей линией; дальнеструйный дождевательный аппарат; механизм вращения аппарата от ведущего вала насос-редуктора, обеспечивающий полив по кругу и по сектору. Машины снабжены устройствами для подъема и опускания всасывающей линии (ДДН-70 - тросовая лебедка; ДДН-100 - гидроцилиндр с тросом); газоструйным вакуум-аппаратом для заполнения насоса водой перед пуском; баком-подкормщиком.

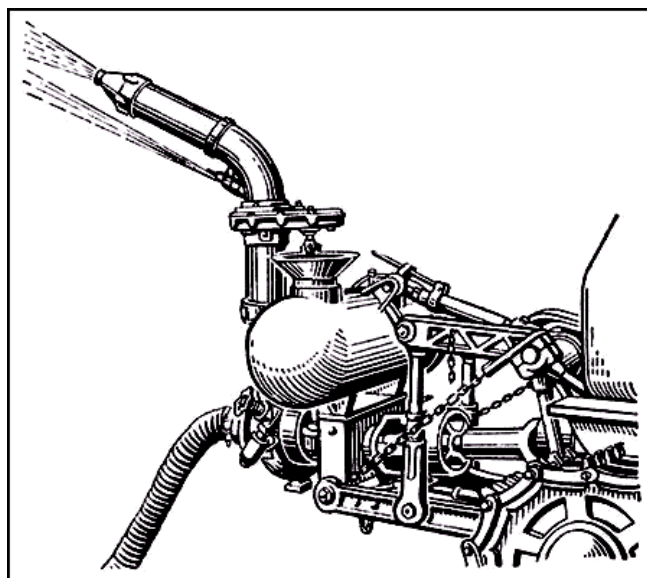


Рис 7.3. Дальнеструйные дождеватели навесные.

Машина ДДН-70 агрегируется с трактором ДТ-75М. Дождеватель имеет два сопла, меньшее из которых снабжено разбрызгивающей лопаткой, разрушающей часть малой струи; количество дождя вблизи аппарата может регулироваться изменением положения лопатки.

Машина ДДН-100 навешивается на тракторы Т-150; Т-4А; ДТ-75М.

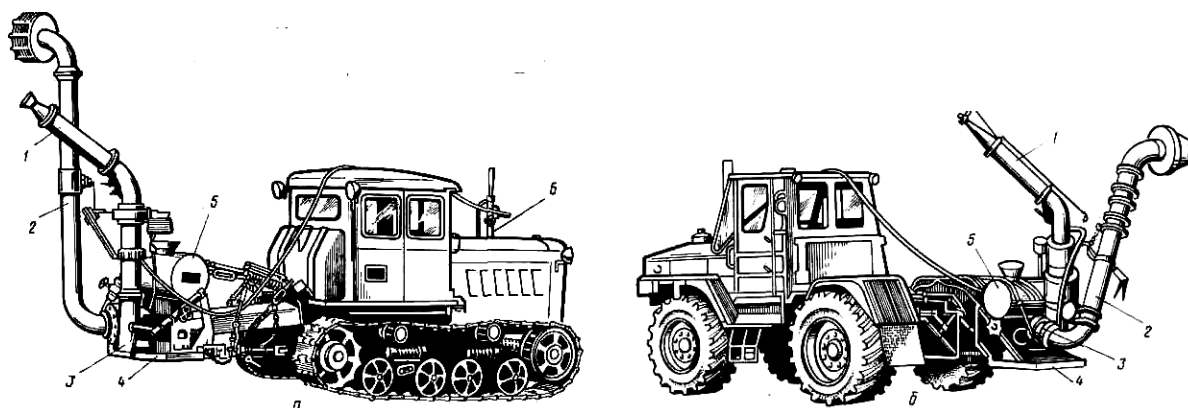


Рис. 7.4. Дальнеструйные дождевательные машины ДДН-70 (а) и ДДН-100 (б):
1 - ствол дальнеструйного дождевательного аппарата; 2 - всасывающий трубопровод;
3 - насос-редуктор; 4 - рама; 5 - приспособление для внесения удобрений;
6 - газоструйный вакуум-аппарат

Обе машины могут работать, забирая воду из водоемов, открытых оросителей или гидрантов на закрытой сети с напорами до 5-10м.

К достоинствам машин ДДН относятся достаточно высокая производительность при хороших маневренности и проходимости (удельное давление ходовой части на грунт - 0,0047Мпа).

Схемы полива машинами ДДН аналогичны рассмотренным в разделе 5: по квадратам, треугольникам и секторам. Чаще всего используют полив по треугольникам в комбинации с секторным поливом у границ полей.

Таблица 7.2

Технические характеристики машин ДДН.

Марка машины	ДДН-70	ДДН-100		
Класс трактора	ДТ-75М	Т-150	Т-4А	ДТ-75М
Расход, л/с	65	115	100	85
Напор, м	52	65	65	65
Радиус полива, м	70	85	85	75
Расстояния между позициями, м полив по треугольникам полив по секторам	110	145	145	110
	60	70	70	55
Расстояния между оросителями, м	95-100	120	120	110
Интенсивность дождя, мм/мин полив по кругу полив по сектору	0,36	0,35	0,28	0,32
	0,53	0,61	0,46	0,38
Диаметры насадков, мм Основного Сменного Малого	54	65	56	54
	45, 35	60-56	58, 54	-
	16	20	20	20
Максимально возможная производительность, га за 1 час чистой работы сезонная при $m=600\text{м}^3/\text{га}$	0,39	0,70	0,60	0,51
	70	120	105	90

Некоторые недостатки машин ДДН аналогичны всем струйным дождевателям кругового действия, а именно: переполив в зонах перекрытий, необходимость перехода на секторный полив при скорости ветра более 2-3м/с и полное прекращение полива при ветре более 4-5м/с. Специфическим недостатком машин ДДН является большая крупность капель: для основных сопел $H/d=1000-1200$ и диаметры отдельных капель превосходят 3мм - такие капли могут побивать молодые и нежные растения.

7.3. Дождеватель колесный широкозахватный ДКШ-64 “Волжанка”.

Прототипом “Волжанки” является американский передвижной трубопровод “Шур-Ролл”. Отечественный вариант машины представляет собой два поливных крыла, каждое в виде трубопровода со среднеструйными дождевателями, который является осью колес (рис. 7.5). “Волжанка” - машина позиционного действия, работает от гидрантов на стационарных подземных либо разборных переносных трубопроводах; расстояние между гидрантами - 18м (рис 7.6).

Узел присоединения каждого крыла к гидранту включает в себя соединительный патрубок с уплотнением и фиксирующим крючком; гибкий шланг; телескопическую трубу, выдвигаемую из основного трубопровода и также фиксируемую крючком и подвижным хомутом, и складную опору телескопа. В транспортном положении гибкий шланг с патрубком и стойка опоры прикреплены резиновым ремнем к телескопу, который частично утоплен в трубопровод машины.

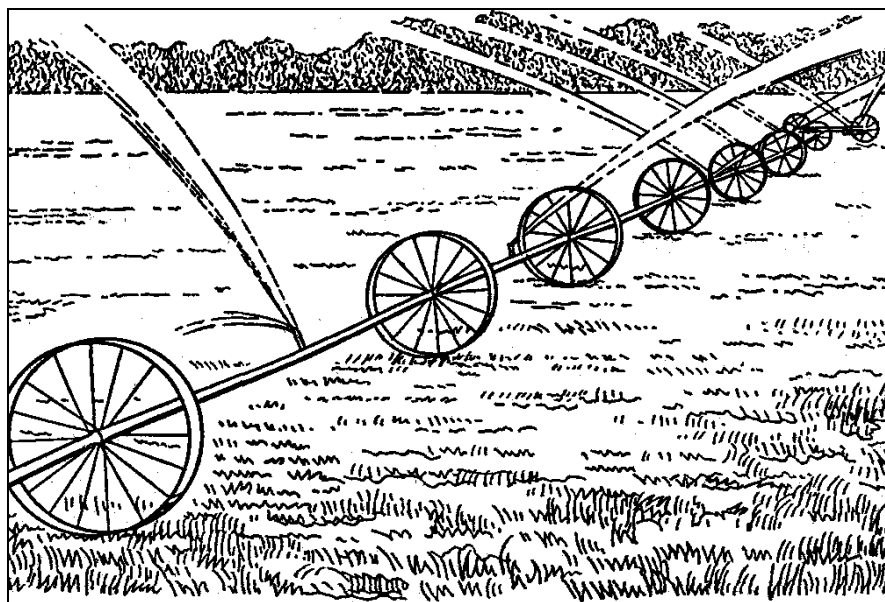




Рис 7.5. Дождеватель колесный широкозахватный ДКШ-64 “Волжанка”.

Поливной трубопровод состоит из алюминиевых труб диаметром 130мм и длиной по 12,6м с фланцевыми соединениями. В каждом фланце имеется по два отверстия, на одном из которых монтируется дождевальный аппарат, а на другом - сливной клапан. Клапаном служит специальная резиновая пластинка, которая перекрывает сливное отверстие при повышении давления в трубопроводе и открывает его при падении напора для сброса воды при переходе машины на новую позицию. Среднеструйные аппараты ДКШ-64 (таблица 4.1) оборудованы специальными системами самоустановки, содержащими противовес и обеспечивающими вертикальное положение стволов аппаратов при повороте колес и трубопровода (при смене позиции).

В середине каждой трубы машины устанавливается по одному опорному колесу диаметром 1,91м. Разъемные колеса состоят из двух половин, которые соединяются между собой болтами; обод каждого колеса имеет 8 ребер-почвозацепов. Центральная труба крыла опирается не на одно колесо, а на приводную тележку из двух колес с удвоенным числом почвозацепов на каждом; тележка несет на себе раму с бензиновым двигателем “Дружба - 4” мощностью 3л/с. Крутящий момент от выходного вала двигателя через реверс-редуктор и цепные передачи передается коле-

сам и самому трубопроводу; рукоятка управления реверсом имеет три положения: нейтральное, “вперед” и “назад”.

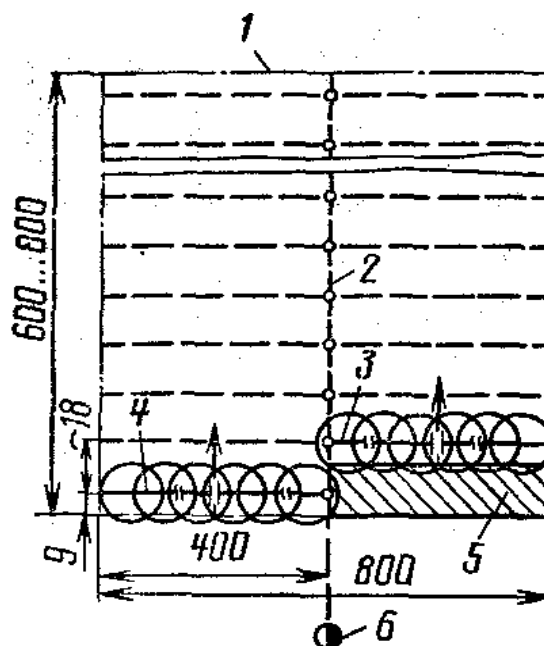


Рис. 7.6. Схема работы ДКШ-64 «Волжанка»:
1 - границы орошаемого участка; 2 - оросительный трубопровод с гидрантами;
3, 4 - дождевальные крылья; 5 - политая площадь; 6 - насосная станция.
Размеры в м.

Суммарные технические характеристики двух крыльев модификаций машины “Волжанка” приведены в таблице 7.3. Как видно из таблицы, машина ДКШ имеет 6 модификаций с шириной захвата крыла от 150 до 400м. Машина может успешно использоваться для полива низкостебельных культур (высотой примерно до 1м) при следующих условиях: спокойном рельефе и общем уклоне местности до 0,02; на грунтах, допускающих удельное давление колес около 0,05Мпа; при скорости ветра до 5м/с.

К недостаткам машины относятся:

- отставание крайних колес и необходимость накатывать их вручную через каждые 150-400м;
- невозможность использования на небольших участках и полива всей площади больших полей неправильной формы (общие недостатки всех многоопорных широкозахватных машин), а также полива высокостебельных культур;
- образование колеи за каждым колесом, которая у ДКШ имеет ширину 15-20 и глубину до 10см.

Таблица 7.3.

Технические характеристики модификаций машины “Волжанка”.

Марка машины	ДКШ- 64-800 (базисная)	ДКШ- 56-700	ДКШ- 48-600	ДКШ- 40-500	ДКШ- 32-400	ДКШ- 24-300
Параметры						
Ширина захвата, м	800	700	600	500	400	300
Расход, л/с;	64	56	48	40	32	24
Напор при нулевом поперечном уклоне, м	40	40	39	38	37	36
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытий, мм/мин	0,27					
Площадь орошения с одной позиции, га	1,44	1,26	1,08	0,90	0,72	0,54
Затраты времени на смену позиции, мин.	45					
Максимальная производительность, га за 1 час чистой работы при $m=600\text{м}^3/\text{га}$	0,38	0,34	0,29	0,24	0,19	0,14
Сезонная нагрузка, га	80	70	60	50	40	30

7.4. Дождеватель фронтальный ДФ-120 “Днепр”.

Базовая модель многоопорной дождевальной машины “Днепр” ДФ-120 имеет 17 опорных тележек с расположенным на них трубопроводом. Над каждой тележкой от основного трубопровода отходят трубы - открылки с дождевальными аппаратами на концах (рис. 7.7). Машина работает позиционно с забором воды из гидрантов и фронтальным перемещением от одного гидранта к другому.

Каждая опорная тележка представляет собой сварную пространственную раму, опирающуюся на два колеса. Колеса приводятся в движение цепной передачей от электромотора - редуктора; при смене позиции электроприводы всех тележек получают питание от передвижной электростанции на тракторе. Колеса тележек могут разворачиваться на 90° для перебазировки “Днепра” в продольном направлении трактором - буксировщиком на соседний участок.

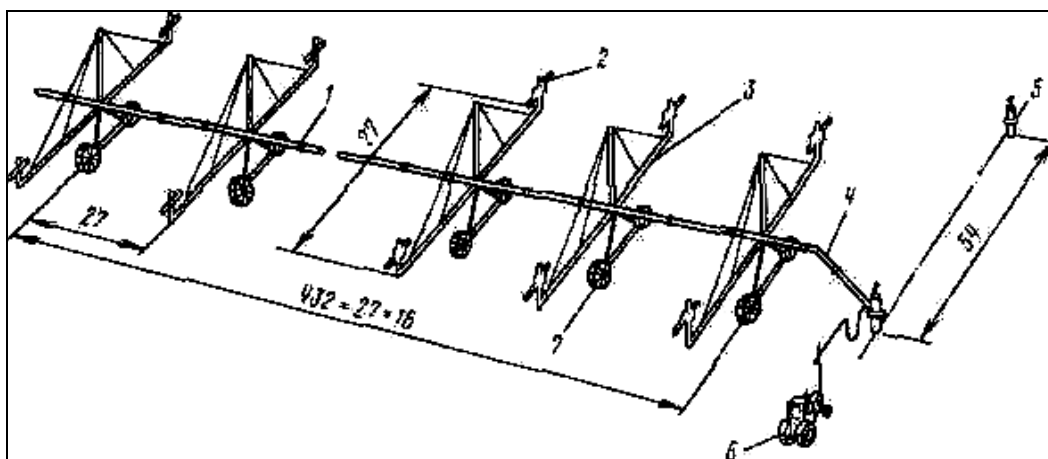


Рис. 7.7. Схема дождевальной машины «Днепр» ДФ-120 (размеры в м):
1 - водопроводящий пояс; 2 - дождевальная аппарат «Роса-3»; 3 - открьлок;
4 - присоединительное устройство; 5 - гидрант; 6 - навесная тракторная электростан-
ция; 7 - самоходная тележка.

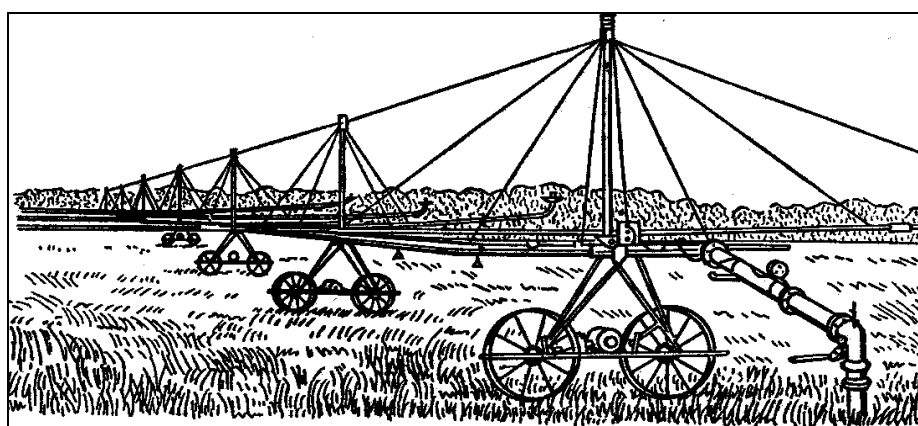


Рис. 7.8. Общий вид ДФ-120 «Днепр».

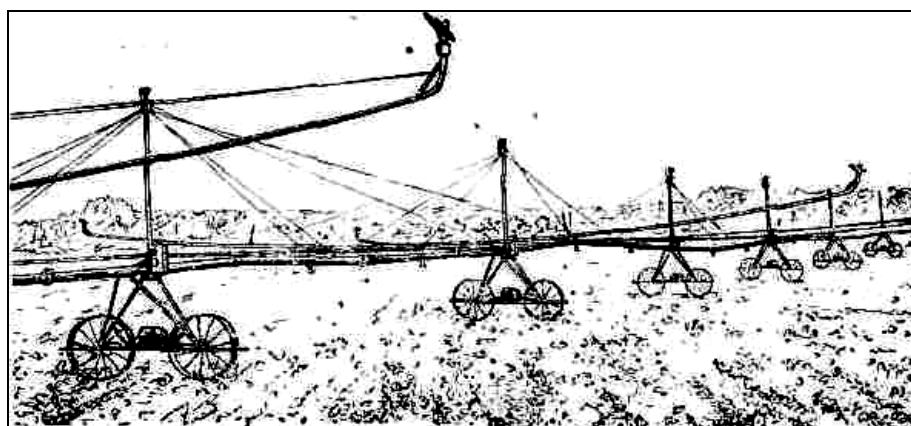


Рис. 7.9. Водопроводящий пояс ДФ-120 «Днепр».

Водопроводящий пояс состоит из 9-метровых алюминиевых фланцевых труб диаметром 180мм, расположенных на высоте 2,1м над поверхностью земли. Трубы - открьлки имеют длину по 13,7м и диаметры 65 и 50мм. Трубы между собой в горизонтальной плоскости и трубы с мачтой на опорах в вертикальных плоскостях связа- ны системой растяжек, на конце каждого открьлка установлен дождевальная аппа-

рат “Роса-3”.

Водозаборное устройство выполнено в виде двух телескопических алюминиевых труб со сферическими шарнирами. На конце телескопа находится колонка со штурвалом для подключения к гидранту и подачи воды в машину или ее прекращения. Кроме того, телескоп несет на себе коробку подключения к тракторной электростанции.

С пульта трактора, двигающегося рядом с машиной при смене ею позиции, осуществляется управление электроприводами крайних тележек, а все прочие опоры управляются системой синхронизации движения. Например, если какая-либо опора начинает отставать и трубопровод изгибается в плане, то специальная следящая механическая система подает команду на увеличение скорости вращения выходного вала мотора-редуктора этой тележки. Скорость перемещения машины при смене позиции - около 0,5км/час.

Кроме базовой модели машины ДФ-120 имеются еще четыре ее модификации с уменьшением в каждой из них числа опор на одну, т.е. сокращением длины водопроводящего пояса на 27м (табл.7.4).

В машине “Днепр” по сравнению с “Волжанкой” увеличены площадь полива с одной позиции (в 3 раза), расстояния между гидрантами (до 54 м), клиренс машины (до 2,1 м), а также не возникает проблем с отставанием отдельных опор. Вместе с тем, машина “Днепр” несколько тяжелее “Волжанки” (удельное давление на грунт до 0,07МПа) и, получая энергию от тракторной электростанции, менее автономна. “Днепр” можно использовать при скорости ветра до 5м/с на участках правильной формы со спокойным рельефом и общих уклонах до 0,02 для полива практически всех сельскохозяйственных культур.

Таблица 7.4.

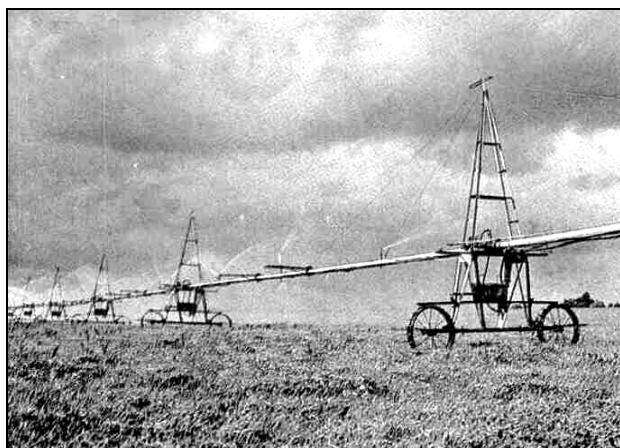
Технические характеристики модификаций машины “Днепр”

Модификация машины	ДФ-120	ДФ-120 -01	ДФ-120 -02	ДФ-120 -03	ДФ-120 -04
Расход, л/с	120	113	106	99	92
Напор, м	45				
Кол-во опорных тележек, шт	17	16	15	14	13
Ширина захвата, м	460	433	406	379	352
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытий, мм/мин	0,29				

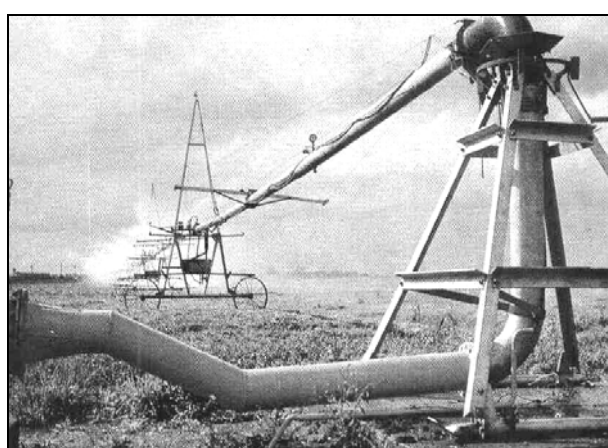
Максимальная производи- тельность за 1 час чистой ра- боты, га	0,71	0,67	0,63	0,59	0,55
сезонная нагрузка при $m=600\text{м}^3/\text{га}$	132	124	116	109	101

7.5. Дождевальная машина “Фрегат”.

Самоходная дождевальная машина “Фрегат” представляет собой трубопровод со среднеструйными дождевальными аппаратами, расположенный на опорах - тележках и вращающийся вокруг неподвижной оси - гидранта. Разные модификации машины имеют от 7 до 20 опор с расстояниями между ними 24,7 и 29,6м.



а.



б.

Рис 7.10. Дождевальная машина “Фрегат”
а -общий вид; б -узел подключения.

Стальной оцинкованный трубопровод машины, установленный на высоте 2,2м от земли, имеет до 7-ой опоры диаметр 178мм, а затем - 152мм. Вода в трубопровод подается чаще всего от гидранта на закрытой оросительной сети, но может поступать и из скважины с погружным насосом. Стояк гидранта усиливается металлической рамой, закрепленной на бетонном фундаменте, и имеет в верхней части поворотное колено, которое может вращаться вокруг вертикальной оси в горизонтальной плоскости и с помощью фланцев соединяться с трубопроводом машины.

В каждом пролете водопроводящего пояса “Фрегата” установлено по три среднеструйных аппарата, а в первом пролете, у опоры, и на консоли - по два. Расстояния между аппаратами 8,2 и 9,9м. Каждый аппарат при вращении машины орошает кольцо примерно одинаковой ширины, но разной площади, пропорциональной расстоянию от центральной опоры. В связи с этим расходы аппаратов по мере уда-

ления от гидранта должны возрастать и могут быть рассчитаны по зависимости

$$q_i = 2 Q \cdot b_i \cdot r_i / R^2;$$

где Q и R - соответственно расход и длина машины; b_i и r_i - ширина орошаемой полосы (полусумма расстояний до соседних аппаратов) и удаленность от гидранта i -того аппарата. Таким образом, в машине "Фрегат" приходится использовать аппараты 4-х серий с разными диаметрами насадок; кроме того, каждый аппарат имеет кран для регулирования расходов в пределах, указанных в таблице 4.2. На краю консоли установлен концевой аппарат секторного действия с дальностью полета струи 25-35м, который может автоматически включаться, например, при прохождении углов позиции.

А-образные опоры машины поддерживают трубопровод в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи системы растяжек. Двухколесные тележки опор имеют гидропривод, основу которого составляют цилиндр и поршень со штоком. Вода из трубопровода машины подается поочередно в разные половины цилиндра и поршень совершает колебательные движения, которые преобразуются в движения толкателя колеса. При движении вперед толкатель упирается в почвозацепы и поворачивает колеса на некоторый угол; при движении назад толкатель скользит своими скосами по ребрам колес, не изменяя его положения.

Скорость вращения всей машины задается краном на гидроприводе периферийной тележки; сохранение прямолинейности трубопровода контролируется системой синхронизации движения, автоматически регулирующей скорости всех промежуточных тележек. Например, если какая-либо из тележек начинает пробуксовывать и отставать от других, то соседние тянут трубопровод вперед и смещают его относительно отстающей опоры. Взаимное смещение трубопровода и опоры преобразуется системой рычагов в перемещение клапана, увеличивающего подачу воды в цилиндр; частота движений толкателя увеличивается и отстающая тележка начинает двигаться быстрее. Кроме того, на машине имеются механическая и электрическая системы аварийной остановки при недопустимом изгибе трубопровода. Остановка "Фрегата" происходит путем прекращения подачи воды в трубопровод; при этом вода автоматически выливается через сливные клапаны, установленные под каждым дождевальным аппаратом.

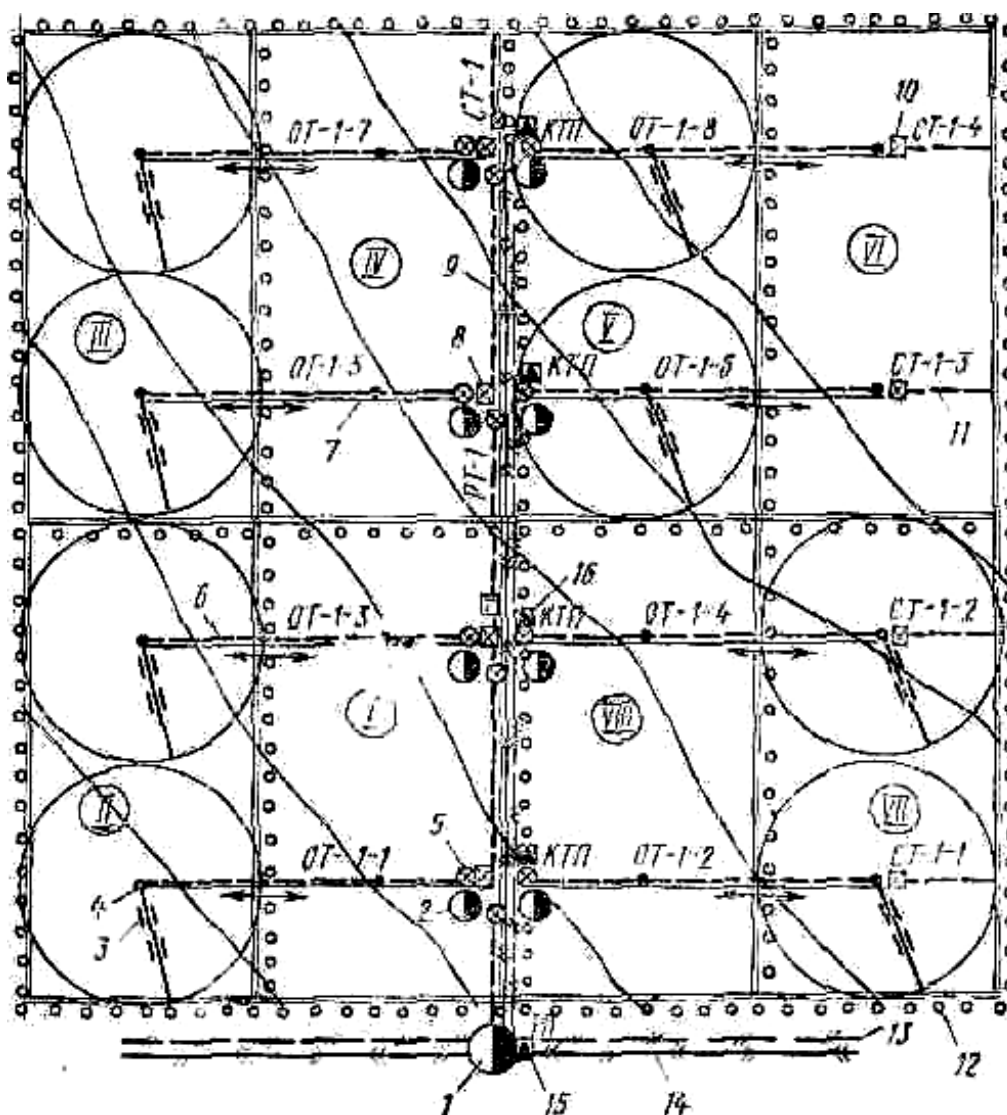


Рис. 7.11. Схема водоподачи на восьмипольном севооборотном участке при поливе дождевальными машинами «Фрегат»:

1—насосная станция; 2—подкаченная насосная станция; 3 — дождевальная машина «Фрегат»; 4—гидрант для подключения машины «Фрегат»; 5—гидрант для подключения подкаченной насосной станции; 6 — оросительный трубопровод; 7 — полевые и эксплуатационные дороги; 8 — ремонтная задвижка; 9—распределительный трубопровод; 10—сбросная задвижка; 11—сбросной трубопровод; 12—лесаполоса; 13—линия связи; 14—линия электропередач; 15 — трансформаторная подстанция; 16 — комплектная трансформаторная подстанция.

Существует возможность использования машины «Фрегат» с числом опор не более 16 на 2-х смежных позициях. Для перебазировки машины колеса опор необходимо развернуть на 90^0 и перемещать трубопровод в продольном направлении трактором - буксировщиком. Практически эта возможность используется очень редко.

«Фрегат» может применяться для полива всех сельскохозяйственных культур, лугов и пастбищ на местности со спокойным рельефом при уклонах до 0,05. Существуют модификации машины с гибкими вставками между пролетами которые можно

использовать на участках со значительными изменениями уклонов внутри них; машины с пневмоколесами для использования на слабых грунтах; а также низконапорные модификации для закрытых систем из асбестоцементных трубопроводов. “Фрегат” - единственная машина, полностью работающая на гидравлическом приводе и позволяющая автоматизировать весь процесс полива.

Кроме недостатков, присущих всем широкозахватным дождевальным машинам, “Фрегату” свойственен еще один существенный минус - неполиваемые углы. Частично этот недостаток устраняется путем включения концевого аппарата только при прохождении машиной угла квадрата. Например, для базовой модели с 16 опорами такая технология полива позволяет уменьшить процент неполиваемой площади примерно с 21 до 13%. Полностью исключить этот недостаток можно только, используя в углах стационарные дождеватели или легкие машины типа PZT и ДДН.

7.6. Дождевальная машина “Кубань”.

Наиболее распространенная модификация данной многоопорной машины фронтального перемещения ЭДМФ 787-200 “Кубань - Л” состоит из следующих основных частей: пространственной, треугольного поперечного сечения фермы с верхним поясом из труб диаметром 203 - 152мм; 18-ти опорно-ходовых двухколесных тележек с реверсивным электроприводом на каждой; центральной энергетической платформы с насосно-силовым оборудованием, включающим двигатель, топливные баки, дизельный генератор (380/220V) и центробежный насос с водозаборной линией и напорным трубопроводом.

Пролеты фермы по мере уменьшения диаметра трубопровода увеличиваются и расстояния между пневматическими камерными колесами изменяются от 37,6м сразу за центральной платформой до 51,7м между крайними опорами. На концах машины имеются две консоли с вантовой подвеской, длина каждой - 26м при диаметре труб 152 - 102мм. Общая длина водопроводящего пояса с консолями - около 787м, минимальное расстояние от фермы до поверхности земли (клиренс) - 2,7м. На трубопроводе машины установлено 303 короткоструйных дождевальных аппарата с полусферическими дефлекторами, поочередное ориентирование аппаратов в разные стороны позволяет увеличить размеры дождевого облака, т.е. снизить интенсивность дождя.

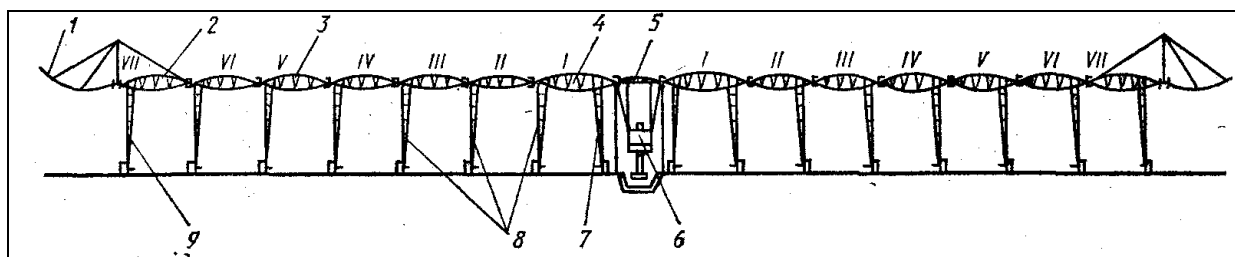


Рис. 7.12. Электрическая дождевальная машина фронтального действия ЭДМФ «Кубань»:

1 - консоль, 2 - предконсольный пролет, 3 - промежуточный пролет, 4 - головной пролет, 5 - центральная балка, 6 - силовой агрегат, 7 - опорная центральная тележка, 8 - опорные тележки, 9 - опорная крайняя тележка; I - VII - номера пролетов.

“Кубань - Л” работает, забирая воду из канала, в непрерывном движении вдоль него или, двигаясь в стартстопном (короткими рывками) режиме, скорость движения машины может изменяться от 0,19 до 1,9м/мин. Ширина оросительного канала по дну - от 0,4 до 0,6м; глубина наполнения - не менее 0,6-0,7м; полоса отчуждения под дорогу для тележек центральной платформы и канал - около 12-13м. При уклонах канала порядка 0,0001 и менее необходимая глубина наполнения оросителя обеспечивается в естественном режиме, при больших уклонах создается подпор с помощью перегораживающих сооружений. На грунтах высокой проницаемости и при значительных длинах оросителей для снижения фильтрационных потерь целесообразно устройство противофильтрационных мероприятий.

Прямолинейность движения машины вдоль канала обеспечивается с помощью направляющего троса на поддерживающих стойках и системы стабилизации движения, аналогичных используемым в землеройной технике. В конце полосы движения машины устанавливаются упоры ограничения хода и тумбы. Прямолинейность трубопровода при движении машины контролируется системой синхронизации движения тележек. Кроме того, существуют система остановки машины при недопустимом ее изгибе в плане, системы аварийной защиты энергетической установки и электропривода. Все управление машиной осуществляется с центрального щита на энергетической платформе, один оператор может управлять 4-мя машинами; время работы машины без контроля со стороны оператора в автоматическом режиме - до 10 часов.

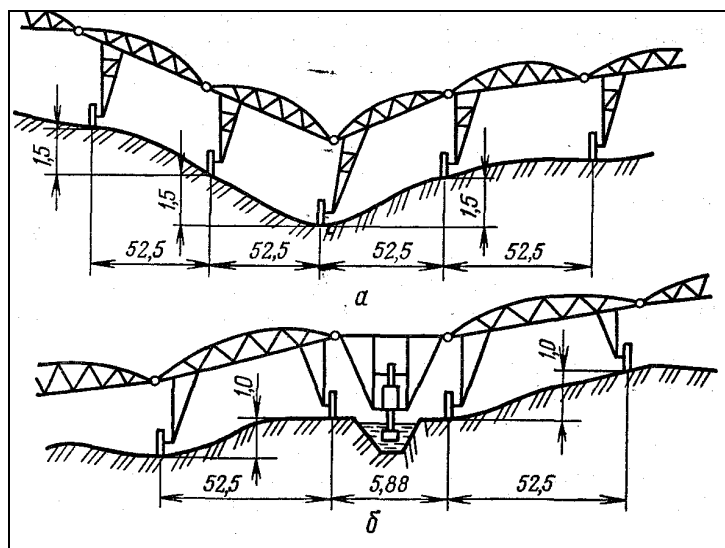


Рис. 7.13. Ограничения применения дождевальной машины «Кубань»:
а - уклон между тремя соседними тележками до 0, 03;
б - уклон в центральной части машины между двумя пролетами (жесткими) на длине 112 м - до 0, 02. Размеры в м.

Модификация МДЭФ 792-185 «Кубань - М» отличается существенными конструктивными изменениями в ряде агрегатов и узлов и только в небольшой степени - своими техническими характеристиками (таблица 7.6).

Низконапорная дождевальная машина «Кубань - ЛК»-1 представляет собой комбинацию машин «Кубань - Л» и «Фрегат»: элементы ее конструкции в основном повторяют первую из них, но часть дождевальных аппаратов являются среднеструйными («Фрегат», серия №2) и работает она, как «Фрегат», вращаясь по кругу.

Все 10 модификаций этой машины с разным числом тележек получают электроэнергию от трансформаторной подстанции. Следует заметить, что «Фрегат», не требующий электропитания, с малой интенсивностью дождя и многообразием модификаций выглядит предпочтительней «Кубани» кругового действия.

Фронтальные машины «Кубань» имеют самую высокую производительность, но из-за своих больших размеров и ограничений по рельефу и уклонам могут применяться только в некоторых районах степной и лесостепной зон. Индивидуальными недостатками этих машин являются высокая интенсивность дождя (на тяжелых грунтах необходимо планировать малые поливные нормы или большое число проходов), а также чрезвычайно строгие правила техники безопасности (напряжение 380v, высокая влажность).

Таблица 7.6.

Технические характеристики модификаций ЭДМФ «Кубань».

Параметры	“Кубань - Л”	“Кубань - М”
Расход, л/с	200	185
Напор, м	36	37
Интенсивность дождя, мм/мин	1,3	1,0÷1,1
Слой дождя за проход, мм	7,9÷79,0	6÷60
Число опорных тележек, шт	18	16
Число дождевальных аппаратов, шт	303	298
Уклон поверхности		
Вдоль канала	0,0001÷0,003	0,0001
Вдоль машины	0,015÷0,020	0,007
Производительность за час чистой работы при $m=600\text{м}^3/\text{га}$, га	1,2	1,11

8. Производительность дождевальных машин и установок.

Производительностью дождевальных машин называется площадь, получающая поливную норму за определенное время. Различают часовую, сменную, суточную и сезонную производительности. Первая из них, или площадь, поливаемая за час чистой (непрерывной) работы, может быть определена следующим образом:

$$\Pi_1 = \frac{3,6 \cdot Q \cdot \beta}{m} \quad (8.1)$$

где Π_1 - часовая производительность, га; Q - расход дождевателя, л/с; β - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение; m - поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$.

Коэффициент β выражается в долях единицы и может определяться опытным путем либо вычисляться по различным эмпирическим зависимостям, типа

$$\beta = \frac{100 - V_u}{100}; \quad V_u = t^0 (1 - 0,01\alpha)(0,15v_p + 0,71) \quad (8.2)$$

где V_u - потери на испарение в зоне дождевого облака, %; t^0 - средняя за время полива температура воздуха, $^\circ\text{C}$; α - то же, относительная влажность воздуха, %; v_p - расчетная скорость ветра на “высоте флюгера” (2м), м/с. Например, при $t^0=20^\circ$; $\alpha=60\%$; $v_p=3\text{м/с}$; $V_u=9,3\%$; $\beta \approx 0,91$.

Описанная и аналогичные ей методики определения β являются очень приближенными и не учитывают многих факторов, таких как крупность капель и время их полета до падения на землю, потери воды на полив полос отчуждений, потери на испарение воды, задерживающейся на листьях растений. Например, последние из этих потерь, зависящие от вида растений, фазы их развития, от величины поливной нормы, типа машины, могут в неблагоприятных случаях достигать 3-5%. По указанным причинам правильнее определять β опытным путем для отдельных дождевальных машин в конкретных климатических и агробиологических условиях.

Наиболее показательными характеристиками являются сменная, суточная и особенно сезонная производительности, которые учитывают потери рабочего времени дождевальной машины. Причины, вызывающие эти потери, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся причины, связанные с затратами рабочего времени машины на различные холостые проходы (например, на смену позиции, на возврат широкозахватной фронтальной машины в исходное положение), на подготовку машины к работе на новой позиции (перенос перемычек, наполнение бьефа, очистка сетки клапана, заливка насоса и т.д.), на техническое обслуживание, аварийный ремонт и т.п.. Эти потери оценивают, исходя из уравнений баланса рабочего времени машины и вводя в расчетные зависимости плановый коэффициент использования сменного времени - $K_{см.пл}$. Если полив ведется неполные сутки, то для определения суточной производительности $\Pi_{сут}$ оперируют величиной

$$K_{сут} = \frac{n_{см} \cdot t_{см}}{24} K_{см.пл} \quad (8.3)$$

где $t_{см}$ и $n_{см}$ - продолжительность смены в часах и их количество в сутках. При круглосуточной работе машины $K_{сут} = K_{см.пл}$.

Вторая группа обстоятельств, вызывающих потери рабочего времени, объединяет причины, не связанные с работой машины, а именно: простои из-за отказов на насосных станциях и силовом оборудовании, из-за аварий на оросительной сети и сооружениях, простои по организационно-хозяйственным причинам, перерывы в работе по метеоусловиям (скорость ветра превышает допустимую для данной машины). Эти потери времени оценивают коэффициентом τ , который во многом зависит от местных условий, таких как обеспеченность района электроэнергией и горю-

че-смазочными материалами, качество и уровень эксплуатации энергетических и оросительных сетей. В особо сложных метеоусловиях учет простоев из-за сильного ветра производится отдельно путем введения дополнительного коэффициента метеоусловий K_M .

Все потери времени можно учесть, вводя в расчетные зависимости для производительности один коэффициент - суточный плановый. $K_{сут.пл.} = K_{сут.} \cdot \tau$. Осредненные приближенные значения этого коэффициента при круглосуточной работе дождевальных машин и установок для различных поливных норм приведены в таблице 8.1. Как видно, для некоторых машин указаны пределы изменения $K_{сут.пл.}$, и выбор конкретного его значения должен производиться в зависимости от условий работы машины или ее модификации. Начальные и конечные цифры диапазонов $K_{сут.пл.}$ отвечают соответственно: для машины ДДА-100МА - длинам бьефов 150 и 400м; ДДН-70,100 - поливам по секторам и треугольникам; "Волжанка" - длинам крыльев 400 и 150м; "Фрегат" - числу опорных тележек 17-20 и 7-10шт.

Таблица 8.1.

Ориентировочные значения коэффициентов использования рабочего времени $K_{сут.пл.}$ при круглосуточной работе дождевальных машин и установок.

Марка машины	Поливные нормы, м ³ /га				
	200	300	400	500	600
КИ-50	ориентировочно 0,90				
ШД-25/300	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88
Полосовые шланговые дождеватели	ориентировочно 0,80				
ДДА-100МА	0,52÷0,61	0,58÷0,66	0,61÷0,68	0,64÷0,69	0,66÷0,70
ДДН-70	0,51÷0,63	0,58÷0,68	0,61÷0,71	0,64÷0,73	0,67÷0,74
ДДН-100	0,65÷0,68	0,68÷0,71	0,70÷0,72	0,71÷0,73	0,72÷0,74
"Волжанка"	0,63÷0,75	0,70÷0,80	0,74÷0,81	0,76÷0,82	0,78÷0,83
"Днепр"	0,60	0,66	0,70	0,73	0,75
"Фрегат"	0,82÷0,87				
"Кубань"	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80

При поливе машинами ДДН по квадратам или промежуточных значениях

факторов, определяющих $K_{\text{сут.пл.}}$ у других машин, выбираются значения коэффициента внутри указанных диапазонов.

С учетом всех потерь - воды и времени - сезонная производительность, или сезонная нагрузка на одну машину, может быть определена по следующим зависимостям:

$$P_{\text{сез.}} = \frac{Q \cdot \beta \cdot K_{\text{сут.пл.}}}{q_{\text{макс}}} = \frac{86,4 \cdot Q \cdot t_i \cdot \beta \cdot K_{\text{сут.пл.}}}{m_i} \quad (8.4)$$

где $q_{\text{макс}}$ - максимальная ордината графика гидромодуля рассматриваемой культуры, л/с; m_i и t_i - поливная норма в м³/га и продолжительность в сутках i -того полива в период максимальной потребности культуры в воде. Определив сезонную производительность, можно найти число машин N , необходимое для полива всей площади F_k или одного поля F_n , занятых данной сельскохозяйственной культурой:

$$N_k = \frac{F_k}{F_{\text{сез.}}} = \frac{F_k \cdot q_{\text{макс}}}{Q \cdot \beta \cdot K_{\text{сут.пл.}}} = \frac{0,0116 \cdot F_k \cdot m_i}{Q \cdot t_i \cdot \beta \cdot K_{\text{сут.пл.}}} \quad (8.5)$$

9. Условия применения дождевания, выбор типа дождевальных машин.

Вопросы целесообразности орошения земель дождеванием и выбора типов дождевальной техники должны решаться с учетом целого ряда климатических, почвенно-мелиоративных, топографических, агробиологических, хозяйственных и прочих факторов.

Очень важными факторами являются климатические: количество естественных осадков, температура воздуха, испаряемость, ветровой режим. Увлажненность территории за вегетационный период характеризуется в первую очередь продуктивно используемыми осадками, дефицитом испаряемости. При больших потерях воды на испарение восполнение дефицита влаги требует при дождевании очень больших энергетических затрат. По этой причине дождевание в аридной зоне практически не применяется.

Во многих районах особенно степной зоны максимальная потребность растений в воде характерна для периодов так называемых суховеев – сухих горячих ветров. Однако именно в эти периоды некоторые машины с дальне- и среднеструйными аппаратами кругового действия не могут быть использованы, поскольку контуры

увлажнения сильно искажаются и не перекрывают друг друга. Поэтому, важной характеристикой ветрового режима территории является относительная длительность периодов со скоростью ветра, превышающей допустимую для данного вида дождевальной техники. Такими предельно допустимыми значениями скорости ветра считаются: для дальнеструйных аппаратов и машин (типа ДД, ДДН) – до 2-3 м/с; среднеструйных аппаратов («Роса», КИ-50, ШД-25/300, ПЗТ-75) – до 4-5 м/с; широкозахватных машин (с большим перекрытием зон увлажнения соседних аппаратов: ДКШ-64, «Днепр», «Фрегат») – до 5-8 м/с; короткоструйных машин (ДДА-100МА, «Кубань») – до 8-10 м/с.

Не менее важными факторами являются почвенно-мелиоративные, основные из которых – это проницаемость, несущая способность, степень засоленности почв и грунтовых вод. Дождевание используется только на слабо- или незасоленных землях, так как не может обеспечить создание промывного режима, хотя возможно использование солоноватых грунтовых вод со степенью минерализации до 1,5-3,0 г/л. Допускаемыми глубинами стояния грунтовых вод считаются при степени их минерализации до 1,5 г/л – 1,5 м и при содержании солей до 3-5 г/л – 2-3 м.

Как уже отмечалось выше, для предотвращения образования луж необходимо, чтобы скорость впитывания воды в почву даже в конце полива превосходила интенсивность искусственного дождя. Только в этом случае будут реализованы такие важные достоинства дождевания, как сохранение комковатой структуры почвенного слоя и отсутствие потерь воды на глубинные утечки. Если для средних по проницаемости почвогрунтов допускаемая интенсивность дождя не превосходит 0,5 мм/мин., то такие машины как ДДА-100МА и «Кубань» при стационарном их положении дают дождь интенсивностью соответственно до 4 и 1,3 мм/мин. Поэтому при использовании некоторых машин на средних и тем более тяжелых грунтах необходимо или сокращение поливных норм, следовательно, увеличение числа поливов, либо увеличение скоростей движения машины, числа их проходов над орошаемой площадью. В любом из этих случаев энергозатраты на проведение поливов существенно возрастают, что делает применение указанных машин в описанных условиях неэкономичным.

На грунтах с большой проницаемостью ограничено применение машин с питанием из временных оросителей (ДДА, ДДН) из-за возможных значительных потерь воды на фильтрацию.

Некоторые дождевальные машины имеют большую массу и не могут быть ис-

пользованы на слабых грунтах (торфяники, иловатые грунты). Например, машина ДДА-100Ма имеет массу около 11 т и нередко требует устройства специальной дороги для ее прохода. Такой же недостаток характерен в определенной степени для многих широкозахватных машин, хотя существуют специальные модификации повышенной проходимости, например, «Фрегат» с опорами, оборудованными пневматическими шинами низкого давления, для использования на торфяниках.

К числу топографических факторов относятся в первую очередь рельеф, а также плановые размеры и конфигурация поливаемых полей.

Стационарные системы с фиксированным положением гидрантов для дождевальных аппаратов могут работать на участках с практически любым сложным рельефом. Проблемы, связанные с избыточностью напоров в низких точках рельефа, легко решаются с помощью установки диафрагм, снижающих напор.

Все дождевальные машины и установки позиционного действия имеют определенные ограничения по уклонам местности. Наиболее строги эти ограничения для машин, забирающих воду из каналов (ДДА, ДДН, «Кубань»), например самая производительная машина «Кубань»-Л должна иметь средний уклон в направлении движения вдоль канала не более 0,003. В то же время уклоны в перпендикулярном направлении - вдоль машины могут изменяться в больших пределах $\sim 0,1$ (у некоторых модификаций «Кубани» с «гибкими» вставками).

Все широкозахватные машины могут применяться только на больших полях, имеющих форму близкую к прямоугольной. Например, та же «Кубань» способна поливать только поля с шириной не менее 800 м. На небольших участках со сложной конфигурацией границ следует использовать маневренные машины типа ДДН, PZT.

Дождевание наиболее целесообразно при поливе овощных культур и пастбищных трав и имеющих неглубокую корневую систему (0,4-0,6 м и 0,5-0,7 м соответственно). Применительно к техническим и зерновым культурам (0,8-1,0 м), а также многолетним травам (1,0-1,2 м) дождевание эффективно лишь при достаточных запасах влаги, образующихся за счет естественных осадков. Не следует применять дождевание для полива томатов и особенно виноградников, которые не любят влажного воздуха.

Определенное влияние на выбор дождевальной техники оказывает высота наземной части растений. Так машины типа «Волжанка» и PZT-75 могут поливать культуры высотой до 1 м и, например, для орошения многих сортов кукурузы не годятся.

