

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Департамент мелиорации

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

С. М. Васильев, В. Н. Шкура

ДОЖДЕВАНИЕ

Учебное пособие

Новочеркасск
РосНИИПМ
2016

УДК 631.347(075.8)

ББК 40.62

В 191

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Назаренко Владимир Александрович – первый заместитель директора ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», кандидат технических наук;

Сенчуков Герман Александрович – Заслуженный мелиоратор РФ, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор.

Васильев С. М., Шкура В. Н.

В 191 Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

ISBN 978-5-9907461-3-8

Приведены основные понятия и сведения по орошению дождеванием, обозначены требования к качеству и технологическим параметрам дождевого полива. Дано описание конструкций и технических параметров дождеобразующих устройств, дождевальных машин, установок, агрегатов и дождевателей.

Рассмотрены конструктивные решения, технические и технологические характеристики отечественной и импортируемой дождевальной техники для дождевого полива полевых сельскохозяйственных угодий, виноградников, садов и цветников, культур, выращиваемых в теплицах и оранжереях.

По различным видам средств полива дождеванием приводится описание их конструкций и условий применения, раскрыты их достоинства и недостатки, предложены направления дальнейшего совершенствования дождевальных машин, установок и других средств дождевания и дождеобразования.

Учебное пособие предназначено для магистрантов по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование», а также аспирантов по направлению подготовки «Сельское хозяйство».

Ключевые слова: дождевое орошение, допустимые параметры полива, дождевальная техника, дождевальные машины, дождевальные установки, дождевальные агрегаты, дождевальные аппараты, дождеватели, дождеобразователи.

УДК 631.347(075.8)

ББК 40.62

ISBN 978-5-9907461-3-8

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ	8
1.1 Общие сведения о дождевом орошении	8
1.2 Основные понятия и классификации	10
1.3 Качество и параметры дождевого полива	27
1.3.1 Интенсивность искусственного дождя	31
1.3.2 Слой осадков при дождевании	51
1.3.3 Производительность дождевальных устройств	56
1.4 Допустимые параметры дождевого полива	59
1.4.1 Допустимая крупность капель искусственного дождя	59
1.4.2 Допустимая интенсивность искусственного дождя	60
1.4.3 Допустимая продолжительность дождевого полива	65
1.4.4 Допустимая поливная норма при дождевом поливе	66
1.4.5 Заключение по состоянию разработок допустимых параметров искусственного дождя	72
1.4.6 Методика определения допустимых параметров дождевого полива	75
1.5 Технология дождевого полива	79
1.5.1 Режимы дождевого полива	79
1.5.2 Технологические схемы дождевого полива	83
2 ДОЖДЕОБРАЗУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА (ДОЖДЕОБРАЗОВАТЕЛИ)	89
3 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ВОЛЖАНКА»	115
4 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ДНЕПР»	127
5 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ОКА»	137
6 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА ДДА-100МА	142
7 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ СЕМЕЙСТВА «ФРЕГАТ»	165
8 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ СЕМЕЙСТВА «КУБАНЬ»	193
8.1 Общие сведения.	193
8.2 Конструкции машин семейства «Кубань»	194
8.2.1 Дождевальная машина «Кубань-М»	195
8.2.2 Дождевальная машина «Кубань-Л»	198
8.2.3 Дождевальная машина «Кубань-ЛК»	204
8.3 Организация полей и компоновка оросительной сети	209
8.3.1 Компоновка поливных участков и оросительной сети для машин фронтального действия.	209
8.3.2 Компоновка полей и оросительной сети под ДМ «Кубань-ЛК»	212
8.4 Технология полива дождевальной машиной «Кубань-Л»	214
8.4.1 Технологические параметры полива ДМ «Кубань-Л»	215
8.4.2 Технологические схемы перемещения дождевальных машин семейства «Кубань» при поливе	218
8.5 Модификации ДМ «Кубань» с уменьшенной (укороченной) длиной поливного крыла	220

8.6 Производительность дождевальных машин подсемейства «Кубань-Л»	221
9 ДАЛЬНЕСТРУЙНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ (ДДН).	225
10 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ТАВРИЯ».....	233
11 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ЛАДОГА»	235
12 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «КОЛОМЕНКА-100»	236
13 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «КАРАВЕЛЛА».....	237
14 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «VALLEY».....	237
15 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «REINKE».....	243
16 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ ФИРМЫ «BAUER»	247
17 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «ZIMMATIC»	251
18 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ КОМПАНИИ RKD	255
19 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «CHAMSA»	258
20 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «WESTERN» И «PIERCE».....	259
21 ШЛАНГОБАРАБАНЫЕ («ШЛАНГОВЫЕ») САМОПЕРЕМЕЩАЮЩИЕСЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ.....	259
22 ШЛАНГОВЫЕ, ПРИНУДИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕЩАЕМЫЕ ДОЖДЕВАТЕЛИ	275
23 СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ.....	279
24 МЕЗОПЛОЩАДНЫЕ (СРЕДНЕЗАХВАТНЫЕ) ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА	285
25 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ УЗКОЗАХВАТНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ МИКРОПЛОЩАДНЫХ И СЛОЖНОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ (МИКРОПЛОЩАДНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА).....	288
26 ТЕПЛИЧНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА	292
27 УСТАНОВКА «ДОЖДЕВАЛЬНЫЙ ШЛЕЙФ»	295
28 УСТРОЙСТВА ТУМАНОВОГО ОРОШЕНИЯ (МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ИЛИ АЭРОЗОЛЬНОГО ДОЖДЕВАНИЯ....	299
29 КОМПЛЕКТЫ СИНХРОННО-ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ....	303
30 СТАЦИОНАРНЫЕ И СЕЗОННО-СТАЦИОНАРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.....	307
31 НАНОПЛОЩАДНЫЕ ДОЖДЕВАТЕЛИ (НАНОДОЖДЕВАТЕЛИ)....	310
31.1 Общие сведения о наноплощадных дождевателях.....	310
31.2 Осциллирующие наноплощадные дождеватели	312
31.3 Импульсные нанодождеватели	318
31.4 Выдвижные нанодождеватели («спринклеры»)	322
31.5 Нанодождеватели кругового действия.	325
31.6 Многофункциональные нанодождеватели.....	328
31.7 Поливочные пистолеты.	329
32 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ	331
32.1 Выбор и комплексная оценка дождевальной техники	331
32.2 Направления совершенствования средств дождевого орошения.	337
32.3 Общее заключение.....	339
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	345

ВВЕДЕНИЕ

В современной практике ирригации (оросительных мелиораций) сельскохозяйственных земель широкое распространение получило дождевое орошение. Дождевание (дождевое орошение) относится к наиболее природоподобным способам искусственного увлажнения сельскохозяйственных угодий. Собственно, процесс подачи поливной воды при дождевании заключается в рассредоточении напорного водного потока (напорной водяной струи) посредством разбрызгивающих средств (аппаратов, дождевателей, спринклеров) или за счёт сопротивления воздушной среды, в совокупности разноразмерных капель, формирующих дождевое облако (дождевой шлейф или факел) и выпадающих под воздействием гравитации на увлажняемую поверхность сельскохозяйственного угодья. Многолетний мировой и отечественный опыт использования дождевого полива подтвердил его высокую эффективность. В процессе развития дождевого орошения («дождевания») совершенствовались и продолжают совершенствоваться обеспечивающие его средства и технологии, при этом подтверждается его очевидная перспективность.

Современные средства и технологии дождевого орошения («дождевания») позволяют в различных природных условиях обеспечить рациональное и эффективное использование природного потенциала сельскохозяйственных угодий, вовлекаемых в процесс природопользования водных, почвенных, трудовых, технических и других ресурсов, при обеспечении экологической безопасности окружающей природной среды, при условии квалифицированного выбора (подбора) и использования соответствующей природным условиям дождевальной техники и соответствующей её эксплуатации.

Большой вклад в разработку и научное обоснование проектирования и эксплуатации систем, средств и технологий дождевания в нашей стране внесли отечественные учёные: Н. П. Бредихин, Н. В. Винникова, В. И. Городничев, К. В. Губер, С. Х. Гусейн-Заде, Н. С. Ерхов, А. П. Исаев, Д. М. Кервалишвили, П. И. Коваленко, Н. М. Кошкин, В. М. Краковец, Б. М. Лебедев, Г. П. Лямперт, Б. О. Миленин, В. Ф. Носенко, Г. В. Ольгаренко, Н. В. Полонский, В. М. Романов, Н. Ф. Рыжко, А. И. Рязанцев, Ю. Ф. Снопич, А. М. Ступак, Б. П. Фокин, В. Н. Щедрин и др. специалисты в области дождевого орошения.

Следует отметить, что в последнее время разработка современных проектов оросительных систем (для условий юга России), использующих орошение дождеванием, практически сконцентрировалась на научно-производственной платформе ФГБНУ «РосНИИПМ».

В отечественной практике дождевого орошения сельскохозяйственных угодий используются дождевальные машины первого поколения (ДДА-100МА, ДДН-70) и их усовершенствованные модификации (ДДА-100ВХ, ДДН-70М др.); семейства дождевальных машин второго поколения («Фрегат», «Волжанка», «Ока», «Днепр»); дождевальные машины третьего поколения («Кубань-Л», «Кубань-ЛК», «Ладога», «Таврия» и другие); шлангобарабанные дождевальные машины («Агрос»); дождевальная техника для полива сложноконтурных участков площадью от 1 до 5 га («ДШ-1»,

«ДШ-0,6П», «КИ-5», «КИ-5», «КСИД» и др.); дождевальные установки и системы мелкодисперсного и аэрозольного дождевания; дождевальные системы и устройства для дождевого полива теплиц, цветников, газонов, древесных (садовых и декоративных) и других насаждений; сборно-разборные дождевальные комплекты для фермерских хозяйств и другие средства дождевания.

На орошаемых сельскохозяйственных угодьях нашей страны используются дождевальные машины, системы, устройства и установки ряда зарубежных фирм и компаний, среди которых: «Valley», «Zimmatic», «Lepa», «Linjar», «Armoire pivot», «Irrifrance», «Senninger», «Nelson», «Komet», «LDN», «Spray», «I-Wob», «Spinner», «Rotator», «Impact», «RKD», «Lindsay», «Frans Pivots», «Ocmys», «Bauer», «Sigma», «Perrot», «Rain Bird», «T-Systems Europe», «Valmont Irrigation», «Wright Rain», «Netafim», «Otech» и другие.

Отметим, что в эпоху «бурного» и «суперинтенсивного» развития орошения сельскохозяйственных земель в нашей стране (60–80-е годы XX века) определяющей задачей ставилось всемерное расширение «поливного клина сельхозугодий». В сельхозоборот ежегодно вводились сотни тысяч гектаров орошаемых земель (сотни дождевальных оросительных систем) с последующим их интенсивным использованием. В практику орошения широко внедрялись средства и технологии дождевого орошения, которые и до настоящего времени, несмотря на моральный и физический износ, всё ещё используются. При этом преимущественно решалась задача обеспечения поливов сельхозугодий без должного контроля за их качеством.

Современная парадигма проектирования и эксплуатации дождевальных оросительных систем отличается от предшествующей и предусматривает:

- разработку, выбор и использование экономичной дождевальной техники, соответствующей конкретным почвенным, топографическим, фенологическим, климатическим, гидрологическим, организационно-хозяйственным условиям, экологическим и природоохранным требованиям и ограничениям;
- разработку, выбор и эффективную реализацию экономически обоснованной, ресурсосберегающей и соответствующей агрономическим, экологическим и природоохранным требованиям технологии эксплуатации (использования) дождевальных систем и средств дождевого орошения (дождевания).

Определяющей целевой установкой в настоящее время является качество, экономичность и экологичность дождевого орошения, реализуемого в конкретных природно-климатических условиях. При этом **качество** дождевого полива и параметры искусственного дождя должно(ы) соответствовать агрономическим и экологическим требованиям, а **качество** дождевальной техники определяется совокупностью её свойств, технических характеристик и технологических параметров, обеспечивающих высокие показатели качества полива при минимальных затратах интегрального ресурса (трудовых, энергетических, материально-технических, водных и других ресурсов).

Смена доминанты (в соотношении количества и качества орошения угодий) – от обеспечения полива («любой ценой и любого качества») до обеспечения только качественного полива, потребовала проведения широкого и глубокого анализа качества применяемых средств дождевого орошения.

Одна из попыток такого анализа и систематизированного описания средств и технологий дождевого орошения осуществлена в настоящем пособии.

В процессе анализа информации по средствам и технологиям дождевания, приведенной в наиболее обстоятельных справочных и учебно-методических изданиях, установлен имеющий место дефицит сведений по ряду актуальных вопросов, наличие неоднозначных понятий и противоречивых подходов, а также неточностей в данных и сведениях, что затрудняет процесс обучения и изучения учебной дисциплины (учебного курса). В связи с отмеченным выше, авторы посчитали возможным и целесообразным привести в пособии не только разнообразные примеры известных подходов и сведений, но и изложить свою точку зрения, данные собственных исследований и обобщений. По-нашему мнению, это позволит изучающим учебную дисциплину и исследователям (аспирантам и магистрантам) оценить известное и созданное их предшественниками, творчески применить приведенные в пособии сведения и развить теорию и практику дождевого орошения.

В пособии должное внимание уделено: 1) современным подходам к терминологии и классификации в области дождевого орошения, дождевальных средств и технологий дождевания; 2) современным требованиям к качеству искусственного дождя и характеристикам дождеобразующих устройств – дождеобразователей; 3) систематизированному описанию дождевальных машин, установок и дождевателей отечественного и зарубежного производства; 4) компоновочным решениям оросительной и поливной сети, обеспечивающей подвод поливной воды к дождевальным устройствам; 5) выбору технологии и определению основных параметров дождевого полива угодий.

В описаниях средств дождевания – дождеобразователей (дождевальных машин и установок) приведены сведения по их конструкциям, условиям применения, достоинствам и недостаткам, техническим характеристикам и технологическим параметрам, осуществлённым или предлагаемым усовершенствованиям; дано описание технологических схем их работы и обосновывающие расчёты по технологическим схемам и параметрам; приведены зависимости по определению производительности дождевальных машин; рассмотрены компоновочные схемы их размещения на севооборотных участках.

В пособии акцент сделан на высокопроизводительную широкозахватную дождевальную технику и при этом рассмотрены различные средства дождевания (дождевальные установки и дождеватели), рекомендуемые для использования на мезо-, микро- и наноплощадных участках орошения (от сотен до десятков гектаров, до одного гектара и менее).

Заключительная часть пособия содержит информацию по оценке и выбору средств дождевания, в этой части сформулированы результаты проведенного анализа и даны соответствующие обобщения, а также минимальный список источников информации, использованных при написании учебного пособия.

По мнению авторов, учебное пособие представляет собой базу для дальнейших творческих изысканий аспирантов и магистрантов, направленных на совершенствование средств и (или) технологий дождевого орошения.

Авторы благодарны Т. И. Кондратьевой и Н. В. Богуславскому за помощь в подборе материалов и оформлении рукописи настоящего пособия.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения о дождевом орошении

Толкование понятия. Дождевое орошение («орошение дождеванием», «дождевание») – орошение, осуществляемое выпуском поливной воды над поверхностью земли (почвенного или растительного покрова) и подачей её на увлажняемую поверхность (в увлажняемую среду) в виде искусственного дождя, создаваемого дождевальными средствами (дождеобразователями). Полив дождеванием (дождевой полив) осуществляется подачей воды в увлажняемое пространство (приземную область атмосферы) в виде совокупности разноразмерных капель (искусственного дождя), выпадающих из формируемого дождевальными устройствами искусственного дождевого облака («шлейфа», «факела») на увлажняемую поверхность сельскохозяйственного угодья (орошаемого участка). В процессе дождевого полива (полива дождеванием) дождевальные средства (устройства) разбрызгивают поливную воду над определённой(ым) зоной (пространством) в приземном слое воздуха.

Технология дождевого орошения (полива) предусматривает забор воды из источника орошения (полива), транспортирование к дождевальным устройствам (машинам, установкам, агрегатам, дождевателям и др.) по открытым или закрытым водоводам оросительных систем, подачу поливной воды в дождеобразователи и придание водному потоку в водоподводящих трубопроводах определённого напора (давления), выброса (выпуска) высокоскоростных(ой) струй(и) из дождеобразователей в воздушную(ое) среду (пространство), самопроизвольное или регулируемое дробление водной струи (водных струй) на мелкие струйки и капли (с образованием «дождевого облака» – «шлейфа»), выпадающие на увлажняемую поверхность сельхозугодья (объекта искусственного увлажнения). Целью способа и технологии дождевого полива является выдача определённой поливной нормы воды на определённый участок орошения. При этом должно быть обеспечено соответствующее качество полива и соблюдены требования экологичности процесса, рациональности и эффективности использования затрачиваемых при этом ресурсов (поливной воды, трудовых ресурсов) и материальных средств.

Условия применения. Применение способа (технологии) дождевого орошения (полива) экономически целесообразно для полива всех видов сельскохозяйственных растений во всех природно-климатических зонах их произрастания, за исключением территорий (земель): со сверхнормативными значениями скорости ветров повторяемостью, превышающей 20 % продолжительности поливного периода; со степенью засоленности почвенного покрова, превышающей среднюю (при плотном остатке на уровне $0,3 \div 0,5$ %); с уровнем стояния грунтовых вод с минерализацией в $1,5 \div 3,0$ г/л на глубине менее $1,5 \div 2,2$ м, а с минерализацией, превышающей 7 г/л, – на глубине менее 3,2 м; в климатических зонах с испарением поливной воды из искусственно формируемого дождевого облака (факела, шлейфа), не превышающем 15 % от объёма водоподачи. Наиболее эффективно орошение угодий искусственным дож-

дём на водопроницаемых почвах для «влагоотзывчивых» сельскохозяйственных культур, режим орошения которых предусматривает проведение частых поливов относительно малыми поливными нормами и при необходимости проведения «освежительных» и «противозаморозковых» поливов. При соответствующем обосновании дождевое орошение может быть реализовано на земельных участках со сложным микрорельефом при относительно близком залегании пресных грунтовых вод, а также на просадочных почвах, но не рекомендуется применять на легкозаплывающих и слабопроницаемых (глинистых) почвах. При этом содержание твёрдых частиц в поливной воде и её минерализация не должны превышать соответствующих регламентных значений для применяемой дождевальной техники и биоэкологических ограничений по поливаемым угодьям (почве поливного участка и культивируемым растениям).

Достоинства дождевого орошения заключаются в нижеследующем.

1. Улучшается микроклимат орошаемой территории. При дождевом поливе (дождевании) наблюдается (имеет место) снижение температуры воздуха до $2,5 \div 3,0$ °С в сравнении с наземными технологиями полива и повышение его влажности на $6 \div 11$ %.
2. Имеется возможность поддерживать в оптимальных пределах не только влажность почвы, но и листовой поверхности растений. Имеет место снижение температуры листовой поверхности растений на $1,9 \div 3,4$ °С по сравнению с температурой приземного слоя воздуха.
3. Полив характеризуется высоким уровнем механизации и может быть полностью автоматизирован.
4. Чётко контролируется выдача поливных ($N_{\text{пол}} \leq 600 \text{ м}^3/\text{га}$) и оросительных ($N_{\text{ор}} < 3000 \text{ м}^3/\text{га}$) норм при приемлемой глубине увлажнения ($h_{\text{увл}}$).
5. Возможность поливать разноразмерные и сложноконтурные участки с большими уклонами ($i \geq 0,03$) и со сложным микрорельефом (требуется менее тщательная планировка полей) при широком диапазоне пёстрости почвенного покрова.
6. Обеспечиваются условия для широкой механизации всех сельскохозяйственных работ.
7. При соответствующем качестве дождя сохраняется структура почвы.
8. Возможность внесения удобрений с поливной водой.
9. В высоких коэффициентах земельного использования ($k_{\text{и/з}}$) и полезного действия ($k_{\text{п/д}}$) оросительной системы по воде.
10. Высокая степень технологичности, мобильности и оперативности организации поливов по срокам, нормам, интенсивности и продолжительности.
11. Возможность проведения противозаморозковых, освежительных, пред- и постпосевных поливов микро-нормами.
12. В высокой производительности труда при поливе.
13. В наличии широкого спектра конструкций дождевальной техники и широких возможностях для совершенствования конструкций дождевальных устройств и технологий полива.
14. Накопленный многолетний мировой и отечественный опыт применения дождевого орошения сельскохозяйственных угодий в различных природно-климатических условиях (зонах).

К недостаткам дождевого орошения относятся нижеследующие.

1. Высокие затраты металла на изготовление дождевальных устройств

(от 40 до 110 кг/га). 2. Большая энергоёмкость процесса дождевания (от 40 до 100 кВт/ч на 1 полив при $N_{\text{пол}} = 300 \text{ м}^3/\text{га}$). При реализации технологии дождевого полива имеет место дополнительное расходование энергетических ресурсов на поднятие водных потоков (масс) с поверхности земли на определённую высоту для последующего выпадения поливной воды в виде водяных капель (брызг) вниз вновь на поверхность полевых угодий. 3. Отрицательное влияние ветра на качество дождя и равномерность его распределения по площади полива (при $V_{\text{вет}} > 3\div 4 \text{ м/с}$). 4. Неэффективность полива на тяжёлых по гранулометрическому составу почвах из-за низкой водовпитывающей способности почвенного слоя и в условиях сухого и жаркого климата (до 30÷40 % воды теряется на испарение); излишние затраты материалов и средств на создание преимущественно трубчатой оросительной сети.

1.2 Основные понятия и классификации

Используемый при описании дождевого орошения терминологический аппарат приведен в Словаре-справочнике (Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: в 2 ч. / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин, под ред. В. Н. Щедрина), основополагающие термины, используемые в настоящем учебном пособии, в соответствии с этой работой, приведены ниже.

В Словаре-справочнике **дождевание (орошение дождеванием, полив дождеванием)** – 1) вид (способ, технология) надземного орошения (полива и (или) увлажнения) земель (воздуха) с использованием искусственного дождя; 2) процесс создания (формирования) искусственного дождя; 3) процесс полива искусственным дождём, создаваемым посредством специальных технических средств (диспергаторов или аэрозолегенераторов) или путём рассосредоточения («распыления») компактных водяных струй в воздухе; 4) сокращённое название терминов «орошение дождеванием» и «полив дождеванием», «дождевое орошение», «дождевой полив». По ГОСТ 26967-86 «**дождевание**» определяется как поверхностное орошение искусственным дождём.

Комментарии. 1. Используются различные наименования дождевания, среди которых дождевание: аэрозольное (мелкодисперсное), высоконапорное, «глотковое», дефолиационное, дискретное, дисперсное, дозированное, зимнее, импульсное, импульсно-локальное, крупнокапельное, малоинтенсивное (медленное или микроинтенсивное), мелкокапельное, мелкоструйное (микроструйное), микродождевание, мобильное, надкрановое, низкоинтенсивное, низконапорное, непрерывное, обычное, освежительное, отоплительное, периодическое, подкрановое, прерывистое (импульсное), приземное, противозаморозковое, равно- и разнопаузовое, разноинтенсивное (слабо-, средне-, высокоинтенсивное), синхронно-импульсное (синхронное импульсное), средне-напорное, стабильное (стабильно-интенсивное и переменнo-интенсивное), стационарное (позиционное), удобрительное, утеплительное, цикличное, челночное, эрозионно-безопасное и другие названия дождевания. 2. К неудачным и не рекомендуемым к использованию названиям «дождевания» следует отнести: «высоко-, средне- и низконапорное дождевание» (как не опреде-

ляющие его существа); «глотковое», как имеющее синоним – «импульсное»; «мелко- или микроструйное дождевание», как несоответствующее существу искусственного дождя; «обычное дождевание», как ничего не выражающее понятие; «циклическое» и «челночное» дождевание, как понятия, относящиеся к технологии поливов, «порционное (равно- и разнорпорционное) дождевание» и ряд других. 3. Имеются редко используемые, но, в принципе, возможные варианты названий, среди которых: «дозированное дождевание» (понимаемое как изменяющееся по интенсивности в процессе полива); «малоинтенсивное дождевание» или «медленное дождевание» (понимаемое как дождевание с малой интенсивностью искусственного дождя); «разноинтенсивное дождевание» (понимаемое как дождевание, проводимое с разной интенсивностью дождя в течение одного полива); «стабильное дождевание» (понимаемое как дождевание, проводимое с одинаковой интенсивностью дождя в течение всего полива). 4. Применяются неудачные наименования дождевания, связанные с дополнительным функциональным назначением поливов, среди которых: «дефолиантное дождевание» (дождевание с использованием поливной воды, содержащей растворённые в ней дефолианты); «освежительное дождевание» (полив дождеванием в острозасушливые периоды с целью снижения температуры воздуха и увлажнения листовой поверхности растений, то есть формирования более благоприятного для растений микроклимата); «противозаморозковое (утеплительное) дождевание» (полив дождеванием с целью защиты растений от воздействия низких температур воздуха в преддверии или во время заморозков); «удобри- тельное (фертигационное) дождевание» (полив дождеванием с использованием воды, содержащей растворённые минеральные удобрения и другие агрохимические препараты); приземное дождевание – дождевание с разбрызгиванием (подачей) поливной воды с высоты, не превышающей 1 м от поверхности почвы (при приземном дождевании достигается 30÷35%-ное снижение потерь воды на испарение и обеспечивается работа при скорости ветра до 12 м/с. Реализуется применением шланговых (шланговых) водовыпусков, монтируемых на фермах ДДА-100МА, ДВХ и ряде других дождеваль- ных машин. 5. Различают и используют ряд уточняющих названий дождева- ния по: 1) месту выпуска дождя – «подкroновое» (дождевой полив древес- ных культур с подачей микроструй или дождевых капель в подкroновое про- странство), «внутрикroновое» (с увлажнением древесных растений подачей поливной воды во внутрикroновое пространство) и «надкroновое» дождева- ние (с подачей искусственного дождя в надкroновое пространство древес- ных культур); 2) по интенсивности искусственного дождя – «низкоинтен- сивное» («малоинтенсивное» или «медленное») дождевание, понимаемое как дождевание с интенсивностью искусственного дождя, составляющей 0,025÷0,1 мм/мин, «среднеинтенсивное» дождевание при интенсивности дождя от 0,1 до 0,5 мм/мин, «высокоинтенсивное дождевание при интен- сивности дождя, изменяющейся в пределах 0,5÷1,0 мм/мин и суперинтенсив- ное дождевание при $I_d > 1,0$ мм/мин»; 3) по степени стабильности полива

во времени – непрерывное («обычное») дождевание, определяемое Словарю-справочнику как «технология дождевания с непрерывной во времени (одноразовой) выдачей удельной поливной нормы (на ширину зоны увлажнения) в одном месте поливного участка с одной позиции дождевальной машины и (или) установки»; прерывистое (дискретное) дождевание – 1) технология дождевания с многократной за период одного полива выдачей удельной поливной нормы на единицу одновременно поливаемой части поливного участка; 2) технология дождевания, предусматривающая неоднократное чередование периодов подачи поливной воды и пауз между ними в пределах поливного периода. Различают равнопаузовое и разнопаузовое (по продолжительности пауз) прерывистое («дискретное») дождевание; 3) по характеру (режиму) выпуска поливных струй (поливной воды) из дождеобразующих устройств рассматривается – «стабильное дождевание» (с постоянной подачей поливной воды из дождеобразователей) и «импульсное дождевание», определяемое как технология полива дождеванием, заключающаяся в периодическом (прерывистом во времени) выбросе (выплёскивании) воды из дождевателей в виде («мощных») распыляющихся на капли в воздухе водяных струй (с созданием искусственного дождя), а по ГОСТ 26967-86 импульсное дождевание определяется как «дождевание в импульсном режиме». Технология импульсного дождевания предусматривает в процессе полива сочетание пауз в водоподаче и периодов выброса струй поливной воды из дождевателей. Используется понятие «синхронно-импульсное дождевание», при котором несколько «импульсных дождевателей» в устроенных пределах поливаемого участка работают синхронно и в соответствии с водопотреблением среды (объекта) увлажнения (растений и почвенного покрова угодья).

В Словаре-справочнике приведены определения наиболее распространённых названий видов и технологий дождевания, отдельные из которых рассмотрены ниже.

Дождевание аэрозольное («мелкокапельное дождевание», «мелкодисперсное дождевание») – вид дождевания (технология (способ) «дождевого орошения или полива»), основанный на использовании искусственного дождя из капель со средним диаметром $0,1 \div 0,5$ мм. **Комментарии.** 1. Термин «аэрозольное дождевание» ошибочно подменяется неудачным понятием «аэрозольное орошение». 2. Понятие «аэрозольное дождевание» синонимизируют с понятиями: «мелкодисперсное орошение», «мелкодисперсный полив», «мелкокапельное орошение», «аэрозольное орошение», «мелкодисперсное увлажнение» или «аэрозольное увлажнение».

В ряде работ «аэрозольное дождевание» синонимизируют с понятием «аэрозольное орошение». В соответствии со Словарем-справочником **орошение аэрозольное (мелкодисперсное орошение, мелкокапельное орошение, мелкодисперсное дождевание, дисперсное орошение, аэрозольное дождевание, аэрозольное увлажнение)** – вид дождевания мелкораспылённой в воздухе водой, водной аэрозолью (мелкодисперсной водовоздушной смесью) с каплями размером $0,1 \div 0,5$ мм. По ГОСТ 26967-86 **«орошение аэрозольное** – орошение мельчайшими каплями воды для регулирования тем-

пературы и влажности приземного слоя атмосферы», а по В. Н. Щедрину «орошение аэрозольное – орошение мельчайшими каплями воды для регулирования температуры и влажности припочвенного слоя воздуха». **Комментарий.** Название термина применительно к понятию «орошение земель» неудачное, так как реально речь идёт об аэрозольном (мелкокапельном) дождевании или «тумановом орошении». В профессиональном сленге необоснованно в качестве синонимов используют понятия «аэрозольное орошение», «аэрозольное увлажнение» и «аэрозольное дождевание». От применения данного термина рекомендуется воздерживаться. Более точно использовать рекомендуемое понятие «аэрозольное» (мелкодисперсное или мелкокапельное) дождевание.

По Словарю-справочнику, часто синонимизируемое с «аэрозольным дождеванием», **«мелкокапельное дождевание»** (**«мелкодисперсное дождевание»**) определяется как «технология дождевого орошения (полива), искусственно формируемым дождём со средними размерами водных капель, не превышающими 0,5 мм». Учитывая условность разделения видов (технологий) дождевания (дождевого орошения или полива) по размерам капель на аэрозольное, дисперсное (мелкодисперсное, средне- и крупнодисперсное), мелко-, средне- и крупнокапельное, а также использование понятий «дождевое» и «тумановое орошение», представляется целесообразным рассматривать **«аэрозольное дождевание»** при крупности капель искусственного дождя до 0,3 мм, а **«мелкодисперсное (мелкокапельное) дождевание»** – при диаметре капель дождя от 0,3 до 0,5 мм и относить эти виды дождевания к тумановому орошению (поливу). Мелкодисперсное дождевание отличается от «обычного» дождевания крупностью капель, частотой поливов, относительно малыми (меньшими) поливными нормами, относительно малым промачиванием почвенного слоя, более щадящим воздействием искусственного дождя на растения и почвенный покров. Мелкодисперсное дождевание (как и «аэрозольное увлажнение») с крупностью водных капель, составляющей 100÷500 мкм, позволяет понижать температуру воздуха на 3÷15 °С и повышать относительную влажность на 10÷22 % и более. **«Среднекапельное дождевание»** может соответствовать дождеванию (дождевому орошению или поливу) с крупностью капель искусственного дождя от 0,5 до 1,0 мм в количестве, превышающем 50 % от числа капель, выпадающих на 1 м² поливаемой площади, и к **«крупнокапельному дождеванию»** может быть отнесено дождевание каплями, средний диаметр которых превышает 1 мм, или в соответствии со Словарем-справочником **«дождевание крупнокапельное – дождевой полив сельскохозяйственных угодий искусственным (крупнокапельным) дождём, содержащим крупные дождевые капли ($d \geq 1,5 \div 2,0$ мм) в количестве, превышающем 50 % от их числа, выпадающих на 1 м² поливаемой поверхности угодья»**.

Резюмируя вышеприведенное по рассматриваемому термину «дождевание» отметим, что с помощью современных представлений данное понятие целесообразно и более точно определить как процесс формирования искусственного дождя («дождеобразования») и последующего использования его для дож-

девого орошения или полива (искусственного увлажнения) сельскохозяйственных угодий, растительного покрова и (или) приземного слоя атмосферы.

Термин «дождевание» часто синонимизируется с понятиями: «орошение дождеванием» и «полив дождеванием»; «дождевое орошение» и «дождевой полив», что в точном понимании не есть одно и то же. (И тем не менее, понимая условность такого «терминоприменения», допускаем возможность этой синонимизации в связи с распространённостью такого подхода).

Дождевое орошение («**орошение дождеванием**» или «**дождевание**») (в соответствии с современной классификацией «орошения», приведенной в Словаре-справочнике – 1) вид надземного орошения с подачей поливной воды на увлажняемую поверхность (в увлажняемое пространство) в виде искусственного дождя, создаваемого дождевальными устройствами; 2) орошение с выпуском оросительной воды над поверхностью объекта увлажнения (земель, почв или угодий) и подачей её на увлажняемую поверхность (почвенного слоя) в виде искусственного дождя, создаваемого дождевальными устройствами.

Дождевой полив (**полив «дождеванием», «дождевание»**) – полив (одноразовое искусственное увлажнение объекта или среды) с подачей воды на объект орошения (в увлажняемую зону) в виде искусственного дождя, создаваемого посредством дождевальных машин, установок, агрегатов и устройств. **Комментарии.** 1. Применяется «надземный» (полив с выпуском воды с клиренсной высоты дождевального устройства, то есть без учёта высоты растений) и «приземный» или «приповерхностный» полив сельхозугодий дождеванием («дождевой полив») с выпуском воды на уровне верха стеблестоя или на высоте $h \leq 1,0$ м от поверхности фитонепокрытого почвенного покрова. 2. Используются названия различных видов дождевого полива: 1) «дождевой противозаморозковый полив» или «противозаморозковый полив», определяемый по Словарю-справочнику как «полив сельскохозяйственных культур дождеванием, осуществляемый в период и (или) в преддверии весенних заморозков для повышения температуры воздушной среды (воздуха)», а по ГОСТ 26967-86 «**полив противозаморозковый** – полив дождеванием для защиты растений от заморозка»^{*}; 2) **полив дождевой освежительный (охлаждающий)** – полив сельхозугодий дождеванием, проводимый в период суховея и экстремально высоких температур для снижения температуры воздуха и повышения влажности среды; 3) **полив дождевой отопительный** – дождевой полив сельскохозяйственных угодий (дождеванием) тёплыми оросительными водами с целью повышения температуры воздушной среды и почвенного слоя или ускорения оттаивания мёрзлых почв (различают и реализуют ранневесенние и (или) поздние осенние отопительные поливы);

4) **полив дождевой удобрительный («фертигационный»)** – полив сельскохозяйственных угодий дождеванием с использованием поливной воды, содержащей растворённые в ней удобрения и (или) агрохимические препараты.

^{*} Противозаморозковые поливы дождеванием микрополивными нормами, кроме защиты растений от перемерзания, позволяют в более ранние сроки производить высадку овощных и других культур с получением продукции в более ранние сроки.

Дождь искусственный – совокупность множества ниспадающих водных брызг или одно- и разноразмерных капель, созданных дождевальными средствами, обеспечивающими увлажнение приземного слоя воздуха, растений и почв. **Комментарии.** 1. Искусственный дождь формируется из множества брызг или капель воды диаметром $0,5 \div 2,0$ мм или из мелкодисперсных капелек диаметром менее 0,5 мм. 2. Различают: крупно- (с диаметром капель более 2,0 мм), средне- (более 0,5 мм, но менее 2,0 мм) и мелкодисперсный (с диаметром капель менее 0,5 мм) искусственный дождь; мелкодисперсный, аэрозольный дождь (дождь-туман) и «моросящий» дождь (с каплями диаметром в $0,1 \div 0,5$ мм). 3. Рассматривают интенсивный и низкоинтенсивный искусственный дождь. 4. Известно деление искусственного дождя на: очень малый (диаметром менее 0,1 мм), малый ($0,1 \div 0,5$ мм), средний ($0,5 \div 1,0$ мм), крупный ($1,0 \div 2,0$ мм) и очень крупный (диаметром более 2,0 мм); «непрерывный» и «прерывистый»; стабильный (моноинтенсивный) и разноинтенсивный. 5. Использование понятий «прерывистый дождь» и «непрерывный дождь» представляется нам нецелесообразным. Судя по Е. С. Маркову, под непрерывным дождем понимается искусственный дождь, при котором площадь полива с одной позиции (дождевального устройства) увлажняется непрерывно в течение времени, необходимого для выдачи заданной поливной нормы, а при «прерывистом дожде происходит перемещение увлажняемого контура на площади полива с одной позиции». По нашему мнению, более точно использовать понятия «непрерывное дождевание» и «прерывистое дождевание». 6. Используются понятия «интенсивность дождя», «слой дождя», «допустимая интенсивность дождя», «крупность дождя», часто объединяемые понятием «структура дождя». 7. Под структурой искусственного дождя понимается совокупность отдельных характеристик и параметров капельного(ой) выпадения (подачи) поливной воды на (в) увлажняемое пространство, составляющих искусственный дождь. Структура искусственного дождя, создаваемого дождевальными устройствами, характеризуется его интенсивностью, размером капель, слоем дождевых осадков, выдаваемых за один цикл и равномерностью распределения их по орошаемой площади. Указанные параметры структуры искусственного дождя являются определяющими критериальными характеристиками дождеобразующих устройств (насадок, аппаратов, диспергаторов и аэрозолеобразователей) и средств дождевания (дождевателей, дождевальных машин или установок).

Интенсивность дождя – показатель, характеризующий приращение или величину слоя воды (в сантиметрах), формирующегося на поверхности земли и выпадающего на поливаемую поверхность в единицу времени (минуты или секунды) в процессе выпадения естественного или искусственного дождя (мм/с; см/мин; м/час). **Комментарии.** 1. Используется в качестве одного из основных показателей при выборе дождевальной техники. 2. Различают мгновенную, действительную, среднюю и допустимую (достоковую) интенсивность дождя. 3. Рассматривается: очень низкая (менее 0,1 мм/мин), низкая ($0,1 \div 0,2$ мм/мин), средняя ($0,2 \div 0,5$ мм/мин), высокая

(0,5÷1,0 мм/мин) и очень высокая (более 1,0 мм/мин) интенсивность искусственного дождя. 4. Различают расчётную, допустимую и фактическую интенсивность «искусственного дождя». 5. Имеются примеры необоснованной синонимизации таких терминов как «интенсивность дождя» и «интенсивность дождевания».

В Словаре-справочнике под «интенсивностью дождевания» понимается показатель, характеризующий скорость выдачи поливной нормы, равный отношению поливной нормы ко времени (к продолжительности) её подачи на орошаемый участок [$(\text{м}^3/\text{га})/\text{час}$ или мм/мин]. **Комментарий.** Используют понятие «интенсивность дождевания допустимая» – интенсивность дождевания, обеспечивающая в определённых почвенно-рельефных условиях подачу требуемой (расчётной) нормы полива (поливной нормы) без образования на поверхности почвы луж и стока воды. В соответствии с ГОСТ 26967-86 **«интенсивность дождевания допустимая** – интенсивность искусственного дождя, при которой не образуется поверхностный сток» (см. А. В. Колганов и др.).

Интенсивность искусственного дождя увязывается со **«скоростью впитывания воды почвой»**, под которой понимается скорость поглощения почвой или грунтом (микропористым материалом) определённого слоя воды. **Комментарии.** 1. Различают: «гравитационную» (скорость впитывания слоя стекающей вниз воды) и «капиллярную» (скорость впитывания поднимающегося по капиллярам слоя воды, называемой ещё скоростью капиллярного поднятия) скорость; скорость напорного и безнапорного (характерного для дождевого полива) впитывания. 2. Применительно к дождеванию скорость впитывания приравнивается к допустимой (достоковой) интенсивности искусственного дождя, формируемого дождевальными устройствами и измеряется в мм/мин или см/час. 3. Скорость впитывания воды в почву при поливах зависит от трещиноватости почвенного слоя и его иссушенности (дополивной увлажнённости – предполивной влажности); состояния поверхности почвенного покрова (взрыхлённости, обледенённости, уплотнённости); гранулометрического (механического) состава, слоистости, плотности, пористости и структуры почвы; содержания гумуса; состава поглощённых оснований и наличия гидрофильных коллоидов; водно-физических свойств почвы (влагоёмкости и влагопроводимости); насыщенности почвы солями и катионами; степени набухаемости почвы и других факторов. Различают напорное (при наличии слоя воды на поверхности почвы) и безнапорное (при отсутствии слоя воды, покрывающего поверхность земли) впитывание воды в почву. Скорость напорного впитывания поливной воды в почву при наземных технологиях орошения (полосовом, бороздовом, чековом поливе) значительно превышает таковую при безнапорном впитывании (при дождевом поливе – поливе дождеванием). Скорость впитывания воды почвой является одной из важнейших водно-физических характеристик почвенного слоя, определяющих технологию (способ) орошения, выбор средств орошения и интенсивность полива сельскохозяйственных угодий.

Слой дождевых осадков – мера количества (объёма) выпадающих за определённый период на единицу площади осадков, выраженная через миллиметры водного слоя, равномерно распределённого по этой площади или в м³/га. **Комментарии.** 1. В практике дождевого полива рассматривают слой выпадающих из искусственного дождевого облака осадков поливной воды за один проход или один оборот дождевального устройства. «Однопроходной» или «однооборотный» слой дождевых осадков является одним из основных показателей средств дождевого полива (дождевальной техники). 2. Выражаемый в миллиметрах слой дождевых осадков соответствует величине поливной нормы. 3. Определяют средний по площади (зоне полива) слой дождевых осадков. 4. Величина фактически выпадающего из дождевого облака слоя дождя в сопоставлении (в соотношении) со средним по поливаемой площади значением является показателем равномерности дождевого полива. 5. По величине среднего слоя выпадающих на поле дождевых осадков определяется производительность дождевальных устройств по водоподаче (то есть по воде), являющейся одной из их технических характеристик.

Средства дождевания – системы, устройства, механизмы, машины, установки, аппараты, агрегаты, орудия и приспособления, обеспечивающие дождевой полив. **Комментарии.** 1. К средствам дождевого орошения (полива) относят: «дождевальные системы», «дождевальные машины», «дождевальные установки», «дождеватели», «дождеобразователи», «дождевальные агрегаты», «дождевальные аппараты», «дождевальные сопла», «дождевальные насадки», «дождевальные форсунки», «дождевальные пушки», «дождевальное оборудование», «дождевальные водомёты», «дождевальную технику», «дождевальные устройства» и другие «дождевальные средства», обеспечивающие дождевание. 2. Кроме указанных используются названия и понятия: «дождевальные трубопроводы», «дождевальные крылья» и другие.

Дождевальная техника – технические устройства (машины, установки и дождеватели), обеспечивающие дождевой полив (дождевое орошение). **Комментарии.** 1. Дождевальную технику или технические средства, обеспечивающие дождевое орошение (орошение или полив дождеванием), классифицируют по ряду признаков и различают: дождевальные машины, дождевальные установки и дождевальные агрегаты (дождеватели). 2. Используются понятия: «дождевальное оборудование», «дождевальные средства» или «средства дождевания» и «дождевальные устройства». 3. Дождевальную технику условно разделяют на: коротко-, средне- и дальнеструйную; низко-, средне- и высоконапорную. 4. Выделяют дождевальную технику, питающуюся водой из напорной и открытой оросительной (поливной) сети. 5. Дождевальная техника (дождевальные устройства) обеспечивает(ют) дождевое орошение (дождевой полив) сельскохозяйственных угодий. В процессе разработки, создания и использования средств дождевого орошения совершенствовались их конструктивные решения и технологии эксплуатации. В процессе развития конструкторской мысли предлагались различные конструкции и названия дождевальных средств, среди которых: 1) дождевальные аппараты, агрегаты, машины, установки, насадки, комплекты,

«пушки», «водомёты», системы, трубопроводы, устройства, водоводы, шлейфы, шланги, пистолеты; 2) дождевальное оборудование, дождеватели, дождеобразователи. Отметим, что, в свою очередь, каждый вид дождевальной техники имеет свою систему названий. При этом специалистами разных производственных, научных и учебных школ применялись десятки внесистемных названий и часто по-разному называли одно и то же дождевальное средство (примеры тому даны в ряде разделов этой работы). Указанное обстоятельство привело к терминологическому хаосу, для преодоления которого потребовалась обоснованная терминология и классификация. К настоящему времени разработана широкая линейка устройств дождевого полива, определились главенствующие направления их конструирования. Систематизация конструкций дождевальных устройств (дождевальной техники) позволяет рассмотреть приведенную ниже их общую классификацию по ряду основополагающих таксономических признаков («таксонов»).

Классификация дождевальной техники (дождевальных устройств).

В общем наборе средств дождевого полива (дождевальной техники) по конструктивному признаку различают: дождевальные машины и установки, дождеватели (дождевальные агрегаты, устройства и аппараты) и дождевальные пистолеты, имеющие отличающиеся конструктивные особенности.

Дождевальную технику классифицируют по признаку источника их питания поливной водой на устройства с забором воды из открытых водоисточников (канальных оросителей) и устройства с питанием поливной водой из гидрантов трубчатых напорных водоводов (трубопроводных или шланговых оросителей). В дождевальных устройствах (машинах и установках), питающихся водой из канальных оросителей (грунтовых или облицованных), обязательным элементом конструкции является насосный агрегат (насосно-силовое оборудование), а в устройствах, питающихся из напорных трубопроводов или шлангов, необходимый напор обеспечивается за счёт давления в водоводах. Ряд дождевальных устройств «питается» поливной водой из скважин, оборудованных глубинными или поверхностно (наземно) располагаемых насосами, что учитывается при их классифицировании.

Дождевальная техника подразделяется по технологии производства полива на устройства, поливающие (работающие) позиционно и в движении. В устройствах позиционного полива искусственный дождь с определённой интенсивностью выпадает на определённую зону увлажнения в течение определённого периода времени при стационарном положении машины или установки. В устройствах, работающих в движении (в процессе фронтального перемещения) или вращении (повороте) их вокруг оси, поливаемая (увлажняемая) зона постоянно изменяется как по местоположению, так и по размерам.

Различают дождевальные устройства фронтального, кругового и ипподромного перемещения. При этом устройства кругового действия могут осуществлять полив как по кругу (полному кругу), так и по его части (сектору).

В наборе дождевальных устройств выделяют устройства стабильного (непрерывного) и импульсного (периодического или прерывистого) полива.

Дождевальные устройства классифицируют по ширине зоны или полосы захвата искусственным дождём на: широкозахватные (с шириной или радиусом захвата более 100 м); среднезахватные – при $50 \text{ м} < b_{\text{зах}} (R_{\text{зах}}) \leq 100 \text{ м}$; узкозахватные – при $b_{\text{зах}}$ или $R_{\text{зах}} \leq 50 \text{ м}$. С учётом ширины зоны полива условно рассматриваются мега-, макро-, мезо- и микроплощадные дождевальные средства или устройства для дождевания.

По длине максимального отлёта поливных струй (капель искусственного дождя) от дождеобразователя выделяют: короткоструйные устройства (с отлётом поливных струй до 15 м); среднеструйные устройства с отлётом струй (капель) на расстояние в 15÷35 м и дальнеструйные с зоной захвата искусственным дождём, превышающей 35÷100 м и более.

Выделяют низконапорные (с напором до 20 м), средненапорные (с напором $20 \text{ м} < P < 30 \text{ м}$) и высоконапорные (с напором более 30 м) дождевальные машины и установки, дождеватели и дождеобразователи.

Дождевальные устройства могут быть стационарными или сезонно-стационарными, самоперемещаемыми и принудительно перемещаемыми.

Различают дождевальные (дождеобразующие) устройства среднекапельного, мелкокапельного, дисперсного или аэрозольного дождевания, подразделяемые по размерам капель формируемого ими искусственного дождя.

Каждый из отдельных видов дождевальных устройств (машин, установок, дождевателей и дождеобразователей) имеет свою(ё) внутривидовую(ое) классификацию (классификационное деление). Так, дождевальные машины подразделяют на: одно-, двух- и многоопорные; одно- и двухконсольные и мостовые; гидроприводные и электроприводные; шлангобарабанные и др.

Дождевальные устройства характеризуются нижеследующими основными техническими и технологическими показателями: расходом поливной воды; рабочим напором; радиусом (шириной) захвата или площадью зоны захвата искусственным дождём; средней интенсивностью искусственного дождя; средним размером капель дождя. Кроме основных показателей различные виды дождевальной техники (дождевальных устройств) характеризуются рядом индивидуальных показателей (например, скоростью вращения дождевателя (дождеобразователя); скоростью перемещения дождевальной машины; слоем осадков за один оборот; сезонной площадью полива и др.).

Дождеобразователь (разбрызгиватель, распылитель (гидрораспылитель – водораспылитель), спринклер) – устройство, обеспечивающее образование искусственного дождя. *Комментарии.* 1. Различают и используются: дождеобразующие (дождевальные, водораспылительные) насадки и аппараты; диспергаторы и аэрозольные генераторы – аэрозолегенераторы. 2. Могут быть коротко-, средне- и дальнеструйными. 3. Указанные виды дождеобразователей располагают внутривидовой классификацией (делением). 4. Часто используется частично синонимизирующее понятие «дождеватель». От такой синонимизации рекомендуется воздерживаться, а в перспективе отказаться, так как под дождевателем (дождевальным агрегатом) понимается простое дождевальное устройство или часть дождеваль-

ной машины (установки), оборудованное дождеобразователем(ями) и другими элементами, обеспечивающее дождевой полив при подключении его к энергетической установке (электро- или гидроприводу). 5. Искусственный дождь в струйных дождеобразователях создаётся дождевальными аппаратами и (или) насадками, среди которых широкое распространение получили их струйные конструкции (струйные (гидроструйные) насадки и струйные дождевальные аппараты). Принцип работы таких устройств заключается в выбросе в воздушное пространство под напором водных струй (водной струи). Водные струи с определённой начальной скоростью вступают в физическое взаимодействие с воздушной средой, где вследствие аэродинамического сопротивления, турбулентности струи и воздушных потоков они дробятся на более мелкие струйки и отдельные капли различных размеров. Теряющие (изначально полученную) кинетическую энергию поливные струи, дождевые струйки и разноразмерные капли поливной воды под воздействием гравитации выпадают на поверхность земли или растений в пределах определённой площади орошаемого участка. 6. Кроме описанных выше подходов, при классифицировании дождеобразующих устройств рассматривают динамические (подвижные или «ротаторные») и статические (неподвижные или «веерные») дождеобразователи. При этом предполагается, что подвижные (вращающиеся или поворачивающиеся) дождеобразователи имеют механизм вращения (поворота), обеспечивающий круговой или секторный полив при однонаправленном или возвратно-поступательном вращении (повороте) водовыпускного элемента, а статические (статические) дождеобразователи, формирующие веерные или зонтичные дождевые облака, факелы или шлейфы, чаще называемые разбрызгивателями, не имеют механизма вращения или поворота водовыпускного элемента. 7. Рассматриваются регулируемые (имеющие устройства для регулирования параметрами дождевальных струй, шлейфов или факелов (протяжённости, ширины, расхода и др.) и не регулируемые, то есть функционирующие при статичных неизменяемых размерах дождевого облака. 8. Дождеобразователи подразделяют на дождевальные устройства, обеспечивающие моно- и разноудалённый полив, «нежный» и «жёсткий» полив; надкроновый, внутрикроновый, подкроновый и прикорневой полив древесных растений и другие виды дождевателей по параметрам полива (равномерный и неравномерный полив и др.).

Дождевальная машина (ДМ) – 1) самоперемещающееся (мобильное) дождевальное устройство (машина), имеющее автономный двигатель (энергетическую силовую установку) или привод (гидравлический, пневматический, электрический), движитель или ходовую часть, автономный насос или подведённый к нему напорный, питающий его, водовод, дождеватели и дождевальные аппараты или насадки (дождеобразующие рабочие органы), в комплексе обеспечивающие поливы дождеванием; 2) самоперемещающееся при поливе или самоперемещающееся при смене поливных позиций дождевальное устройство, имеющее индивидуальный движитель (механизм или привод) и средства дождевания, обеспечивающие дождевое орошение; 3) по ГОСТ 26967-86 «дождевальная машина – поливная машина с рабочими

органами для дождевания», а по В. Н. Щедрину поливная машина с рабочими органами для дождевания, оборудованная техническими средствами для перемещения. **Комментарии.** 1. Обязательным элементом дождевальных машин (в отличие от установок и дождевателей) является наличие самоперемещающихся (самоходных) средств (конструктивных элементов), обеспечивающих их перемещение по поливному участку и (или) с одного поливного участка на другой. 2. Различают: коротко-, средне- и дальнеструйные дождевальные машины; действующие позиционно и в движении; перекатываемые, перетаскиваемые и самоходные; фронтального («поступательного»), кругового («вращательного») и фронтально-кругового (инподромного) перемещения; узко-, средне- и широкозахватные; барабанные (шлангобарабанные) и шланговые; многоопорные и колёсные; береговые и седлающие; механические, гидравлические, электрифицированные; низко-, средне- и высококлиренсовые; питающиеся водой из открытых и закрытых оросителей и другие виды дождевальных машин. 3. Подавляющее количество дождевальных машин характеризуются рядом таксономических признаков, в связи с чем используются их развёрнутые наименования, примером тому являются нижеследующие: «Двухконсольная дождевальная машина ДДА-100МА»; Дождевальная многоопорная машина позиционного действия ДКШ-64 «Волжанка»; «Широкозахватная многоопорная электрифицированная самоходная среднеструйная фронтально перемещающаяся дождевальная машина «Днепр»; «Широкозахватная многоопорная гидроприводная самоперемещающаяся дождевальная машина кругового действия «Фрегат»; «Самоходная электрифицированная многоопорная пневмоколёсная широкозахватная реверсная короткоструйная фронтально перемещающаяся поливающая в движении и питающаяся водой из открытого оросителя дождевальная машина «Кубань-Л»; «Шлангобарабанный дождевальная машина» и другие. 4. Дождевальные машины, кроме вышеуказанных таксонов, характеризуются рядом технических, технологических, агроэкологических и хозяйственно-экономических показателей, основные из которых рассмотрены ниже. 4.1. **Технические показатели:** 1) номинальный (регламентный) расход поливной воды, изымаемый из водного источника (оросителя, гидранта, скважины) и подаваемый на орошаемый участок ($q_{д/м}$, л/с) или регламентный регулируемый диапазон расходов машины; 2) номинальное (рабочее) давление в водоводе (трубопроводе), обеспечивающее регламентный режим дождеобразователей ($P_{д/м}$, атм или МПа) или регулируемый диапазон давлений в дождевальном трубопроводе; 3) ширина или радиус зоны захвата искусственным дождём при поливе в регламентном диапазоне расходов и давлений ($b_{зах}$ и $R_{зах}$, м); 4) длина зоны захвата искусственным дождём ($l_{зах}$, м); 5) площадь полива с одной позиции ($м^2$ или га); 6) расстояние между канальными оросителями или гидрантами ($b_{м/ор}$ или $b_{м/г}$, м); 7) клиренс (для машин мостовой конструкции ($h_{кл}$, м) или регулируемая высота размещения дождеобразователей; 8) допустимая скорость ветра при поливе (v_v , м/с).

4.2. Технологические показатели: 1) скорость перемещения (вращения) дождевальной машины при поливе (линейная – для машин фронтального действия (м/с) или угловая – для машин кругового действия (об/мин или об/час) или регулируемый диапазон рабочих скоростей движения машины); 2) скорость перемещения дождевальной машины при холостом проходе (ходе) в м/с или об/час; 3) интенсивность искусственного дождя при стационарном поливе (мм/мин) или диапазон регулируемого изменения величины интенсивности дождя в процессе полива; 4) слой искусственного дождя, формируемый на увлажняемой площади: за 1 минуту для машин, работающих позиционно; за 1 минуту – для машин, поливающих при фронтальном перемещении при определённых значениях скорости движения; за 1 минуту оборота – для машин, поливающих в процессе вращения.

4.3. Агроэкологические показатели: 1) среднекубический диаметр капель (в мм); 2) соответствие регламентных значений интенсивности искусственного дождя скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву ($\bar{I}_{д/ср} / v_{вп.б/н}$); 3) равномерность полива (распределения слоя дождя по поливному участку), выражаемая показателем Кристиансена; 4) удельная мощность (энергия) дождя по среднему диаметру капель.

4.4. Хозяйственно-экономические показатели: 1) показатель трудовых ресурсов (количество обслуживающего персонала на гектар поливаемой машины площади); 2) площадь, обслуживаемая машиной за оросительный период (сезон) в гектарах при средней поливной норме, равной 300 м³/га; 3) коэффициент использования земли («земельного использования») КЗИ; 4) коэффициент использования рабочего времени при поливе (в смену, сутки, поливной и оросительный периоды); 5) показатели металлоёмкости (материалоёмкости) в кг/га; 6) показатель энергоёмкости (энергетической эффективности в кВт·ч/га); 7) коэффициент полезного действия «по воде»; 8) стоимость дождевальной машины в руб/га; 9) затраты на создание оросительной сети в руб/га; 10) срок окупаемости в годах; 11) показатели долговечности, наработки на отказ и ремонтпригодности; 12) эксплуатационные затраты в руб/га. Для полной характеристики отдельных дождевальных машин, кроме вышеприведенных основных, используют индивидуальные показатели; 5. Известно условно классификационное деление дождевальных машин (В. Н. Щедрин и др.) на дождевальные машины первого, второго, третьего и четвёртого поколений, характеризующее качественные уровни их развития (при этом предусматривается возможность использования на одной оросительной системе дождевальных машин «уходящего», «господствующего» и «приходящего» поколений). При таком классификационном делении рассматриваются несколько показателей (таксонов), характеризующих дождевальные машины соответствующего поколения. Так по В. Н. Щедрину*, дождевальные машины третьего поколения характеризуются: автоматизированным режимом полива; возможностью многоцелевого использования; питанием (преимущественно) от за-

* Поколения оросительных систем: прошлое, настоящее, будущее: монография / под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – 164 с.

крытой оросительной сети очищенной (высокоочищенной) поливной водой; высоким уровнем компьютеризации систем контроля и управления; широким спектром модификаций и типоразмеров; максимальным учётом природно-климатических и агрофенологических условий; высокой производительностью при малом ресурсопотреблении (малой энергоёмкости и материалоёмкости), минимизации трудозатрат при автоматическом поливе и высокой степени надёжности и защищённости.

Дождевальные установки (ДУ) – переносные (сборно-разборные) или передвижные (блочные) устройства для однопозиционного полива дождеванием, состоящие из питающихся от гидрантов или автономных насосных установок, водоподающих и работающих в напорном режиме трубопроводов и подсоединённых к ним в определённых позициях (местах) стационарных (неподвижных) или вращающихся (карусельных) водоводов-дождевателей с закреплёнными в их концевой части дождевальными аппаратами или насадками. По ГОСТ 26967-86 «дождевальная установка – установка для позиционного полива дождеванием». *Комментарии.* 1. Различают: коротко-, средне- и дальнеструйные; сборно-разборные и блочные; стационарные [жёстко закреплённые на трубопроводе и поливающие на одной позиции (на (в) одном месте)] и перемещаемые (переносные, транспортируемые) с одной стационарной поливной позиции на другую и другие дождевательные установки. 2. Дождевательные установки представляют собой дождевательные устройства, размещаемые на стационарных или принудительно перемещаемых опорах. Установки не имеют «самоходных («самоперемещающихся») опор» [средств (механизмов)] для самостоятельного перемещения по поливаемому участку в процессе полива (т. е. не имеют самостоятельных средств перемещения) и с одной позиции на другую перемещаются (переставляются и устанавливаются) принудительно другими (не связанными с дождевальным средством) устройствами. Полив установками осуществляется с одной позиции (позиционно) без перемещения по поливному участку в процессе полива. 3. Используют условные названия: «короткоструйные дождевательные установки» (КДУ) с отлётом поливных струй на расстояние до 10 м; «среднеструйные дождевательные установки» (СДУ) при $R_{стр} = 25 \div 30$ м и «дальнеструйные дождевательные установки» (ДДУ) с радиусом отлёта струй (радиусом захвата), превышающим 30 ÷ 60 м и более. 4. Условно дождевательные установки разделяются на: низконапорные (при $P_{yc} \leq 20$ м), средненапорные (при $20 \text{ м} < P_{yc} < 30 \text{ м}$) и высоконапорные дождевательные установки. 5. Могут обеспечивать стабильный, прерывистый или импульсный полив. 6. Применяются установки, питающиеся поливной водой из гидрантов закрытой напорной сети или «изымающие» воду из водных источников посредством индивидуального насоса (насосной установки). При этом забор поливной воды может осуществляться как из закрытой (трубчатой), так и из открытой оросительной сети (то есть из закрытых и открытых оросителей).

Дождеватель – принудительно перемещаемое (переносное) компактное дождевальное устройство позиционного (однопозиционного) полива, со-

стоящее из закреплённого на стойке (опоре) дождеобразователя (насадки или аппарата) и питающееся поливной водой из напорного водовода. **Комментарии.** 1. Термин (понятие) ранее использовавшийся (использовавшееся) в понимании – «дождеобразователь». 2. Используется в качестве самостоятельного дождевального устройства для локального стационарного полива относительно небольших поливных участков. 3. Относится к узкозахватным (короткоструйным) и микроплощадным дождевальным устройствам с гидравлическим приводом, функционирующим за счёт энергии напорного водного потока, питающего дождеобразователь. 4. Различают вращающиеся и осциллирующие (поворачивающиеся) дождеватели и дождеватели позиционного и кругового (секторного) действия. 5. Может осуществлять непрерывное, прерывистое и импульсное дождевание.

Дождевальный агрегат – агрегатируемая с двигателем (энергосиловой установкой) часть дождевальной машины, обеспечивающая процесс полива, но не функционирующая без агрегирующего средства. **Комментарии.** 1. Конструктивно дождевальный агрегат представляет собой дождеобразующее устройство или совокупность совместно функционирующих дождевальных устройств, подача поливной воды и функционирование которых осуществляется энерго- и насосно-силовым оборудованием агрегирующего средства. 2. Известны навесные дождевальные агрегаты (навесное дождевальное средство) как часть дождевальных машин серии ДДА-100МА, дождевальных машин серии ДДН и другие. 3. По Словарю-справочнику «**дождевальный агрегат**» определяется как навешиваемое на самоперемещающиеся энергетические установки (трактор, платформы) дождевальное устройство (дождеватель), распределяющее изымаемую из открытых или закрытых оросителей посредством дождевальных насадок или аппаратов воду над поверхностью орошаемых объектов в виде искусственного дождя (брызг). **Комментарии.** 1. Наибольшее распространение получили: 1) работающий в движении двухконсольный, навесной (навешиваемый на трактор) короткоструйный дождевальный агрегат с дождевальными насадками кругового или секторного действия (типа ДДА или ДВХ); 2) навешиваемый на трактор дальнеструйный навесной дождеватель позиционного кругового или секторного действия, питающийся из открытой или закрытой оросительной сети (типа ДДН); 3) устанавливаемый на шасси дальне- или среднеструйный работающий в движении дождевальный агрегат с насадкой (аппаратом) секторного действия, перемещаемый тягой, создаваемой наматываемым на лебёдку тросом, закреплённым на шасси или наматываемым на барабан водоподающим шлангом. 2. Имеются реальные и многочисленные примеры синонимизации вышеуказанных понятий «дождевальных агрегатов» вкупе с действующими, обеспечивающими их работу, энергетическими установками и средствами движения с понятием (названием) «дождевальные машины».

Дождевальная система («система дождевания» или «система дождевого орошения») – 1) вид оросительной системы, обеспечивающей орошение среды или объекта увлажнения дождеванием («дождевым орошени-

ем»); 2) оросительная система с поливной сетью, обеспечивающей условия для поливов дождеванием. **Комментарии.** 1. Различают: дождевальные системы со стационарной, стационарно-мобильной («полустационарной») и мобильной (перемещаемой или передвигаемой) оросительной сетью; дождевательные системы с открытой, закрытой и комбинированной («закрыто-открытой») поливной сетью. 2. Стационарные (многолетние и сезонно-стационарные) редко применяемые дождевательные системы состоят из стационарно размещённых элементов оросительной сети, при этом собственно дождеобразующие устройства могут быть съёмными и заменяемыми. 3. Наиболее распространённые полустационарные дождевательные системы включают перемещаемые дождевательные устройства (машины, установки, дождеватели), питающиеся поливной водой из стационарных (постоянно и продолжительно действующих) поливных трубопроводов, каналов и других элементов оросительной сети (насосных станций, магистральных и распределительных водоводов с соответствующей арматурой). 4. К передвижным (мобильным) дождевальным системам относятся системы, в которых все элементы оросительной сети при поливах перемещаются с одной поливной позиции на другую. 5. В зависимости от площади полива угодий рассматриваются макро-, мезо-, микро- и нанодождевательные системы.

Технология дождевания (технология дождевого полива) – совокупность последовательно и (или) параллельно выполняемых технологических операций, обеспечивающих забор поливной воды из источника орошения (закрытого или открытого оросителя), образование искусственного дождя, подачу и распределение его по поливному участку, осуществляемых дождевальными средствами (машинами, установками или дождевателями).

Зона захвата дождём – круглая, секторная или прямоугольная по форме зона однопозиционного увлажнения поверхности орошаемого участка. **Комментарии.** 1. Зона захвата характеризуется определёнными линейными размерами и площадью. 2. Для дождевательных устройств кругового действия зона захвата имеет форму круга с радиусом равным радиусу захвата (радиусу полива). По ГОСТ ИСО 11545-2004 под радиусом (дождевого) полива (применительно к дождеобразователю) понимается расстояние от дождеобразователя до точки зоны увлажнения (увлажняемой с одной позиции зоны) с интенсивностью искусственного дождя равной или менее 1 мм/час (т. е. $I_d \leq 0,0167$ мм/мин). Отметим, что в большинстве известных рекомендаций длина радиуса захвата (полива) определяется по крайней (наиболее удалённой от дождеобразователя) капле искусственного дождя. 3. В ГОСТ ИСО 11545-2004 для дождевательных машин кругового действия предлагается устанавливать «радиус эффективного полива» (захвата), определяемый удалённостью концевой дождеобразующего устройства (аппарата) от оси вращения дождевательного крыла машины, увеличенной на 75 % радиуса его полива. 4. Ширина эффективного полива (захвата) двукрылой дождевательной машиной фронтального (поступательного) действия (перемещения при поливе) определяется расстоянием (длиной дождевательного трубопровода) между концевыми дождеобразующими устройствами, уве-

личенным на 75 % радиуса их полива. Для однокрылой дождевальнoй машины ширина эффективного полива (захвата) определяется длиной (протяжённостью) дождевального трубопровода от центральной (опорной) тележки до концевoго дождеобразователя, увеличенной на 75 % радиуса его полива.

Качество дождевого полива – обобщающая характеристика полива дождеванием, определяющая соответствие его параметров регламентным, экологическим и фитобиологическим требованиям. **Комментарии.** 1. Качество поливов дождеванием может быть обеспечено соответствующей условиям полива дождевальной техникой при соответствующей технологии их проведения. В качестве показателей качества полива рассматривают: 1.1) соответствие выданной поливной нормы расчётной в соответствующие режиму орошения сроки; 1.2) соответствие интенсивности и крупности капель дождя почвозащитным и агробиологическим требованиям и показателям; 1.3) соответствие требованиям равномерности распределения слоя дождевых осадков по поливному участку (зоне полива); 1.4) соответствие технологических потерь поливной воды и расхода других ресурсов регламентным требованиям применяемой дождевальной техники. 2. В соответствии с современными представлениями при качественном поливе: 2.1) средняя интенсивность искусственного дождя не превышает допустимых значений скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву (т. е. $\bar{I}_{\text{д/ср}} \leq I_{\text{д/доп}} \leq v_{\text{вп.б/н}}$); 2.2) средний (средневзвешенный) размер (диаметр) капель дождя ($d_{\text{кап}}$) не превышает $0,9 \div 1,0$ мм, а для особо «нежных» на динамические (ударные) воздействия культур – $d_{\text{кап}} = 0,4 \div 0,6$ мм; 2.3) диновременная выдаваемая поливная норма ($N_{\text{пол}}$) и продолжительность непрерывного дождевания не превышают допустимых значений $N_{\text{пол/доп}}$ и $t_{\text{пол/доп}}$; 2.4) коэффициент равномерности распределения слоя осадков («коэффициент эффективного полива» $k_{\text{пол/эф'}}$) (по Б. Б. Шумакову) не должен быть менее 0,7 (т. е. более 70 % площади должно быть полито с интенсивностью дождя не менее $0,75 \bar{I}_{\text{д/ср}}$ и не более $1,25 \bar{I}_{\text{д/ср}}$). По данным Б. Г. Штепа и Б. Б. Шумакова значения «коэффициентов эффективного полива» составляют: у дождевальной машины «Днепр» – $0,44 \div 0,53$; у ДМ «ДДН-70» $k_{\text{пол/эф'}} = 0,50$; у «ДДА-100МА» – $k_{\text{пол/эф'}} = 0,23$ (при позиционном поливе) и $k_{\text{пол/эф'}} = 0,702$ при поливе в движении; у ДМ «Волжанка» и «Фрегат» – $0,75$; у ДМ «Кубань-Л» – $k_{\text{пол/эф'}} = 0,8$; у дождевальной машины ДДА-100МА (по Б. Б. Шумакову) значение $k_{\text{пол/эф'}} = 0,67$, а у модернизированной машины ДДА-100ВХ его значение достигает $0,75 \div 0,80$. Известны сведения о более высоких значениях $k_{\text{пол/эф'}}$ у ряда импортируемых дождевальных машин третьего поколения (на уровне, достигающем $0,90 \div 0,95$). 3. Известны предложения по использованию названий и понятий: «качество искусственного дождя», «качество дождевальной техники», «качество дождевальных машин» и ряда др.

1.3 Качество и параметры дождевого полива

Качество дождевого полива определяется его соответствием агробиологическим (фенологическим) и экологическим требованиям при высоких показателях ресурсосбережения и низких затратах на его проведение. По Ю. Ф. Снопич качество искусственного дождя характеризуется «среднеэффективной интенсивностью», диаметром капель и «коэффициентами, характеризующими равномерность распределения дождя на орошаемой площади».

Отметим, что дождевой полив (полив дождеванием) изначально имеет качественные преимущества перед другими способами (технологиями) орошения и в большей степени близок к природному процессу. Собственно, процесс дождевого полива (дождевания), реализуемый на поливном участке, заключается в заборе поливной воды из водного источника (открытого или закрытого оросителя), подъёме её над поверхностью земли и выбросе водной массы в виде водной струи в воздушную надземную среду, где под воздействием сопротивления воздуха высокоскоростная водная струя, теряя начальную кинетическую энергию, рассосредоточивается на отдельные («отрывающиеся от струи») капли, образует дождевое облако (дождевой факел или шлейф), отдельные капли воды из которого, под воздействием гравитации, выпадают на земную поверхность. В процессе дождевания происходит увлажнение (повышение влажности) в пределах охваченного дождевым облаком воздушного пространства стеблелистовой поверхности растений и почвенного покрова. При этом относительно небольшая часть водной массы испаряется и формирует микроклимат в приземном слое сельскохозяйственных угодий, а большая её часть покрывает растения и поверхность земли и в последующем впитывается почвой. При дождевании (дождевом поливе) наблюдается понижение температуры охваченного дождевым облаком воздушного пространства стеблелистовой поверхности культивируемых на сельскохозяйственном угодье растений и увлажняемого почвенного слоя.

Разработанные технологии дождевания и средства дождеобразования позволяют осуществить дробление (распыление) водной струи в дождеобразователе и выброс поливной воды в приземное воздушное пространство в виде водных макро-, мезо-, микро- и наноразмерных капель, в совокупности формирующих дождевое облако (влагонасыщенное воздушное пространство), увлажняющее (повышающее влажность) воздух, а в процессе выпадения («оседания») капель (капелек) воды имеет место увлажнение поверхности растений и почвы. Физический процесс (механизм) увлажнения почвенного покрова дождевыми осадками, выпадающими на поверхность земли каплями искусственного дождя, (поглощения воды почвой) определяется воздействием на водную массу совокупностью сорбционных, гравитационных, капиллярных и других сил взаимодействия воды и почвы. При этом имеет место преимущественно вертикальное перемещение («просачивание») почвенной влаги с формированием в почвенном пространстве градиента влажности между отдельными зонами с разной увлажнённостью (влажностью) почвенных разностей (отдельностей). Наличие градиента влажности определяет процесс

влажнопереноса (влажноперемищения) от поверхностных (увлажняемых искусственным дождём) слоёв почвы к заглубленным горизонтам почвенного профиля. В результате внутрпочвенного влажноперемищения формируется искусственно увлажняемый почвенный слой определённой (расчётной) глубины с определённым(ой) уровнем (степенью) влажности (увлажнённости).

Параметры и качество искусственного дождевого увлажнения приземного воздушного пространства (слоя), растительного покрова и почвы определяются структурой искусственного дождя, формируемого дождеобразователями (дождеобразующими устройствами). Обязательными требованиями качественного дождевого полива определено: 1) отсутствие лужеобразования и стока (тока) поливной воды по поверхности почвы; 2) минимизация ударного воздействия капель дождя на почвенные агрегаты, исключаяющего их разрушение; 3) равномерное увлажнение почвенного покрова поливного участка (в пределах участка дождевого полива); 4) формирование определённого уровня влажности корнеобитаемого слоя почвы; 5) заданное повышение влажности приземного слоя воздуха с одновременным снижением температуры воздушной и почвенной среды произрастания растений. Отметим, что не все приведенные выше качественные требования к дождевому орошению (поливу) обеспечены научно обоснованными количественными показателями, что, в определённой мере, затрудняет их практическую реализацию.

Качество дождевого полива определяется интенсивностью выпадения дождевых осадков и структурой дождя, а минимизация ударного воздействия капель искусственного дождя на почву и предотвращение разрушения почвенных агрегатов обеспечивается при соблюдении требований по уровню интенсивности выпадения дождевых осадков и размерам дождевых капель.

Е. С. Марков считает, что «структура почвы сохраняется при интенсивности дождя равной $0,1 \div 0,15$ мм/мин». Допустимое превышение этой интенсивности для слабопроницаемых почв – до $0,2$ мм/мин, для среднепроницаемых – до $0,2 \div 0,3$ мм/мин и для легкопроницаемых – до $0,5 \div 0,8$ мм/мин. По А. И. Безменову, при поливе «тяжёлых» почв интенсивность дождя не должна превышать $0,06 \div 0,15$ мм/мин, на средних почвах допустимая интенсивность дождя ($I_{\text{д/доп}}$) может составлять $0,10 \div 0,25$ мм/мин, а на лёгких – $I_{\text{д/доп}} = 0,15 \div 0,45$ мм/мин, а наилучшей интенсивностью является $I_{\text{д}} = 0,06 \div 0,15$ мм/мин при диаметре капель дождя менее $1 \div 2$ мм. При превышении указанных пределов структура почвы разрушается, а на её поверхности образуются лужи и эродирующий почвенный покров сток воды, а после полива образуется почвенная корка.

В почвоохранном и фитозащитном отношении по Б. Б. Шумакову наиболее приемлем «морозящий» искусственный дождь с дождевыми каплями диаметром $0,4 \div 0,9$ мм, а, по Ю. Ф. Снопич, наиболее приемлемой является средняя интенсивность искусственного дождя в $0,17$ мм/мин при диаметре дождевых капель в 1 мм.

Отметим, что практически все используемые средства дождевания не обеспечивают вышеуказанных требований по средней интенсивности дождя

и среднему диаметру капель, так как высокая диспергизация водной массы и низкая интенсивность дождя резко снижают производительность дождевальных устройств и повышают затраты на проведение дождевых поливов.

Одним из важнейших показателей качества полива является равномерность распределения поливной нормы по участку орошения (зоне полива). Отметим, что в ГОСТ ИСО 11545-2004 используется понятие «равномерность орошения», что не соответствует сути процесса и более точно использовать понятия: «равномерность полива», «равномерность увлажнения», «равномерность распределения дождя» или «равномерность слоя искусственного дождя, формируемого при поливе дождеванием (дождевом поливе)».

В качестве показателя равномерности полива используют «коэффициент эффективного полива», который в соответствии с Б. Б. Шумаков, характеризует степень равномерности распределения объёма поливной воды по единовременно орошаемому участку. Значение этого коэффициента $k_{\text{эф/п}} \geq 0,7$ (т. е. более 70 % площади должно быть полито с интенсивностью дождя не менее $0,75 I_{\text{д/доп}}$ и не более $1,25 I_{\text{д/доп}}$). А по Б. Б. Шумаков, качество полива дождеванием определяется условием: 70 % площади угодья должно быть полито с интенсивностью искусственного дождя, составляющей не менее $0,75 \bar{I}_{\text{д/ср}}$ и не более $1,25 \bar{I}_{\text{д/ср}}$. Указанное требование для современного уровня развития дождевальной техники представляется нам значительно заниженным, то есть допускает на 30 % площади сельхозугодья более чем 25%-ный недополив или переполив, что не соответствует современным технологиям «точного» земледелия.

В отечественной практике применяются дождевальные устройства с различными значениями коэффициента эффективного полива. Так, по Б. Г. Штепа, коэффициент эффективного полива у ДМ «Днепр» составляет $k_{\text{пол/эф}} = 0,44 \div 0,53$. По А. Н. Данильченко, минимальная величина выдаваемого слоя искусственного дождя для ЭДМФ «Кубань» из условия обеспечения требуемого качества полива должна превышать или быть равной 17 мм. На равномерность (неравномерность) распределения искусственного дождя (поливной воды) по зоне захвата дождевальным устройством оказывает влияние режим работы дождеобразователей, колебания расходов и напоров, погодные условия, характер движения машины.

На качество дождевого полива влияет значительное количество факторов, среди которых: качество средств дождевания и качество технологии их использования при дождевом поливе; почвенные, топографические и фенологические условия полива; микро- и нанорельефное состояние поверхности угодий; природно-климатические и другие факторы. Каждый из указанных факторов зависит от ряда других факторов влияния, интенсивность воздействия части из них на процесс впитывания поливной воды почвой до настоящего времени в полной мере не изучена (не исследована). Учитывая вышеотмеченное, а также значительную неоднородность почвенных, топографических и фенологических условий даже в пределах одного поля (поливного участка) оптимизировать режим полива в конкретных условиях его проведения рекомендуется на основе проб-

ных (опытных) поливов. Указанный подход повышает надёжность разработки технологии полива и определение его расчётных параметров, но требует дополнительных затрат и времени, что не всегда может быть обеспечено в реальных хозяйственно-экономических условиях.

При несоблюдении условия луже- и стокообразования прибегают к уменьшению интенсивности искусственного дождя заменой или регулировкой дождеобразующих устройств; к технологии прерывистого («паузового») полива или к технологии с разной величиной выдаваемого слоя искусственного дождя; к рыхлению или щелеванию почвенного покрова, покрытию поверхности угодий мульчей и другим агротехническим и агромелиоративным приёмам повышения впитывающей способности расчётного слоя почв.

Одной из важнейших (основных) технологических задач является увязка технических возможностей средств дождевого орошения и принятой технологии полива с природными условиями поливного участка. Структура искусственного дождя (интенсивность дождя, размер дождевых капель, слой осадков за один проход, равномерность распределения водных масс по поливаемому участку) должна быть увязана с фенологическими, топографическими, почвенными, метеорологическими условиями дождевого полива.

Вышеуказанные требования могут быть обеспечены соответствующими условиям полива средствами дождевания (дождевальными машинами и установками, дождевателями и дождеобразователями) при соответствующих технологиях их применения. Судя по Б. Г. Штепа, высокое качество искусственного дождя обеспечивается струйными дождеобразующими устройствами, имеющими соотношение напора воды в устройстве (насадке) (P_a , м) к диаметру сопла (d_c , мм), находящемуся в пределах $P_a / d_c = 1800 \div 2400$.

В сложившейся практике дождевого орошения преимущественно решается задача внесения в почву (подачи на сельхозугодье) определённого (расчётного или заданного) количества воды (поливной нормы) без образования луж и поверхностного стока (тока или течения) поливной воды. Поливная норма при дождевом поливе определяется принятым (расчётным или эксплуатационным) режимом орошения сельскохозяйственного(ной) угодья (культуры). Выдача расчётной поливной нормы ($N_{\text{пол}}$, мм) обеспечивается средством дождевания с определённой интенсивностью искусственного дождя ($I_{\text{д/факт}}$, мм/мин) в течение определённого времени полива – водоподачи ($t_{\text{пол}}$, мин), то есть $N_{\text{пол}} = I_{\text{д/факт}} \cdot t_{\text{пол}}$. С увеличением продолжительности полива интенсивность искусственного дождя должна уменьшаться в соответствии с характером изменения скорости впитывания поливной воды в почву во времени. Выдача расчётной поливной нормы ($N_{\text{пол}}$) без луже- и стокообразования (то есть с полным впитыванием поливной воды почвой) зависит от сочетания ряда различных природных и техногенных факторов: фенологического и топографического состояния сельскохозяйственного угодья и впитывающей способности почвы (скорости впитывания воды); интенсивности искусственного дождя, крупности капель и продолжительности полива.

Все вышеуказанные факторы влияния должны учитываться при выборе средств дождевого полива, определении технологии и параметров дождевания конкретного поливного участка и сельскохозяйственного угодья.

1.3.1 Интенсивность искусственного дождя

До настоящего времени гидромелиораторы по-разному и не всегда точно определяли и определяют понятие «интенсивность дождя». Так, по Н. С. Ерхову «интенсивность дождя – слой осадков, выпадающий на почву в единицу времени», а по Словарю-справочнику под «интенсивностью дождя» понимается «показатель, характеризующий приращение или величину слоя воды (мм, см), формирующегося на поверхности земли в единицу времени (мин или с) в процессе выпадения естественного или искусственного дождя (мм/с, мм/мин, см/мин)». В Словаре-справочнике рассматривается: «очень низкая (менее 0,1 мм/мин), низкая (0,1÷0,2 мм/мин), средняя (0,2÷0,5 мм/мин), высокая (0,5÷1,0 мм/мин) и очень высокая (более 1,0 мм/мин) интенсивность дождя». Различают расчётную и фактическую; мгновенную, действительную среднюю и допустимую интенсивность искусственного дождя. Отмечается необоснованность имеющей место синонимизации понятий «интенсивность дождя» и «интенсивность дождевания». По определению, приведенному в публикациях Е. С. Маркова и А. И. Голованова, «интенсивность дождя выражается его слоем, выпадающим на поливную площадь за единицу времени и изменяется в миллиметрах в минуту (мм/мин)», а по предложению И. Ф. Хруппа и В. П. Иванова, под интенсивностью дождя понимается: «1) слой воды в миллиметрах, создаваемый дождём за одну минуту» и «2) слой дождя, выпавший за единицу времени в точке на поверхности поля». По мнению Н. К. Шульги и А. И. Дукмасова, «интенсивность дождя характеризует скорость его выпадения и выражается в мм/мин» (т. е. соответствует величине слоя воды (дождевых осадков), формируемого(ых) в единицу времени).

Резюмируя известные толкования термина, можно заключить, что под интенсивностью дождя следует понимать его показатель, характеризующий динамику (скорость или динамичность) формирования или приращения слоя дождевых осадков (поливной воды) во времени (за единицу времени). Количественно интенсивность дождя (I_d) определяется по соотношениям вида: $I_d = h_d / t$ или $I_d = \Delta h_d / \Delta t$, где h_d – слой выпадающей воды (дождя, жидких осадков) за определённый период времени t , Δh_d – приращение слоя выпадающих дождевых осадков за временной период Δt . Интенсивность искусственного дождя выражается (измеряется) в мм/мин и реже в см/мин или м/час.

По-нашему мнению, термин «интенсивность дождя» может быть определён как: 1) показатель дождя, характеризующий динамику (скорость) формирования или приращения слоя выпадающих дождевых осадков (выпадающей из дождевого облака воды) во времени; 2) величина слоя (h_{oc}) или величина приращения слоя (Δh_{oc}) воды (дождевых осадков), одновременно и не-

прерывно выпадающей (выпадающих) из дождевого облака ко времени его выпадения (измерения или фиксации), т. е. $I_d = \Delta h_{oc} / \Delta t$ или $I_d = \Delta h_{oc} / t$, мм/мин, а применительно к дождевому поливу – $I_d = h_d / t_{пол}$, мм/мин.

В практике дождевого орошения (полива) рассматривается мгновенная или актуальная; действительная или истинная; средняя или осреднённая и условная интенсивность искусственного дождя, создаваемого дождеобразующими устройствами (дождеобразователями). Кроме этого, гидромелиораторы-«орошенцы» оперируют такими понятиями и названиями интенсивностей, как фактическая и допустимая, «среднемгновенная», максимальная и минимальная, «среднеэффективная», «среднекруговая» и «среднебьефная», техническая и (или) технологическая эффективность искусственного дождя.

К сожалению, и до настоящего времени применяемые понятия и названия интенсивности искусственного дождя понимаются и определяются специалистами и пользователями по-разному, что приводит к недоразумениям и к затруднениям при проектировании и эксплуатации систем дождевого орошения, подборе средств дождевания и разработке технологических схем работы дождевальной техники (дождеобразователей, дождевателей, дождевальных машин и установок). Примером тому являются известные данные по значениям интенсивности искусственного дождя, формируемого дождевальной машиной ДДА-100МА. Так, по А. И. Безменову средняя интенсивность дождя для этой дождевальной машины составляет 2,5 мм/мин; по Н. С. Ерхову – $I_d = 3,6$ мм/мин, а по Б. Г. Штепа средняя интенсивность для этого дождевального агрегата при длине поливного бьефа, равной 300 м, составляет 0,22 мм/мин. При определении разных видов интенсивности искусственного дождя разными специалистами всё ещё используются разные расчётные зависимости и учитываются разные факторы влияния.

Мгновенная интенсивность искусственного дождя. В реальных условиях при работе дождеобразующих средств (насадок и аппаратов) имеет место значительная неравномерность выпадения водных масс на увлажняемую поверхность, то есть наблюдается неравномерность интенсивности искусственного дождя в пространстве и во времени. При поливе дальнеструйными аппаратами интенсивность дождя в отдельных точках зоны полива может достигать 10÷12 мм/мин при среднем значении интенсивности выпадающего дождя, равной 0,2÷0,3 мм/мин. Для определения фактических значений интенсивности выпадения поливной воды из искусственного дождевого облака («факела» или «шлейфа») в любой точке единовременно увлажняемой зоны используется такой показатель искусственного дождя, как «мгновенная интенсивность дождя». По мнению А. И. Голованова, «мгновенная интенсивность дождя (мм/мин) отражает интенсивность в точке на поверхности почвы и выражается отношением приращения слоя осадков dh , который находят экспериментально, с помощью дождемерного сосуда, к приращению времени dt » (т. е. $I_{д/мгн} = dh / dt$). По Б. Б. Шумакову «мгновенная интенсивность дождя (мм/мин) определяется отношением приращения слоя осадков (мм) в данной точке к приращению времени (мин)»,

т. е. $I_{д/мгн} = dh / dt$. Судя по Б. Г. Штепа, мгновенная интенсивность синонимизируется с понятием «истинная интенсивность дождя ($I_{д/ист}$)», отражающая интенсивность выпадения искусственного дождя в точке на поверхности почвы и выражаемая отношением приращения слоя осадков (dh) к приращению времени их выпадения или измерения (dt).

По-нашему мнению, данный вид показателя интенсивности дождя более точно определять, как **актуальную интенсивность искусственного дождя**, непрерывно выпадающего в любой точке увлажняемого пространства (его выпадения на земную поверхность) в течение одной минуты. Количественные значения актуальной интенсивности искусственного дождя определяются экспериментально замером приращения слоя выпадающих осадков (поливной воды) в различных точках увлажняемого(ой) пространства (зоны) за короткий временной период (реально равный 1 мин) и находится по соотношению: $I_{д/акт} = \Delta h_{д} / \Delta t$, мм/мин. Актуальная интенсивность выпадения осадков (поливной воды) из дождевого облака (факела, шлейфа), формируемого дождеобразующим устройством (дождеобразователем), значительно отличается от среднего (осреднённого во времени и площади зоны увлажнения) значения интенсивности дождя как в большую, так и в меньшую сторону и позволяет через соотношение актуальной и средней интенсивности ($\bar{I}_{д/акт} / \bar{I}_{д/ср} = k_{нер}$) оценить степень неравномерности выпадения осадков, формируемых различными дождеобразователями. Отметим, что данная характеристика искусственного дождя на современном этапе (до настоящего времени) развития орошения практически не определяется и обсуждается преимущественно на теоретическом уровне, хотя и имеет определяющее значение для оценки качества искусственного дождя при расчётах его эродировующего воздействия на почву. По-нашему мнению, разработка методики определения актуальной интенсивности искусственного дождя, создаваемого дождевателями, и собственно её определение в ближайшей перспективе будет востребованной и станет актуальной проблемой при разработке и использовании почво- и фитозащитных средств дождевого орошения.

В ряде известных разработок используется понятие «условная» («побьефная» или «полнокруговая») **интенсивность искусственного дождя**, определяемая через соотношение выдаваемого дождевальным устройством (дождевателем, дождевальной машиной или установкой) объёма поливной воды за 1 мин к общей площади единовременно и непрерывно увлажняемой зоны полива с одной позиции, в пределах одного бьефа или полнокругового поливного участка. Для дождевального аппарата, поливающего по кругу (в процессе его вращения вокруг вертикальной оси), условную интенсивность дождя А. А. Богушевский, А. И. Голованов предлагают определять по зависимости: $I_{д/усл} = 60 q_{д/а} / \pi R_{зах}^2$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $q_{д/а}$ – расход струйного вращающегося вокруг вертикальной оси и поливающего по кругу дождевального аппарата, л/с; $60 q_{д/а} = W_{в/п}$ – объём водоподдачи

(подачи поливной воды) струйным дождевальным аппаратом, л/с за период времени ($t_{в/п}$), равный 1 мин; $R_{зах}$ – радиус захвата зоны увлажнения, определяемый по дальности отлёта струи («последних», «крайних» или наиболее удалённых от струйного дождеобразователя капель искусственного дождя), м; $\pi R_{зах}^2$ – площадь полива струйным вращающимся дождевальным аппаратом при полном его обороте (полнокруговом поливе), м² или га. При использовании указанной зависимости в случае, когда аппарат совершает обороты ($n_{об} > 1$ об/мин), объём водоподачи ($W_{в/п}$) будет превышать величину ($60q_{д/а}$), и величина ($I_{д/ус}$) будет больше, а при медленном вращении аппарата фактически политая площадь будет меньше значения ($\pi R_{зах}^2$), что также повлияет на величину условной интенсивности дождя – ($I_{д/ус}$). При определении условной интенсивности искусственного дождя по поливаемому бьефу с использованием соотношения: $I_{д/ус} = 60q_{д/а} / b_{зах} \cdot L_б$, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $b_{зах}$ – ширина захвата дождём, м; $L_б$ – протяжённость одновременно поливаемого бьефа, м; $b_{зах} \cdot L_б$ – поливаемая площадь (в пределах бьефа), м² или га, получают крайне малые значения $I_{д/ус}$, зависящие от длины (протяжённости) поливаемого в одном цикле бьефа. По указанным обстоятельствам от определения условной интенсивности искусственного дождя следует отказаться, так как она реально не отражает интенсивность выпадения дождя из дождевого облака и не определяет его качество.

Определённым «противовесом» условной интенсивности дождя является **действительная** или **истинная интенсивность искусственного дождя**, которую (преимущественно) предлагается определять для дождевальных устройств (средств дождевания и дождевого полива), работающих (поливающих) в движении (в процессе перемещения при поливе), таких как перемещающиеся дождеобразователи и дождевальные машины и установки: струйные насадки, закреплённые на поворачивающемся водоподающем створе (стояке); струйные вращающиеся дождевальные аппараты; дождевальные машины кругового действия (ДДН-70 и ДДН-100), дождевальные машины фронтального перемещения («ДДА-100МА», «Кубань-Л»); дождевальные машины кругового действия («Фрегат», «Кубань-ЛК»).

Судя по Е. С. Маркову, под «действительной интенсивностью искусственного дождя» понимают «среднюю интенсивность по эллипсу увлажнения струйной дождевальной насадкой в стационарном (без вращения вокруг своей вертикальной оси) положении». По мнению Е. С. Маркова, «действительная интенсивность струйной насадки характеризуется слоем дождя, выпадающим из невращающейся насадки на площадь увлажнения в виде вытянутого эллипса с длиной, равной радиусу действия насадки ($R_{зах}$) и средней шириной «эллипса увлажнения ($b_{ув}$)». Действительную интенсивность дождя для струйной насадки в стационарном её положении Е. С. Марков предлага-

ется определять по соотношению: $I_{д/д} = 60q_{д/н} / (R \cdot d)$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $q_{д/н}$ – расход дождевальной насадки, л/с; R – радиус зоны увлажнения, м; d – средний диаметр эллипсовидной формы зоны увлажнения («эллипса увлажнения»), м. Отметим, что, судя по Б. Г. Штепа, действительную интенсивность дождя (мм/мин) для дальнеструйных дождевальных машин (аппаратов) типа ДДН-70 или ДД-80 рекомендуется определять по соотношению: $I_{д/д} = 60q_{д/н} / S$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; S – одновременная площадь захвата дождём, м² или га, что соответствует предложению Е. С. Маркова при условии равновеликости значений площади зоны захвата дождём и одинаковой методики их определения.

По Е. С. Маркову, для дождевальных машин, работающих при фронтальном их перемещении по поливному участку (ДМ ДДА-100МА), действительная интенсивность дождя определяется для условий стационарного полива («когда агрегат не двигается») по соотношению: $I_{д/д} = 60q_{д/м} / b_{зах} \cdot l_{зах}$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $b_{зах}$ – ширина захвата дождём (определяется протяжённостью дождевальных крыльев в направлении, перпендикулярном направлению перемещения дождевального агрегата), м; $l_{зах}$ – длина захвата дождём, определяемая по направлению движения фронтально перемещающейся дождевальной машины), м. По данным Г. А. Сенчукова, для поливающих в движении машин фронтального перемещения («ДДА-100МА», МДЭФ «Кубань») при стационарном поливе, когда агрегат не двигается, действительную интенсивность дождя ($I_{д/д}$, мм/мин) рекомендуется определять по формуле: $I_{д/д} = 60q_{д/м} / b_{д} \cdot l_{д}$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $b_{д}$ и $l_{д}$ – ширина и длина зоны захвата дождём, м, что соответствует предложению Е. С. Маркова.

По Б. Г. Штепа, «действительная интенсивность дождя, мм/мин, отражает интенсивность его выпадения непосредственно из дождевого облака». Величину действительной интенсивности искусственного дождя для струйного дождевального аппарата и дождевальной машины предлагается определять из соотношений: $(I_{д/дейст})_{д/а} = 60q_{д/а} / S_{д/а}$ и $(I_{д/дейст})_{д/м} = 60q_{д/м} / S_{д/м}$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $q_{д/а}$ и $q_{д/м}$ – расход аппарата и дождевальной машины, л/с; $S_{д/а}$ и $S_{д/м}$ – площадь зоны одновременного захвата дождём, дождевальным аппаратом или дождевальной машиной, м² или га. Отметим, что Б. Г. Штепа, действительную интенсивность дождя предлагается определять не только для средств дождевания позиционного полива (действия), как «Волжанка» и «Днепр». $I_{д/дейст} = 60q_{д/м} / S_{д/м}$, мм/мин, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; S – «одновременная площадь» захвата дождём, м².

При этом средняя интенсивность дождя по Б. Г. Штепа определяется по зависимости: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м}/b \cdot l$, мм/мин, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; b – ширина захвата дождём, м, а l – длина полосы дождя, м. При $b \cdot l = S$ – действительная интенсивность дождя ($I_{д/дейст}$) будет численно равна средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{д/ср}$), что соответствует истинному процессу дождевания (дождевого полива) реализуемого этим типом (видом) дождевальных машин.

По мнению Е. С. Маркова, «действительная интенсивность струйных насадок ($I_{д/дейст}$) достигает 2÷3 мм/мин», тогда как среднее её значение ($\bar{I}_{д/ср}$) в пределах всей поливаемой зоны (поверхности) значительно меньше.

Резюмируя приведенную информацию по действительной интенсивности искусственного дождя ($I_{д/дейст}$), можно заключить нижеследующее.

1 Под действительной интенсивностью искусственного дождя понимается осреднённая по площади зоны увлажнения интенсивность дождя, формируемого дождевальными средствами при непрерывном позиционном поливе (при стационарном положении дождевателя-дождеобразователя).

2 Судя по предложенным Е. С. Марковым, Б. Б. Шумаковым, Б. Г. Штепой и др. соотношениям, для расчёта действительной интенсивности продолжительность периода определения объёма водоподачи ($W_{в/п} = 60q_{д/а}$) составляет одну минуту, что не во всех случаях адекватно отражает размеры зоны увлажнения, а, следовательно, и площадь полива. Указанное обстоятельство затрудняет определение количественного значения этого показателя в натурных условиях и сопоставление экспериментальных данных с расчётом.

3 Используемый, но недостаточно строго, определённый параметр искусственного дождя – «действительная интенсивность дождя» – предусматривает необходимость и целесообразность его установления при определённых условиях стационарного полива, что является обоснованным. По нашему мнению, учитывая неполную (недостаточную) определённую с экспериментальным определением действительной интенсивности, целесообразен поиск более точной характеристики искусственного дождя, отражающей технические параметры дождеобразующего средства. Среди надёжных показателей интенсивности искусственного дождя наиболее широко используется **«средняя интенсивность дождя»**, примеры толкования и понимания которой рассмотрены ниже. Судя по Б. Г. Штепа, под средней интенсивностью дождя ($\bar{I}_{д/ср}$) понимается отношение среднего слоя осадков ($\bar{h}_{д/ср}$), мм, выпавших на определённой площади ($S_{пол}$), м² или га, подвергавшейся одновременному поливу, ко времени их выпадения ($t_{вып}$), с, т. е. $\bar{I}_{д/ср} = \bar{h}_{д/ср} / t_{вып}$, мм/мин. По мнению Е. С. Маркова, средняя интенсивность искусственного дождя – отношение среднего слоя осадков ($\bar{h}_{д/ср}$), выпавших на определённую

ной, поливаемой одновременно, площади ($S_{\text{пол}}$) ко времени их выпадения ($t_{\text{вып}}$). По Ю. Ф. Снопич средняя интенсивность дождя является относительным показателем, выражающим среднюю плотность дождя во время полива. По определению В. М. Романова и др. под средней интенсивностью дождя понимается «средний слой дождевых осадков, выпадающих на площадь захвата при непрерывном дождевании в единицу времени» (т. е. $\bar{I}_{\text{д/ср}} = \bar{h}_{\text{д/ср}} / t_{\text{в/п}}$, мм/мин), а судя по «Словарю-справочнику», средняя интенсивность дождя определяется соотношением объёма, вылитой воды в единицу времени на определённую площадь захвата дождевального аппарата или группы аппаратов (с учётом перекрытия поливаемого пространства соседствующими аппаратами, установленными на дождевальных машинах, агрегатах или шлейфах и др.).

По-нашему мнению, «среднюю интенсивность искусственного дождя» следует определять, как показатель искусственного дождя, характеризующий среднюю за единицу времени, равную одной минуте, динамику (скорость) изменения величины среднего по увлажняемой в течение этого времени площади полива слоя дождевых осадков (поливной воды), выпадающих(ей) из искусственного дождевого облака, формируемого определённым средством дождевания (дождевого полива – дождевальной машиной или установкой).

В общем случае величина средней интенсивности искусственного дождя, образуемого дождеобразующими («разбрызгивающими» или «распыляющими» поливную воду средствами) устройствами ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мм/мин), определяется через соотношение объёма водоподачи (поданной дождевателем поливной воды) на участок полива (увлажнения) за одну минуту ($W_{\text{в/п}}$, м³/мин) к площади (зоны увлажнения), единовременно и непрерывно (в течение одной минуты) охваченной искусственным дождём ($S_{\text{ув}}$, м²), т. е. $\bar{I}_{\text{д/ср}} = W_{\text{в/п}} / S_{\text{ув}}$, м/мин.

По Е. С. Маркову средняя интенсивность искусственного дождя определяется по зависимости: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60 q_{\text{д/у}} / S_{\text{поз}}$, где $q_{\text{д/у}}$ – расход дождевального устройства, л/с; $S_{\text{поз}}$ – площадь увлажнения с одной позиции с учётом перекрытия увлажняемой зоны искусственным дождём поливаемой со смежных позиций соседствующими дождевальными (дождеобразующими) устройствами. Для получения значений средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мм/мин) используется соотношение: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60 q_{\text{д/с}} / S_{\text{увл}}$, где «60» – переводной параметр, учитывающий разную размерность используемых в зависимости величин; $q_{\text{д/с}}$ – секундный расход дождевального устройства, л/с; $S_{\text{увл}}$ – увлажняемая площадь, м². При известном значении секундного расхода для определённого устройства дождевания задача определения средней интенсивности дождя сводится к определению площади зоны увлажнения за одну минуту дождевого полива.

По мнению ряда специалистов в области дождевого орошения (дождевания), величина средней интенсивности искусственного дождя зависит от технологии образования дождевого облака дождевальным устройством. При этом имеют место разные суждения. Так, для дождевальных устройств позиционного полива (машин «Волжанка», «Ока», «Днепр» и устройств ДШ «Тимирязевец», ирригационных комплектов – «КИ») среднюю интенсивность дождя в соответствии с А. И. Головановым рекомендуется определять по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/устр} / b_{зах} \cdot l_{зах}$, где $l_{зах}$ и $b_{зах}$ – длина и ширина полосы увлажнения с одной позиции (с учётом перекрытия дождём со смежных позиций), м. Отметим, что зависимость по А. И. Голованову согласуется с расчётной зависимостью, приведенной в работе Б. Г. Штепа и что для машин позиционного действия величина средней интенсивности ($\bar{I}_{д/ср}$) равна величине действительной интенсивности ($I_{д/дейст}$) искусственного дождя.

Судя по Б. Г. Штепа и А. И. Голованову, «средняя интенсивность дождя не зависит от скорости движения (вращения) машины (аппарата)». В работе Е. С. Маркова утверждается прямо противоположное – «средняя интенсивность дождя зависит от скорости движения (вращения машины (аппарата))». И при этом специалисты предлагают определять среднюю интенсивность искусственного дождя для различных групп дождевальных машин (устройств, дождеобразователей и установок) отдельно. Примеры известных предложений по расчётным зависимостям рассмотрены ниже.

Так, по Г. А. Сенчукову, для поливающих в движении дождевальных машин фронтального перемещения при поливе среднюю интенсивность дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) определяют, относя выливаемый (дождевальным устройством) за 1 минуту объём воды на всю площадь бьефа, и приравнивают её к скорости впитывания: $\bar{I}_{д/ср} = V_{вп} = 60 q_{д/м} / B_б \cdot L_б$, где $V_{вп}$ – скорость впитывания воды в почву, мм/мин; $L_б$ – длина поливного бьефа [поливаемого(й) участка (части или бьефа)] временного оросителя, м.

Б. Г. Штепа, для дождевальных машин фронтального перемещения, и работающих в движении (типа ДДА-100МА), среднюю интенсивность искусственного дождя, предлагает определять по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / b_{зах} \cdot L$, где L – длина гона машины (бьефа), м, что принципиально отличается от зависимости, предлагаемой Е. С. Марковым. Для дождевальных машин фронтального действия (ДДА-100МА) по А. А. Богушевскому средняя интенсивность искусственного дождя определяется по зависимости: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / [l \cdot (b + s)]$, мм/мин, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; l и b – длина и ширина полосы увлажнения при стационарном положении дождевального агрегата с учётом перекрытия дождём со смежных позиций, м; s – путь, пройденный агрегатом за 1 мин, м. Принципиальные отличия расчётных зависимостей по Б. Г. Штепа и Е. С. Маркову приводят к многократным отличиям в значениях средней интенсивности искусственного дождя для машин фронтального действия (полива).

Судя по Ю. Ф. Снопич, «средняя интенсивность дождя для машин, работающих в движении, определяется длиной бьефа при постоянной ширине захвата и выражает среднюю плотность дождя во время полива». По заключению Ю. Ф. Снопич, средняя интенсивность искусственного дождя для машин, работающих в движении, можно определять по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м} / b \cdot L$, сходному с зависимостью по Б. Г. Штепа. В соответствии с Ю. Ф. Снопич, «средняя интенсивность дождя не зависит от скорости движения агрегата», а зависит от длины гона (бьефа) и расхода дождевальной машины». Соответствующие данные по $\bar{I}_{д/ср}$ для дождевальной машины фронтального действия ДКФ-1ПК приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения интенсивности дождя при разной протяжённости бьефа и ширине захвата дождевальной машины ДКФ-1ПК (по Ю. Ф. Снопич)

Протяжённость бьефа или длина гона, м	Расчётная интенсивность дождя при разной ширине захвата, мм/мин	
	при $b_{зах} = 100$ м	$b_{зах} = 50$ м
100	0,420	0,525
200	0,210	0,263
300	0,140	0,175

По данным таблицы 1.1, величина средней интенсивности дождя нелинейно зависит от длины бьефа или гона (L) и ширины захвата ($b_{зах}$).

Судя по Б. Б. Шумакову, среднюю интенсивность дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) для дождевальных машин и аппаратов, осуществляющих полив в движении или вращении, предлагается определять по соотношениям: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/а} / S_{пол/а}$ и $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м} / S_{пол/м}$, мм/мин, где $q_{д/а}$ и $q_{д/м}$ – расход дождевального аппарата и дождевальной машины, л/с; $S_{пол/а}$ и $S_{пол/м}$ – «рассредоточенная» площадь дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносят заданную поливную норму, м². Значения «площадей дождевания» по Б. Б. Шумакову принимают для машин и установок позиционного действия равными площади захвата дождём с одной позиции; для струйных дождевальных аппаратов и машин кругового действия – площади круга захвата дождём с радиусом ($R_{зах}$); для машин, работающих в движении, – площади участка, определяемого фронтом дождевания (полива) (B) и длиной прохода (бьефом) (b) в направлении движения машины».

По А. И. Голованову среднюю интенсивность искусственного дождя для «движущихся дождевальных машин и вращающихся аппаратов», при поливе которыми искусственный дождь выпадает в каждой точке орошаемой площади, «периодически» предлагается определять по зависимостям: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{поз} / S_p$ и $\bar{I}_{д/ср} = 60Q_{поз} / S_{рас}$, мм/мин, где S_p и $S_{рас}$ – рассредоточенная площадь дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносится заданная поливная норма, м². При этом, судя по Б. Б. Шумакову, «площадь дождевания принимают: для машин и установок позиционного

действия равной площади захвата дождём с одной позиции; для струйных дождевальных аппаратов и машин кругового действия – площади круга захвата дождём с радиусом ($R_{\text{зах}}$); для машин, работающих в движении, – площади участка, определяемого фронтом дождевания и длиной прохода (бьефом) в направлении движения машины».

Судя по Е. С. Маркову, среднюю интенсивность дождя для вращающейся струйной насадки предлагается определять по зависимости: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60q_{\text{д/н}} \cdot \mu / \pi R_{\text{зах}}^2 \cdot n_{\text{об}}$, мм/мин, где μ – коэффициент, учитывающий площадь перекрытия ($k_{\text{пер}}$) дождём со смежных позиций, зависящий от схем размещения дождевальных устройств при поливе на смежных позициях, от характера полива (по кругу или по сектору) и от расстояния между смежными стоянками и линиями стоянок струйных насадок; $R_{\text{зах}}$ – радиус захвата дождём, создаваемым струйной дождевальной насадкой, м; $n_{\text{об}}$ – скорость вращения насадки вокруг вертикальной оси, об/мин. По Б. Б. Шумакову и Б. Г. Штепа, среднюю интенсивность для струйных насадок (аппаратов) и дождевальных машин типа ДДН предлагается определять по соотношениям: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60q_{\text{д/н}} \cdot \mu / \pi R_{\text{зах}}^2$ и $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60q_{\text{д/м}} \cdot \mu / \pi R_{\text{зах}}^2$.

Г. А. Сенчуков, среднюю интенсивность искусственного дождя ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мм/мин) для дождевальных машин типа «ДДН» с полнокруговым оборотом струйной дождевальной насадки, предлагает определять через «выливаемый за 1 минуту объём (поливной) воды на всю площадь, увлажняемую дождевальным устройством с одной позиции» по формуле: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{пер}} / \pi R_{\text{д/м}}^2$. Судя по Б. М. Лебедеву и Г. П. Лямперт, «средняя круговая интенсивность дождя при поливе струйными дождеобразователями определяется по зависимости $\bar{\rho}_{\text{ср}} = 60q_{\text{д/у}} / R_{\text{зах}}^2$, мм/мин».

По А. И. Голованову среднюю интенсивность дождя дождевальных машин кругового действия (типа «Фрегат» и «Кубань ЛК») предлагается определять без учёта скорости перемещения (вращения) их дождевальных крыльев по зависимости: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60Q_{\text{д/ср}} / R \cdot (L + R)$, мм/мин, где $Q_{\text{д/ср}}$ – расход воды дождевальной машиной, л/с; L – длина крыла машины, м; R – радиус действия концевой аппаратуры ($R = 25$ м). Сходную с вышеприведенной зависимостью по определению средней интенсивности искусственного дождя для дождевальной машины кругового действия «Фрегат» предлагает использовать Е. С. Марков в виде: $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60Q_{\text{д/м}} / S_{\text{поз}}$, где $S_{\text{поз}} = R \cdot \alpha$ – площадь полива дождевальной машины с одной позиции, м²; R – длина крыла, м; α – средняя ширина контура увлажнения, м.

В связи с этим отметим наличие противоречия («нестыковки») между вышеприведенными зависимостями и формулами по определению площади полива для дождевального устройства кругового действия (ДДН-100), имеющей вид: $S_{\text{поз}} = \pi R_{\text{зах}}^2 \cdot n$, где $R_{\text{зах}}$ – радиус захвата зоны увлажнения, м; n – частота вращения сопла вокруг оси, мин⁻¹. В этом случае скорость пово-

рота дождевального средства при определении средней интенсивности дождя учитывается. О наличии определённых отличий в определении значений средней интенсивности дождя для дождевальных машин кругового и секторного полива свидетельствуют данные, приведенные Б. Г. Штепа в соответствии с которыми величина ($\bar{I}_{д/ср}$) для ДДН-70 при поливе по 240-градусному сектору $\bar{I}_{д/ср} = 0,53$ мм/мин, а для дождевальной машины ДДН-100, агрегируемой с трактором Т-150 и Т-150К, значение ($\bar{I}_{д/ср}$) при круговом поливе составляет $0,31 \div 0,33$ мм/мин; при поливе по 240-градусному сектору $\bar{I}_{д/ср} = 0,57 \div 0,65$ мм/мин, а при агрегатировании установки трактором ДТ-75М указанные значения $\bar{I}_{д/ср}$ составляют $0,30 \div 0,34$ и $0,38$ мм/мин.

Отметим, что в работе Е. С. Маркова среднюю интенсивность искусственного дождя для дождевальных устройств, работающих в движении по кругу (типа «Фрегат» и «Кубань ЛК»), предлагается (по аналогии с машинами фронтального перемещения типа ДДА-100МА) определять по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / [l \cdot (b + s)]$ мм/мин, где l и b – длина и ширина полосы увлажнения при стационарном положении агрегата, м; s – путь, пройденный агрегатом за одну минуту, м. При этом А. А. Богушевским отмечается, что дождевальная машина «Фрегат» в процессе полива (работы) «на позиции выливает заданную (поливную) норму за один оборот в течение $50 \div 250$ часов и скорость его кругового перемещения за одну минуту очень мала». И далее Е. С. Марков отмечает, что «... при максимальной длине машины «Фрегат» (572 м) и максимальной скорости (один оборот за 50 часов) путь конечной точки по окружности за одну минуту составит 1,2 м, тогда как ширина полосы увлажнения при поливе равна, в среднем, 40 м». В связи с этим, Е. С. Марков предлагает величиной (s) в зависимости по определению средней интенсивности дождя пренебречь и использовать формулу: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / l \cdot b$ или точнее $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / R \cdot \alpha$ (см. выше). Учитывая, что максимальное приращение поливаемой за одну минуту площади составляет (при максимальной скорости вращения ДМ «Фрегат») порядка 1,5 %, при необходимости внесения уточнений величина $S_{пол} = R \cdot \alpha$, м² может быть скорректирована на эту величину коэффициентом $k_{кор} = 1,015 \div 1,01$.

В справочно-информационных, научных и учебно-методических изданиях приводятся различные сведения по средней интенсивности искусственного дождя, создаваемого различными средствами дождевания, отдельные примеры которых рассмотрены ниже. Так, по Б. С. Маслову, средняя интенсивность дождя для дождевальной машины «Волжанка» составляет 0,275 мм/мин; «Днепра» – 0,285 мм/мин; «ДДА-100МА» – 2,4 мм/мин; «ДДН-70» – 1,415 мм/мин; «ДДН-100» – $0,27 \div 0,38$ мм/мин; «ДДН-150» – 0,65 мм/мин; «ДШ 25/300» – 0,12 мм/мин; для «КИ-50» – 0,28 мм/мин и для ДМ «Фрегат» – $0,19 \div 0,31$ мм/мин.

По Б. Б. Шумакову, средняя интенсивность дождевальных устройств (машин и установок) составляет: для «КИ-25» – 0,4 мм/мин; «КИ-50» –

0,28 мм/мин; «ДШ-25/300» – $0,126 \div 0,168$ мм/мин; «ДДН-70» – $0,31 \div 0,38$ мм/мин; «ДДН-100» – $0,27 \div 0,34$ мм/мин; ДМ «Волжанка» – $0,27 \div 0,35$ мм/мин; «ДКН-80» – $0,3 \div 0,33$ мм/мин; ДМ «Ока» – 0,21 мм/мин; ДМ «Днепр» – 0,3 мм/мин; ДМ «Фрегат» – $0,17 \div 0,31$ мм/мин; «ДМУ-Бнп» – 0,533 мм/мин; «Кубань-М» – $1,01 \div 1,1$ мм/мин; «Кубань-Л» – 1,3 мм/мин; «КСИД-10А» – менее 0,02 мм/мин. По данным Б. Б. Шумакова, средняя интенсивность искусственного дождя для различных видов дождевальных аппаратов составляет: «Роса-1» – $0,051 \div 0,054$ мм/мин; «Роса-2» – $0,083 \div 0,084$ мм/мин; «Роса-3М» – $0,09 \div 0,15$ мм/мин; «ДКШ-64.00.060» – $0,053 \div 0,0586$ мм/мин; «ДКН-80.05.000» – $0,123 \div 0,13$ мм/мин; «Фрегат-1» – $0,042 \div 0,077$ мм/мин; «Фрегат-2» – $0,045 \div 0,06$ мм/мин; «Фрегат-3» – $0,06 \div 0,094$ мм/мин; «Фрегат-4» – $0,102 \div 0,083$ мм/мин; трёхсопловый «ДМ-7.090» – $0,1 \div 0,215$ мм/мин; концевой двухсопловый «ДМ-07.140» – 0,26 мм/мин.

В соответствии с данными Б. Г. Штепа, величина средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{д/ср}$) для различных видов дождевальных машин и установок составляет: для «ДДА-100МА» – 0,22 мм/мин (при длине бьефа 300 м); «КИ-50» – $(0,23 \div 0,27)$ мм/мин; «ДДН-70» – 0,40 мм/мин; «Волжанка» – 0,27 мм/мин; «Фрегат» – 0,28 мм/мин; ДМ «Днепр» – 0,28 мм/мин; «ДКШ-25/300» – 0,167 мм/мин; «КИ-25» – 0,32 мм/мин. По Ю. Ф. Снопич средняя интенсивность дождя у дождевальных машин составляет: «Фрегат» – 0,28 мм/мин; «Днепр» – 0,30 мм/мин; «Кубань» – 1,10 мм/мин; «Волжанка» – 0,27 мм/мин; «ДДН-70» – 40 мм/мин; «ДДА-100ВХ» – 2,40 мм/мин; «ДКДФ-1» – 2,40 мм/мин; «ШД 25/300» – 0,17 мм/мин; «Кубань-ЛК1» – 0,30 мм/мин при эталоне $\bar{I}_{д/ср} = 0,17$ мм/мин. По Г. А. Сенчукову для дождевальной машины «Кубань-ЛК» $\bar{I}_{д/ср} = 0,63 \div 0,72$ мм/мин, а для «ДДА-100ВХ» $\bar{I}_{д/ср} = 2,6 \div 4,2$ мм/мин.

Приведенные выше данные, для части средств (машин и установок) дождевания значения средней интенсивности, определённые и рекомендуемые в разных изданиях, одинаковы или близки по величине, а у отдельных видов дождевальных средств значительно (в разы) отличаются. Резюмируя информацию по подходам, методикам, формулам определения и значениям средней интенсивности искусственного дождя, формируемого различными средствами дождевого полива, можно отметить нижеследующее.

1 Известны примеры использования понятия и величины «условной интенсивности искусственного дождя». Так, по Е. С. Маркову, «при орошении дождевальными машинами типа ДДН-70, ДДА-100МА, «Фрегат», создающими прерывистый по площади увлажнения дождь, интенсивность дождя определяют как отношение объёма воды, выливаемой дождевальным устройством за одну минуту, ко всей площади, поливаемой с одной позиции или на одном бьефе». По мнению Е. С. Маркова, «в этом случае интенсивность получается очень низкой, и она не характеризует подлинного качества дождя». По-нашему мнению, такой показатель и такой подход к определению интенсивности искусственного дождя нецелесообразен и неприемлем.

Отметим, что в литературных источниках используется понятие «средняя действительная («фактическая») интенсивность искусственного дождя», которая соответствует средней его интенсивности при стационарном положении дождевателя, в реальных условиях работающего в движении. На величину этой интенсивности оказывают влияние погодные условия (скорость и направление ветра, температура среды и воды) и состояние дождевального устройства. Величина этой интенсивности определяется (фиксируется или замеряется) по реально увлажняемой площади и реально выданному дождевателем расходу за строго определённый временной период. Указанная интенсивность дождя фиксируется периодически, преимущественно при проведении исследований или при контроле качества искусственного дождя в реальных условиях полива дождевальными машинами или установками.

В расчётах, преимущественно, используют среднюю расчётную (условную) интенсивность искусственного дождя, определяемую для регламентных условий функционирования дождевателя, дождевальной машины или установки. При этом под средней интенсивностью дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) понимается отношение среднего слоя осадков поливной воды, выпадающих из искусственно формируемого дождевателем «дождевого облака»-«шлейфа», ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) ко времени непрерывного полива увлажняемой поверхности — непрерывной подачи поливной воды — водоподачи ($t_{пол} \rightarrow t_{в/п}$, мин), т. е. $\bar{I}_{д/ср} = \bar{h}_{д/ср} / t_{пол}$, мм/мин. Получаемые при таком подходе значения средней (осреднённой) по единовременному (непрерывному) увлажнению определённой площади (зоне), захватываемой искусственным дождём, с одной поливной позиции значения интенсивности дождя нивелируют (осредняют) как временные, так и пространственные колебания истинных (мгновенных или актуальных) значений интенсивностей выпадения дождя из «дождевого облака» — «шлейфа». Отметим, что с увеличением продолжительности периода водоподачи ($t_{пол} \rightarrow t_{в/п}$) и измерения выпадающего слоя искусственного дождя достигается бóльший уровень осреднения, тогда как в реальных условиях в различных точках увлажняемой зоны (поверхности) наблюдаются значительные (более чем 2÷3 и более кратные) отклонения величин интенсивности дождя от средней её величины, что особенно характерно для дальнеструйных дождевателей (дождеобразователей) и широкозахватных дождевальных машин.

2 Понятие «средняя интенсивность искусственного дождя» следует определять как: 1) соотношение среднего по поливаемой площади ($S_{пол}$, м²) слоя воды ($h_{ос}$, мм), единовременно и непрерывно подаваемой дождевальным устройством ко времени водоподачи ($t_{пол}$ или $t_{в/п}$); 2) соотношение среднего (по единовременно поливаемой площади) слоя выпадающей поливной воды ($h_{п/в}$) на одновременно и непрерывно поливаемую площадь участка земной поверхности (поливного участка) ко времени выдачи этого слоя воды (осадков) дождевальным устройством; 3) соотношение среднего приращения

слоя искусственных дождевых осадков (Δh_{oc}) на единовременно (непрерывно) поливаемую площадь поливного участка ко времени выдачи этого слоя (приращения слоя) поливной воды дождевальным устройством.

Количественное значение средней интенсивности искусственного дождя определяется соотношением среднего по единовременно и непрерывно увлажняемой площади слоя ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) дождевых осадков (поливной воды) ко времени его выпадения из дождевого облака (полива), равному одной минуте ($t_{пол} = 1$ мин), т. е. $\bar{I}_{д/ср} = \bar{h}_{д/ср} / t_{пол=1\text{ мин}}$, мм/мин. При определении приращения среднего слоя дождевых осадков (Δh_{oc} , мм) в течение времени их непрерывного выпадения (Δt , мин) величина средней интенсивности дождя определяется по соотношению $\bar{I}_{д/ср} = \Delta \bar{h}_{д/ср} / \Delta t$, мм/мин.

Средняя интенсивность искусственного дождя может быть определена и как соотношение объёма выпавшей из дождевого облака (факела или шлейфа) воды (осадков) на определённую, непрерывно увлажняемую площадь (S , m^2) за единицу времени ($t_{пол} \rightarrow t_{в/п}$) продолжительностью в одну минуту или как соотношение объёма поданной дождевальным устройством поливной воды ($W_{в/п}$, m^3) в виде дождя, выпавшего на определённую поливаемую площадь ($S_{пол}$) за единицу времени ($t_{пол}$) равную 1 мин.

Необходимо различать «техническую» ($I_{д/т}$) и «технологическую» ($I_{д/техн}$) интенсивность искусственного дождя, что особенно актуально для машин, поливающих в движении. Техническая интенсивность дождя ($I_{д/т}$) устанавливается в процессе заводских испытаний дождевателей или дождевальных машин при стационарном поливе с одной позиции. Технологическая интенсивность искусственного дождя ($I_{д/техн}$) определяется в процессе полевых испытаний при поливе в движении на разных скоростных режимах перемещения дождевальной машины. Отметим, что для дождевальных машин позиционного действия (полива) значения ($I_{д/т}$) и ($I_{д/техн}$) одинаковы, а для дождевальных машин, функционирующих в движении, технологическая интенсивность искусственного дождя не является постоянной величиной и в определённой степени зависит от скорости перемещения машины (аппарата).

Отметим тот факт, что отсутствие вышеуказанного подразделения интенсивностей искусственного дождя приводило к различию (в ряде случаев весьма значительному) этой величины для одних и тех же дождевальных машин, приводимых в разных информационных источниках. Видимо, в связи с этим в одних опубликованных работах указывается некое среднее или максимальное значение интенсивности искусственного дождя, а в других работах указываются диапазоны значений. В ряде информационных источников приводятся некие средние значения интенсивности дождя по длине дождевального крыла широкозахватных машин, чем подчёркивается наличие определённой (общей или локальной) неравномерности распределения выпадающего слоя искусственного дождя в пределах зоны (площади) увлажнения.

Средняя техническая интенсивность искусственного дождя (в мм за 1 мин или в мм/мин) в общем случае устанавливается для условий позиционного полива, т. е. для стационарного положения дождевателя (дождевальной машины или установки) и в общем виде количественно определяется соотношением: $I_{д/т} = W_{в/п} / S_{увл}$, где $W_{в/п}$ – объём непрерывной (в течение одной минуты) водоподачи (подачи поливной воды), мм³; $S_{увл}$ – увлажняемая площадь дождевателем (дождевальной машиной или установкой) с одной позиции за время полива (водоподачи) $t_{пол} \rightarrow t_{в/п}$ равное одной минуте, мм². По существу, величина средней технической интенсивности искусственного дождя определяет технические возможности дождевальной машины по водоподаче и параметрам зоны «стационарного» увлажнения и может быть принята в качестве определяющего параметра для сравнения (сопоставления) дождеобразователей (аппаратов, насадок и др.), дождевальных машин и установок в качестве отправного показателя искусственного дождя.

Для дождевальных машин позиционного действия («Волжанка», «Ока», «Днепр» и др.) значения средней технической («действительной») и средней технологической интенсивности создаваемого ими искусственного дождя совпадают, что предопределяет статичность (постоянство) расходной и площадной характеристик за единицу времени ($t_{пол} \rightarrow t_{в/п} = 1$ мин). По Б. Б. Шумакову, А. И. Голованову, Е. С. Маркову и др., значение технической интенсивности искусственного дождя при позиционном поливе дождевальной машиной определяется по соотношению: $I_{д/т} = 60q_{д/м} / S_{увл}$, мм/мин, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; $S_{увл}$ – одновременно (в течение одной минуты) увлажняемая площадь сельхозугодья, м²; «60» – переводной параметр; $60q_{д/м}$ – объём водоподачи за одну минуту ($t = 1$ мин), мм³.

При поливе сельхозугодий дождевальными машинами, работающими (поливающими) в движении по фронту, кругу или сектору, капли искусственного дождя в каждой (определённой) точке увлажняемой поверхности выпадают периодически или в разном объёме поливной воды. Для характеристики такого дождевого полива используется величина средней (осреднённой по увлажняемой площади) технологической интенсивности дождя, при определении которой учитывается рассредоточенная площадь зоны увлажнения, формируемая в течение одной минуты непрерывной подачи воды (водоподачи) из дождеобразователей дождевальной машины при её перемещении.

При определении значений средней интенсивности искусственного дождя, создаваемого различными дождевальными машинами, необходимо определять площадь зоны увлажнения (дождевания). При определении площади увлажняемой поверхности рационально учитывать площадь, охватываемую искусственным дождём за одну единицу времени, равную одной минуте. При этом для дождевальных машин (установок и дождевателей) позиционного действия, т. е. работающих (поливающих) стационарно (с одной позиции,

без перемещения в процессе полива), площадь увлажнения определяется по контуру захвата поливаемой поверхности выпадающими из дождевого облака («шлейфа», «факела») каплями дождя за время водоподачи, равное одной минуте; для машин фронтального действия, поливающих в движении, площадь единовременного непрерывного полива в течение одной минуты определяется по контуру выпадения поливной воды за этот период с учётом перемещения дождевальной машины; для дождевальных машин кругового полива площадь увлажнения определяется по контуру сектора полива за $t_{в/п} = 1$ мин с учётом перемещения дождевальной машины или дождевателя.

Зависимости для определения интенсивности искусственного дождя, создаваемого дождеобразующими устройствами. Дефлекторные насадки полнокругового действия (кругового выпуска поливной воды) формируют стабильное по размеру и расположению дождевое облако, образующееся вокруг водовыпускного (струевыпускного) дождеобразователя. Для таких насадок средняя по зоне захвата (увлажнения) интенсивность искусственного дождя при стационарном их положении при поливе определяется по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/н} / \pi R_{зах}^2$, мм/мин, где $q_{д/н}$ – расход дождевальной насадки, л/с; $R_{зах}$ – радиус зоны увлажнения (полива), м.

Для дефлекторных насадок направленного секторного полива средняя интенсивность искусственного дождя $\bar{I}_{д/ср}$ определяется с учётом формы площади поливного сектора по формуле: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/н} / \pi R_{зах}^2 \cdot (\alpha_{сек}^\circ / 360^\circ)$, мм/мин, где $\alpha_{сек}^\circ$ – угол роспуска сектора, захватываемого дождём при дождевании.

Струйные (сопловые) насадки при однопозиционном (однонаправленном) выпуске поливной струи формируют узконаправленный дождевой шлейф (факел) с высокой степенью неравномерности распределения интенсивности дождя по площади и, особенно по длине его выпадения. Среднее значение интенсивности выпадающего дождя при одноминутном выпуске направленной (поливной) струи из сопла насадки по направлению (сектору) его выпадения на увлажняемую поверхность определяется по сходной формуле: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/н} / \pi R_{зах}^2 \cdot (\alpha_{стр}^\circ / 360^\circ)$, мм/мин, где $\alpha_{стр}^\circ$ – угол расширения (роспуска) водной (поливной) струи, распространяющейся в воздушной среде.

Дождеобразующие струйные (сопловые) аппараты кругового и секторного полива формируют «перемещающийся» (по кругу или сектору) шлейф (факел) дождя. Средняя интенсивность дождя по зоне полива, охватываемой формируемым таким аппаратом дождевым облаком, определяется по зависимости: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/н} / \pi R_{зах}^2 \cdot n_{об}$, мм/мин, где $n_{об}$ – количество оборотов, совершаемых дождеобразующим элементом (соплом) дождевального аппарата вокруг вертикальной оси за одну минуту (при $n_{об} < 1$ интенсивность определяет долю непрерывно поливаемой в течение одной минуты площади от площади круга, а при $n_{об} > 1$ значение интенсивности показывает количество поливов, осуществляемых в зоне увлажнения за одну минуту одним дождеобразовате-

лем). Двух- и трёхсопловые конструкции струйных дождевальных аппаратов практически не изменяют величину средней интенсивности формируемого аппаратом искусственного дождя, но существенно повышают его качество за счёт более равномерного распределения слоя выпадающих осадков.

При секторном поливе вращающимися вокруг вертикальной оси дождеобразующими струйными аппаратами средняя интенсивность выпадающего на зону полива искусственного дождя определяется по формуле: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/а} / \pi R_{зах}^2 \cdot (\alpha_{сек}^\circ / 360^\circ) \cdot n_{пр}$, мм/мин, где $n_{пр}$ – количество проходов сектора полива соплом дождевального аппарата или дождевальной насадки (искусственным дождевым облаком, факелом или шлейфом) за 1 мин.

Осциллирующие (поворачивающиеся) вокруг горизонтальной оси дождеобразователи с секторным (полукруговым) поворотом дождеобразующего элемента (перфорированной трубы) обеспечивает полив участка прямоугольной формы, а средняя интенсивность формируемого ими искусственного дождя определяется по зависимости: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/а} / b_{зах} \cdot l_{зах}$, мм/мин, где $b_{зах}$ и $l_{зах}$ – ширина и длина зоны, захватываемой искусственным дождём, м.

Зависимости по определению интенсивности искусственного дождя, формируемого дождевальными машинами и установками. В общем случае (виде) интенсивность искусственного дождя (мм/мин) определяется по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = W_{пол} / \omega_{пол}$, где $W_{пол}$ – объём поливной воды, выданной дождевателем (машиной или устройством) в процессе непрерывной работы за единицу времени ($t = 1$ мин), мм³; $\omega_{пол}$ – политая этим объёмом воды площадь за этот же период ($t_{пол} = 1$ мин).

Для фронтально перемещаемых по поливному участку машин и установок позиционного действия (дождевальных машин «Волжанка», «Ока», «Днепр», дождевальных шлейфов, комплектов (установок) дождевального оборудования КИ и других), т. е. при стационарном их положении в процессе непрерывного (единовременного) полива и формирующих прямоугольную форму зоны полива, среднюю техническую и технологическую интенсивность искусственного дождя рекомендуется определять по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/у} / b_{зах} \cdot l_{зах}$, мм/мин, где $q_{д/у}$ – расход дождевального устройства [дождевальной машины ($q_{д/м}$) или дождевальной установки ($q_{д/ус}$)], л/с; $b_{зах}$ и $l_{зах}^*$ – ширина и длина зоны позиционного полива, м.

Примеры расчёта средней интенсивности искусственного дождя по ряду дождевальных машин позиционного действия приведены в таблице 1.2.

* Более точно: $b_{зах}$ – ширина полосы захвата (захватываемой) искусственным дождём по фронту полива (по перпендикулярному фронтальному перемещению машины (установки) направлению) (м); $l_{зах}$ – протяжённость (длина) полосы увлажнения в направлении, перпендикулярном фронту полива (поливному фронту) (м).

Таблица 1.2 – Данные расчёта средней интенсивности искусственного дождя по широкозахватным дождевальным машинам позиционного действия

Дождевальная машина	Технические параметры			Интенсивность дождя $\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин	Примечание
	расход воды $q_{д/м}$, л/с	ширина захвата $b_{зах}$, м	длина захвата $l_{зах}$, м		
«Волжанка» (ДКШ-64-800)	64	800	18	0,267	$\bar{I}_{д/ср} = 0,27$ мм/мин – по Б. Б. Шумакову и Б. С. Маслову
«Ока» (ДКГ-80)	100	800	36	0,208	$\bar{I}_{д/ср} = 0,3$ – по Б. С. Маслову и 0,21 мм/мин – Б. Б. по Шумакову
ДКН-80-600	90	600	27	0,333	$\bar{I}_{д/ср} = 0,3$ мм/мин – по Б. Б. Шумакову
«Днепр» (ДФ-120)	120	460	54	0,290	$\bar{I}_{д/ср} = 0,3$ мм/мин – по Б. Б. Шумакову

Для дождевальных машин, поливающих в движении (при фронтальном или круговом перемещении при поливе), средняя интенсивность дождя ($\bar{I}_{д/ср}$) определяется по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = W_{пол} / (S_{пол/ст} + S_{пол/пер})$, мм/мин, где $W_{пол}$ – объём водоподачи за период полива ($t_{пол} = 1$ мин), л; $S_{пол/ст}$ – площадь стационарного полива, м²; $S_{пол/пер}$ – дополнительная площадь, поливаемая в процессе перемещения дождевальной машины, м².

В общем случае интенсивность искусственного дождя дождевальных машин, осуществляющих полив в процессе фронтального перемещения по поливному участку, может быть определена по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = W_{в/п} / (S_{увл/ст} + \Delta S_{увл/пер})$, мм/мин, где $W_{в/п} = 60q_{д/м}$ – объём водоподачи дождевальной машины за одну минуту, л; $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; $S_{увл/ст} = b_{зах} \cdot l_{зах}$ – площадь увлажняемой зоны (полосы) при стационарном поливе, м²; $b_{зах}$ – ширина зоны (фронта) захвата увлажнением искусственным дождём, м; $l_{зах}$ – длина (протяжённость) зоны захвата дождём (по глубине поливного фронта) при стационарном положении дождевальной машины, м; $\Delta S_{увл/пер} = b_{зах} \cdot \Delta l_{зах}$ – приращение площади полива (увлажнения) при движении дождевальной машины, м²; $\Delta l_{зах} = v_{пер} \cdot t_{пер}$ – длина поливного участка, пройденного (путь пройденный) дождевальной машиной в направлении её фронтального перемещения за период времени ($t_{пер}$), равный одной минуте, м; $v_{пер}$ – скорость перемещения дождевальной машины по поливному участку в процессе полива, м/мин; $t_{пер}$ ($t_{пол}$) = 1 мин – продолжительность перемещения машины. С учётом приведенного выше, средняя интенсивность искусственного дождя фронтально перемещающихся при поливе дождевальных машин за время рабо-

ты (полива), равное одной минуте, может быть определена по зависимости (соотношению): $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / [b_{зах} (l_{зах} + \Delta l_{зах})]$, мм/мин.

К широкозахватным дождевальным машинам фронтального перемещения по поливному участку с поливом в движении относятся машины семейства «ДДА-100МА», «Кубань-Л» и ряд других. Технологическая интенсивность искусственного дождя, формируемого этими дождевальными машинами, зависит от скорости их перемещения при поливе. При этом величина технологической интенсивности дождя будет меньше значения технической интенсивности, и разница между ними тем больше, чем больше скорость движения дождевальной машины. Примером тому приведенные ниже данные расчёта значений интенсивностей по дождевальной машине ДДА-100МА.

Средняя и действительная интенсивность дождя, создаваемого дождевальной машиной ДДА-100МА, при стационарной работе (стационарном поливе) на одной позиции составит: $(\bar{I}_{д/ср})_{поз} = 60 q_{д/м} / l_{зах} \cdot b_{зах} = 60 \cdot 130 / 120 \cdot 18 = 3,61$ мм/мин, где $q_{д/м}$ – расход воды дождевальной машиной ($q_{д/м} = 130$ л/с); $l_{зах}$ – длина (протяжённость) фронта (увлажняемой полосы) увлажнения ($l_{зах} = 120$ м); $b_{зах}$ – ширина увлажняемой полосы ($b_{зах} = 18$ м). Средняя интенсивность искусственного дождя при поливе в процессе перемещения ДДА-100МА рабочим ходом «вперёд» со скоростью $v_{вп} = 17,17$ м/мин определяется из соотношения: $(\bar{I}_{д/ср})_{вп} = 60 q_{д/а} / l_{зах} \cdot (b_{зах} + b'_{вп}) = 60 \cdot 130 / 120 \times (18 + 17,17) = 1,85$ мм/мин. А при движении назад (со скоростью $v_{наз} = 9,58$ м/мин) будет: $(\bar{I}_{д/ср})_{наз} = 60 q_{д/а} / l_{зах} \cdot (b_{зах} + b'_{наз}) = 60 \cdot 130 / 120 \cdot (18 + 9,58) = 2,36$ мм/мин, где $b'_{вп}$ и $b'_{наз}$ – расстояние, пройденное дождевальной машиной за 1 мин с регламентной скоростью её перемещения вперёд и (или) назад соответственно.

Для машин кругового перемещения и поливе в движении средняя интенсивность искусственного дождя составит: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / (S_{поз} \cdot S_{пер})$, где $S_{поз} = \pi \cdot R_{зах}^2 \cdot \alpha_{поз}^{\circ} / 360^{\circ}$ – площадь захвата искусственным дождём при стационарном поливе с одной позиции, м²; $S_{пер} = \pi \cdot R_{зах}^2 \cdot \alpha_{пер}^{\circ} / 360^{\circ}$ – дополнительно увлажняемая площадь в процессе углового перемещения машины (дождевого облака) за одну минуту, м²; $\alpha_{поз}^{\circ}$ – осреднённый угол зоны захвата дождём при позиционном поливе (определяется для каждой модели и каждого типоразмера дождевальной машины); $\alpha_{пер}^{\circ}$ – угол сектора зоны перемещения дождевальной машины за продолжительность полива $t_{пол} = 1$ мин.

Наибольшее распространение в отечественной гидромелиоративной практике среди поливающих в движении дождевальных широкозахватных машин кругового полива получили различные модификации и типоразмеры дождевальных машин семейства «Фрегат» и «Кубань-ЛК». Конструкциями этих дождевальных машин предусмотрена разная скорость перемещения их дождевальных крыльев. При этом у большинства модификаций и типоразме-

ров машины максимальная продолжительность одного оборота дождевального крыла в 10 раз превышает минимальную, что в определённой степени должно влиять на величину средней интенсивности искусственного дождя. Отметим, что при одинаковой угловой скорости вращения дождевальной машины разноудалённые от её оси поворота участки дождевального крыла имеют разную линейную скорость перемещения, а, следовательно, и разные размеры площади полива (зоны увлажнения). В определённой степени указанное обстоятельство компенсируется применением и соответствующей системой расположения равных по производительности дождевателей по длине дождевального крыла. Взаимное расположение разных по водопропускной способности и дальности отлёта дождевых струй (капель) способствует выравниванию показателей интенсивности искусственного дождя по длине дождевального крыла. Отметим, что полная равномерность интенсивности в действующих конструкциях широкозахватных дождевальных машин с использованием указанного конструктивно-компоновочного решения (приёма) не достигнута.

Выполненные расчёты по дождевальной машине «Кубань-ЛК» подтверждают гипотезу о влиянии скорости вращения дождевального крыла на величину средней интенсивности искусственного дождя по зоне единовременного непрерывного увлажнения, а величина этого влияния зависит от протяжённости (длины радиуса захвата) увлажняемой зоны (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Данные расчёта значений средней интенсивности искусственного дождя для различных типоразмеров дождевальной машины «Кубань-ЛК»

Типоразмер (марка) дождевальной машины	Значения средней интенсивности дождя при минимальной и максимальной продолжительности одного оборота		
	$(\bar{I}_{д/ср})_{поз}$, мм/мин	$(\bar{I}_{д/ср})_{t_{об, макс}}$, мм/мин	$(\bar{I}_{д/ср})_{t_{об, мин}}$, мм/мин
МДЭК-397-55	0,70	0,6940	0,647
МДЭК-474-70	0,630	0,6257	0,589
МДЭК-589-90	0,660	0,6550	0,617

Судя по данным таблицы 1.3, значения технической и технологической интенсивности искусственного дождя для дождевальных машин «Кубань-ЛК» с радиусом захвата более 300 м отличаются незначительно.

Для фронтально перемещающихся дождевальных устройств с одним дождеобразователем секторного полива (шлангобарабанных дождевальных машин) средняя интенсивность искусственного дождя определяется по соотношению: $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/в} / (S_{зах} + S_{пер})$, мм/мин, где $S_{зах} = \pi R_{зах}^2 \cdot \alpha_{зах}^\circ / 360$ – площадь полива с одной стартовой позиции, м²; $S_{пер} = b_{зах} \cdot l_{пер} = 2 R_{зах} \cdot l_{пер}$ – дополнительно к стационарному поливу поливаемая площадь при фронтальном перемещении шлангового дождевателя за время полива $t_{пол} = 1$ мин.

1.3.2 Слой осадков при дождевании

Одним из показателей дождевого полива (полива дождеванием) является средний слой дождевых осадков ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) или выдаваемая поливная норма ($N_{пол}$, м³/га или мм) за определённый период времени или один проход дождевальную машины по поливному участку. Рассматривают: слой осадков за единицу времени (преимущественно в миллиметрах за одну минуту); слой осадков за один проход дождевального устройства; слой осадков (поливная норма) за один оборот поливающей в движении дождевальной машины кругового действия; слой осадков дождеобразователя за одну минуту.

Слой дождевых осадков, выпадающих на земную поверхность из искусственного дождевого облака (факела, шлейфа), сформированного дождевальным устройством, может быть определён по объёму водоподачи (подачи поливной воды) и величине единовременно политой площади за определённый временной период. Величина среднего слоя дождевых осадков ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) может быть определена по соотношениям: $\bar{h}_{д/ср} = \bar{I}_{д/ср} \cdot t_{пол}$ или $\bar{h}_{д/ср} = (W_{в/п})_t / (S)_t$, где $\bar{I}_{д/ср}$ – средняя интенсивность искусственного дождя, соответствующая определённому дождевальному устройству (мм/мин); $t_{пол}$ – продолжительность непрерывного полива определённой точки (площади) в пределах единовременного захвата искусственным дождём определённой зоны (площади) увлажнения, мин; $(W_{в/п})_t$ – объём непрерывной (единовременной) подачи воды («водоподачи») дождевальным устройством на единовременно увлажняемую площадь (зону) увлажнения $(S_{пол})_t$.

Кроме указанных соотношений общего вида для различных типов дождевальных устройств (машин, установок, дождевателей и дождеобразователей) разработаны, предложены и используются соответствующие их особенностям расчётные зависимости по определению слоя дождевых осадков.

По Е. С. Маркову средний слой дождевых осадков при дождевании стационарно действующими (однопозиционными, поливающими с одной позиции) дождевальными машинами ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) рекомендуется определять по соотношению: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} \cdot t_{пол} / S_{пол}$, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; $t_{пол}$ – продолжительность дождевого полива, мин; $S_{пол}$ – поливаемая с одной позиции (за время $t_{пол}$) площадь, м².

Для однопозиционно (стационарно) действующих (поливающих) дождевальных машин фронтально-поступательного перемещения с одной позиции на другую («Волжанка», «Ока», «Днепр») зависимость для определения $\bar{h}_{д/ср}$ (мм) имеет вид: $\bar{h}_{д/ср} = (60q_{д/м} \cdot t_{пол}) / (b_{зах} + l_{зах})$, где $b_{зах}$ – ширина зоны захвата искусственным дождём по направлению перпендикулярному дождевальному трубопроводу, м; $l_{зах}$ – протяжённость зоны захвата по направлению (длине) дождевального трубопровода дождём, м.

Для стационарно установленных дефлекторных насадок величина слоя осадков при дождевом поливе определяется по соотношениям: для насадок

кругового действия: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} \cdot t_{пол} / \pi R_{зах}^2$, мм, где $R_{зах}$ – радиус захвата непрерывно увлажняемой поливной зоны, м (в течение периода $t_{пол}$, мин); $q_{д/м}$ – расход дождевальной насадки и для насадок секторного действия: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} \cdot t_{пол} / \pi R_{зах}^2 \cdot \alpha_c^\circ / 360^\circ$, мм, где α_c° – угол роспуска поливного (поливаемого из насадки) сектора. Известные данные по величине слоя дождевых осадков ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) для ряда дождевальных устройств приведены ниже.

По Б. Б. Шумакову слой дождевых осадков, формируемых за одну минуту работы дождевальных комплектов «Радуга», составляет: КИ-10 – $\bar{h}_{д/ср} = 0,14$ мм; КИ-25 – $\bar{h}_{д/ср} = 0,40^*$ мм/мин и для КИ-50 – $\bar{h}_{д/ср} = 0,28^{**}$ мм.

По данным Б. Б. Шумакова, средний слой дождевых осадков у дождевальной установки ДШ-25/300 составляет $0,126 \div 0,168$ мм при поливе продолжительностью в одну минуту, а по Б. Г. Штепа $\bar{h}_{д/ср} = 0,167$ мм за 1 мин. Отметим, что приведенные параметры «средний слой дождя в мм/мин» и «средняя интенсивность дождя в мм/мин» количественно одинаковы при продолжительности дождевого полива $t_{пол} = 1$ мин.

У позиционно (стационарно) поливающей дождевальной машины «Днепр» $\bar{h}_{д/ср} = 0,3$ мм (более точное значение – 0,29 мм за 1 мин).

Слой дождевых осадков, формируемых стационарно поливающей дождевальной машиной «Волжанка» (модификаций ДКШ-64-800, ДКШ-56-700, ДКШ-48-600, ДКШ-40-500, ДКШ-32-400, ДКШ-24-300), составляет $(\bar{h}_{д/ср})_{мин} = 0,267$ мм, а у модификаций ДКШ-64-400 и ДКШ-48-300 величина слоя дождя при $t_{пол} = 1$ мин; $(\bar{h}_{д/ср})_{мин} = 0,40^{***}$ мм.

Средний слой дождевых осадков («слой дождя») для поливающих в движении дождевальных машин с фронтально-поступательным перемещением в процессе полива по поливному участку зависит от скорости их перемещения. Для фронтально перемещающихся при поливе дождевальных машин («ДДА-100МА», «Кубань-Л», «Ладога» и др.) зависимость для определения среднего слоя дождевых осадков в общем случае имеет вид: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} \cdot t_{пол} / S_{пол}$, мм, при этом параметры ($t_{пол}$ – продолжительность полива, с) и ($S_{пол}$ – единовременно (непрерывно) поливаемая площадь, м² или га, зависят от скорости их перемещения в процессе полива и размеров зоны захвата, создаваемым ими искусственным дождём. В соответствии с данными Б. Г. Штепа и Е. С. Маркова, средний слой дождя, выливаемый перемещающимися в процессе полива дождевальными машинами фронтального действия за один проход их по поливному участку (при $t_{пол} = 1$ мин), может быть определён по соотношениям: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} / l_{зах} \cdot \Delta b$, мм или

* По данным Б. Г. Штепа, $\bar{h}_{д/ср} = 0,32$ мм.

** По данным Б. Г. Штепа, $\bar{h}_{д/ср} = 0,27$ мм.

*** По данным Б. Б. Шумакова, $(\bar{h}_{д/ср})_{мин} = 0,35$ мм.

$\bar{h}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / (l_{зах} \cdot v_{пер})$, мм, где $\bar{h}_{д/ср}$ – расход дождевальной машины, л/с; $l_{зах}$ – длина захвата поливного участка дождём в направлении, перпендикулярном направлению перемещения дождевальной машины, м; Δb – путь, пройденный дождевальной машиной за одну минуту в направлении её перемещения, м; $v_{пер}$ – скорость машины при поливе, м/мин.

С использованием вышеприведенных соотношений, Е. С. Марковым и другими определены приведенные ниже значения среднего за один проход слоя дождя ДДА-100МА при $v_{пер} = 10$ м/мин, $\bar{h}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / (l_{зах} \cdot v_{пер}) = 60 \cdot 130 / (120 \cdot 10) = 6,5$ мм. Отметим, что, следуя Е. С. Маркову, средний слой искусственного дождя может быть определён по соотношению: $\bar{h}_{д/ср} = \bar{I}_{д/ср} \cdot t_{пол} = [60 q_{д/м} / l_{зах} (b_{зах} + \Delta b)] \cdot t_{пол}$, мм, где $b_{зах}$ – ширина зоны захвата искусственным дождём в направлении, соответствующем направлению перемещения дождевальной машины, м; $t_{пол}$ – продолжительность периода нахождения любой точки зоны увлажнения под искусственным дождём при одном (одноразовом) её проходе, мин.

В известных источниках информации приводятся нижеследующие данные о среднем слое дождевых осадков для дождевальной машины ДДА-100МА. Так, по Б. Г. Штепа средний слой выпадающих дождевых осадков за один проход ДДА-100МА составляет: при движении вперед – 3,8 мм и при движении назад – 6,8 мм. По А. Н. Безменову $\bar{h}_{д/ср}$ для ДДА-100МА составляет 2,5 мм за 1 мин, а судя по Б. Б. Шумакову, средний слой дождя за один проход агрегата составляет 5 мм.

Судя по Б. Б. Шумакову, средний слой дождя за один проход дождевальной машиной ДДА-100ВХ составляет 2,31÷5,0 мм в зависимости от регулируемой величины потребляемого расхода поливной воды и скорости перемещения дождевальной машины по поливному бьефу при поливе.

По Г. А. Сенчукову средний слой дождя, выпадающего за один проход у дождевальной машины «Кубань-М», составляет $\bar{h}_{д/ср} = 6,0 \div 60,0$ мм/мин, а дождевальной машины «Кубань-Л» – $\bar{h}_{д/ср} = 8,0 \div 79,0$ мм/мин. По Б. Б. Шумакову слой дождя за один проход у дождевальной машины «Кубань-Л» составляет 8÷79 мм/мин, а по Б. Б. Шумакову – поливная норма изменяется в пределах от 9,0 до 90 мм. По Б. С. Маслову слой дождя за один проход машины: у «Кубань-М» – $\bar{h}_{д/ср} = 5,5$ мм; у ДМ «Кубань-Л» – $\bar{h}_{д/ср} = 7,9$ мм.

Приведенные выше примеры значений среднего слоя дождя свидетельствуют о неоднозначности подхода специалистов к его определению. В связи с этим отметим, что все указанные выше типы дождевальных машин фронтально-поступательного перемещения при поливе имеют индивидуальные технические и технологические особенности, что требует соответствующего подхода и соответствующих зависимостей по определению слоя создаваемого ими дождя. Так, Б. Г. Штепа и Б. Б. Шумаков для определения среднего слоя дождевых осадков ($\bar{h}_{д/ср}$, мм), формируемых дождевальной машиной типа ДДН,

рекомендуют использовать зависимость вида: $\bar{h}_{д/ср} = 60q_{д/м} / \pi R_{зах}^2 \cdot n_{об}$, мм, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; $R_{зах}$ – радиус захвата зоны увлажнения искусственным дождем, м; $n_{об}$ – частота вращения (поворота вокруг вертикальной оси) ствола насадки, об/мин.

По величине слоя осадков для дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 в известных информационных источниках приводятся разные сведения, примерами тому нижеследующие. Так, по А. Н. Безменову средний слой дождя за $t_{пол} = 1$ мин, для ДДН-70 $\bar{h}_{д/ср} = 0,41$ мм, для ДДН-100 – $\bar{h}_{д/ср} = 0,3 \div 0,45$ мм. По Е. С. Маркову $\bar{h}_{д/ср}$ для ДМ ДДН-100 при $R_{зах} = 85$ м и $q_{д/м} = 85$ л/с с учётом коэффициента перекрытия $k_{пер} = 1,57$ и $n_{об} = 0,5$ составляет $\bar{h}_{д/ср} = 60 \cdot 85 \cdot 1,57 / (3,14 \cdot 85^2 \cdot 0,5) = 0,705$ мм за 1 мин. У Б. С. Маслова для ДДН-70 по слою дождя за проход машины ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) данные отсутствуют, но, судя по интенсивности дождя $\bar{I}_{д/ср} = 0,22$ мм/мин, $(\bar{h}_{д/ср})_{1мин}$ составляет 0,22 мм за 1 мин полива. Для ДДН-100, значение средней интенсивности составляет $\bar{h}_{д/ср} \approx 0,29$ мм за 1 мин.

По Б. Г. Штепа для ДДН-70 средний слой осадков с перекрытием зон полива составляет при поливе по кругу – 0,36 мм за 1 мин и 0,53 мм/мин при поливе по 240-градусному сектору. Данные по ДДН-100 приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Данные по среднему слою дождевых осадков, формируемых дождевальной машиной ДДН-100 (по Б. Г. Штепа)

Условия полива дождевальной машиной	Значения среднего слоя дождя, мм			
	при Т-150	при Т-150К	при Т-4А	при ДТ-75М
По полному кругу	0,31÷0,33	0,31÷0,33	0,27÷0,30	0,30÷0,34
По сектору в 240°	0,57÷0,65	0,57÷0,65	0,38÷0,55	0,38

Приведенные выше данные по величинам среднего слоя дождя по дождевальным машинам типа ДДН позволяют отметить наличие значимых отличий, что, по-видимому, объясняется разными значениями $n_{об}$ и коэффициента перекрытия $k_{пер}$, используемых специалистами в расчётных зависимостях:

$\bar{h}_{д/ср} = (60q_{д/м} \cdot k_{пер}) / (\pi R_{зах}^2 \cdot n_{об})$ – при поливе угодий по кругу и $\bar{h}_{д/ср} = (60q_{д/м} \cdot k_{пер}) / [\pi R_{зах}^2 \cdot n_{об} \cdot (\alpha_c^\circ / 360^\circ)]$ – при поливе по сектору, мм.

В известных публикациях приводятся различные значения технологических показателей по слою дождя для дождевальных машин кругового действия. К примеру, по дождевальной машине «Кубань-ЛК» (по модели МДЭК-474-70) приводятся нижеприведенные данные по «слою осадков за один проход»: по Б. С. Маслову и др. – $\bar{h}_{д/ср} = 9,88$ мм; по Б. Б. Шумакову – $\bar{h}_{д/ср} = 9,0 \div 90,9$ мм, а по буклету завода-изготовителя слой искусственного дождя, выдаваемого за один проход этой дождевальной машины, составляет

9,1÷91,0 мм. При этом простой расчёт по исходным данным завода-изготовителя (по соотношению $h_d = W_{в/п} / S_{об}$, мм, где $W_{в/п} = q_{д/м} \cdot t_{об}$ – объём водоподачи за один проход машины, м³; $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины ($q_{д/м} = 70$ л/с); $(t_{об})_{min} = 24,6$ ч и $(t_{об})_{max} = 246$ ч (по буклету завода) – минимальная и максимальная продолжительность одного оборота дождевальной машины; $S_{об} = \pi \cdot R_{зах}^2$ – площадь полива за один оборот машины, м²; при $R_{зах} = 479$ м) позволяет получить значения $h_{д,min} = 8,6$ мм и $h_{д,max} = 86$ мм. Отметим, что при $(t_{об})_{min} = 26,0$ ч (по данным Б. С. Маслова и Б. Б. Шумакова) $h_{д,min} = 9,09$ мм, что при округлении соответствует справочному значению по данным завода-изготовителя и данным по Б. Б. Шумакова. У дождевальной машины «Кубань-ЛК1», в зависимости от типоразмера, значения $\bar{h}_{д/ср}$ составляют 8,73÷10,92 мм; у «Фрегат» – $\bar{h}_{д/ср} = 9,8 \div 23,8$ мм по Б. С. Маслову. Отметим, что, в зависимости от скорости перемещения дождевальной машины, необходимо рассматривать диапазон выдаваемого слоя искусственного дождя, а не одно его значение, как это написано у Б. С. Маслова. Необходимо отметить, что все указанные значения слоя искусственного дождя (h_d) не учитывают потерь (расхода) влаги (воды) из дождевого облака на испарение.

Средний слой дождя ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) для поливающих в движении дождевальных машин кругового перемещения (типа «Фрегат» и «Кубань-ЛК») определяется по соотношению: $\bar{h}_{д/ср} = \bar{I}_{д/ср} \cdot t_{об}$, где $\bar{I}_{д/ср}$ – средняя интенсивность дождя для соответствующего типоразмера дождевальной машины, мм/мин; $t_{об}$ – продолжительность оборота дождевального крыла, мин.

По данным Б. Г. Штепа и Б. Б. Шумакова средний слой для дождевальной машины «Фрегат» за 1 мин полива в зависимости от типоразмера и модификации этой дождевальной машины изменяется от 0,18 до 4,31 мм (точнее от 0,16 до 0,29 мм за 1 мин) при минимальной поливной норме за один оборот машины от 13,5 до 24,0 мм, точнее от 9,8 до 23,8 мм. Судя по Е. С. Маркову, значение среднего слоя дождевых осадков (судя по значению интенсивности искусственного дождя) составляет 0,33 мм за 1 мин.

Определяющим средний слой дождя, формируемого дождевальными машинами кругового полива «Фрегат» и «Кубань-ЛК», фактором является скорость оборота дождевального крыла (продолжительность одного оборота дождевальной машины). В зависимости от типоразмера дождевальной машины «Кубань-ЛК» средний слой дождевых осадков при скорости движения последней тележки, равной 1,9 м/мин, составляет 8,73÷10,92 мм за один её проход по поливному участку (при средней интенсивности дождя, изменяющейся в диапазоне от 0,63 до 0,72 мм/мин). При скорости движения последней тележки, равной 0,19 м/мин, средний слой дождя составляет 87,3÷109,2 мм. Судя по Г. А. Сенчукову, И. В. Новиковой, у дождевальной машины «Фрегат» при скорости движения, равной 1 м/мин, слой дождя, в зависимости от типоразмера машины, составляет $\bar{h}_{д/ср} = 6,7 \div 10,0$ мм.

1.3.3 Производительность дождевальных устройств

Под производительностью функционирующих в движении или принудительно перемещаемых дождевальных устройств (машин, установок, дождевателей) понимается поливаемая дождевальным устройством площадь (в гектарах) за определённый период времени (час, смену, сутки, сезон) с соблюдением параметров заданного режима орошения сельхозугодья. Отметим, что в ряде работ термин «производительность дождевального устройства» синонимизируют с понятием «нагрузка на дождевальную машину».

Различают часовую ($S_{\text{час}}$, га), сменную ($S_{\text{см}}$, га), суточную ($S_{\text{сут}}$, га) и сезонную ($S_{\text{сез}}$, га) производительность дождевальных устройств («нагрузку на дождевальную машину»). В общем виде производительность (S , га) дождевального устройства (машины, установки или дождевателя) определяется соотношением объёма подаваемой устройством на сельхозугодье поливной воды (или объёма водоподачи за определённый период времени – $W_{\text{в/п}}$, м³) к поливной норме ($N_{\text{пол}}$, м³/га) в виде: $S = W_{\text{в/п}} / N_{\text{пол}}$, га.

При определении значений $W_{\text{в/п}} = q_{\text{д/м}} \cdot t$, м³ вводятся поправочные коэффициенты на различного вида потери рабочего времени в смену, сутки или сезон ($k_{\text{см}}$, $k_{\text{сут}}$, $k_{\text{сез}}$), а при определении $N_{\text{пол}} = N_{\text{пол/расч}} \cdot k_{\text{исп}}$, м³/га учитываются имеющие место (условно называемые потерями воды на испарение) расходы воды на формирование микроклимата в приземном слое атмосферы. В вышеприведенных соотношениях: $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевального устройства (машины), л/с; t – продолжительность временного периода, за который определяется производительность дождевального устройства, с; $k_{\text{см}}$, $k_{\text{сут}}$, $k_{\text{сез}}$ – коэффициенты, корректирующие продолжительность периода водоподачи (учитывающие потерю потенциального поливного времени по различным обстоятельствам), значения которых определяются хронометражем [величины этих коэффициентов меньше единицы, значения которых для ряда дождевальных устройств отечественного производства приведены Б. Г. Штепа; $N_{\text{пол/расч}}$ – расчётная поливная норма или поливная норма нетто, м³/га; $k_{\text{пот/исп}}$ – коэффициент, корректирующий (увеличивающий) величину поливной нормы нетто на реально имеющий место расход поливной воды, испаряемой из дождевого облака и формирующей микроклимат на сельскохозяйственном угодье в пределах увлажняемого пространства (значения $k_{\text{пот/исп}} = 1,05 \div 1,30$ зависят от метеорологических показателей (температуры и давления) увлажняемого приземного воздушного пространства).

Сменная производительность. В известных предложениях по расчётным зависимостям для определения сменной производительности дождевальных машин и перемещаемых (многопозиционных) дождевальных установок имеются отличия, преимущественно связанные с коэффициентом испарения ($k_{\text{исп}}$) или поливной воды из дождевого облака (факела) ($k_{\text{пот/исп}}$).

Так, по Б. Г. Штепа и Г. А. Сенчукову зависимость для определения сменной производительности ($S_{\text{см}}$, га) дождевальных машин (в наших обозначениях) имеет вид: $S_{\text{см}} = (3,6 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{пот/исп}}) / N_{\text{пол}}$, а, судя по Е. С. Маркову и др., $S_{\text{см}} = (3,6 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}) / (N_{\text{пол}} \cdot k_{\text{исп}})$, где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; t – продолжительность смены, час; $k_{\text{см}}$ – коэффициент использования сменного времени, учитывающий затраты времени (потери «поливного» времени) на техническую (технологическую) подготовку машины к работе (поливу), её ежесменное техническое обслуживание, устранение мелких поломок и другие затраты времени; значения ($k_{\text{см}}$) зависят от вида дождевальной машины и определяются хронометрированием трудозатрат времени в производственных условиях (величина $k_{\text{см}} < 1,0$); на предварительных стадиях планирования режимов её работы (и при проектировании) можно воспользоваться известными рекомендациями и, в частности, данными, приведенными Б. Г. Штепа; $N_{\text{пол}}$ – поливная норма нетто, м³/га; $k_{\text{исп}}$ – коэффициент, корректирующий (увеличивающий) поливную норму и учитывающий затраты поливной воды, подаваемой дождевальной машиной на поливной участок, на формирование микроклимата ($k_{\text{исп}} > 1,0$); $k_{\text{пот/исп}}$ – коэффициент потерь поливной воды на испарение ($k_{\text{пот/исп}} < 1,0$). По-нашему мнению, более корректным является соотношение: $S_{\text{см}} = (3,6 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}) / (N_{\text{пол}} \cdot k_{\text{исп}})$, га по Е. С. Маркову. Имеются обоснованные предложения (Б. Г. Штепа) при расчёте сменной производительности дополнительно учитывать потери времени по метеорологическим и другим, не зависящим от дождевальной машины, причинам ($k_{\text{м/ус}} \leq 1,0$).

Суточная производительность дождевальной машины (перемещаемой дождевальной установки) определяется по соотношению: $S_{\text{сут}} = (3,6 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot t_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}}) / (N_{\text{пол}} \cdot k_{\text{исп}})$, га, где $t_{\text{сут}}$ – продолжительность работы дождевальной машины в течение суток, час (при односменной работе $t_{\text{сут}} = t_{\text{см}}$); $k_{\text{сут}}$ – коэффициент полезного времени суток на поливе (учитывает затраты времени на ежесуточное техническое обслуживание машины, подготовку её к работе, мелкий ремонт и др.); $k_{\text{пот/вр}}$ – суточный коэффициент, корректирующий (уменьшающий) продолжительность полива в сутки по метеоусловиям и другим, не зависящим от дождевальной машины, причинам (поломки на оросительной сети, организационно-техническим и другим обстоятельствам; $k_{\text{пот/вр}} < 1,0$). Значения корректирующих коэффициентов определяются по каждому виду дождевальных машин в полевых условиях (проведением хронометража рабочего времени), а примерные их значения по рекомендациям, приведенным в справочниках.

Сезонную производительность дождевальных машин (перемещаемых дождевальных установок) рекомендуется определять по соотношению:

$S_{\text{сез}} = (86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{исп/сут}} \cdot t_{\text{м/пол}} \cdot k_{\text{сез}} \cdot k_{\text{пот/исп}}) / (N_{\text{пол}} \cdot k_{\text{исп}})^*$, где $k_{\text{исп/сут}}$ – коэффициент, учитывающий использование времени суток на полив ($k_{\text{исп/сут}} = (n_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}}) / 24$); $n_{\text{см}}$ – количество смен, сут; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, час; $t_{\text{м/пол}}$ – минимальный межполивной период (интервал времени) в период пикового спроса на воду, сут; $k_{\text{сез}}$ – коэффициент полезного использования времени за сезон, учитывающий затраты времени на обслуживание дождевальной машины, профилактические и текущие ремонты; $k_{\text{пот/вр}}$ – сезонный коэффициент потерь поливного времени по метеоусловиям и другим, не зависящим от дождевальной машины, причинам.

Сезонная производительность дождевальной машины ($S_{\text{сез}}$, га) по Б. Г. Штепа в общем случае определяется по соотношению вида: $S_{\text{сез}} = (86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot t_{\text{сез}} \cdot ((k_{\text{пот/вр}})_{\text{сез}} \cdot k_{\text{пот/исп}} \cdot k_{\text{пер/баз}}) / N_{\text{пол}}$, га, где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; $k_{\text{сут}}$ – коэффициент использования времени суток; $t_{\text{сез}}$ – минимальный межполивной интервал в период пикового спроса на воду, сут; $(k_{\text{пот/вр}})_{\text{сез}}$ – коэффициент, учитывающий потери времени за сезон по метеорологическим условиям, из-за отказов в работе оросительной сети и другого «внемашинного» оборудования; $k_{\text{пот/исп}}$ – потери поливной воды на испарение; $k_{\text{пер/баз}}$ – коэффициент потерь времени на перебазирование дождевальной машины; $N_{\text{пол}}$ – поливная норма, м³/га. По В. Н. Шкуре и др., $S_{\text{сез}} = (86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot (k_{\text{пот/вр}})_{\text{сез}} \cdot k_{\text{пот/исп}} \cdot \Delta t_{\text{м/пол}}) / N_{\text{пол}}$, га, где $(k_{\text{пот/вр}})_{\text{сез}}$ – коэффициент, учитывающий потери времени за сезон по метеоусловиям и другим, не зависящим от дождевальной машины, условиям; $\Delta t_{\text{м/пол}}$ – минимальная продолжительность межполивного периода влаголюбивой культуры (сут); $N_{\text{пол}}$ – поливная норма влаголюбивой культуры, м³/га. По Е. С. Маркову максимально возможную сезонную производительность дождевальных машин ($S_{\text{сез. макс}}$, га) определяют по соотношению вида: $S_{\text{сез. макс}} = (86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot T_{\text{п/п}} \times \times k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{сез}}) / N_{\text{нт. ср/вз}} \cdot k_{\text{пот/исп}}$, га, где $T_{\text{п/п}}$ – продолжительность поливного периода, сут; $k_{\text{сут}} = t_{\text{р}} / 24$ – коэффициент использования времени суток для полива ($t_{\text{р}}$, час); $k_{\text{сез}}$ – коэффициент полезного использования времени на поливе за сезон; $N_{\text{нт. ср/вз}}$ – средневзвешенная оросительная норма нетто, м³/га. Кроме максимально возможной сезонной производительности дождевальной машины ($S_{\text{сез. макс}}$, га) Е. С. Марков предлагает определять «предельно возможную сезонную производительность дождевальной машины ($S_{\text{сез/пр}}$, га) за напряжённый поливной период ($t_{\text{напр}}$, сут)» с использованием соотношения: $S_{\text{сез/пр}} = S_{\text{сут}} \cdot t_{\text{напр}} \cdot (k_{\text{сез}} / k_{\text{сут}})$.

* В работах Б. Г. Штепа, Е. С. Маркова, Г. А. Сенчукова и др. приведены другие зависимости по определению сезонной производительности дождевальных машин с соответствующими значениями коэффициентов.

Представленные в общем виде зависимости позволяют определять значения часовой, сменной, суточной и сезонной производительности дождевальных машин, которые в каждом конкретном случае устанавливаются при соответствующих значениях, входящих в них параметров.

1.4 Допустимые параметры дождевого полива

Определение понятия. Под допустимыми параметрами дождевого полива понимаются максимально предельные значения интенсивности дождя, размеров дождевальных капель, продолжительности дождевого полива и допустимой поливной нормы, при которых обеспечивается соблюдение агробиологических и экологических (охранных) требований к дождеванию.

Используемые понятия. В практике оросительных мелиораций, реализуемых дождеванием, используются различные названия допустимых параметров дождевого полива, среди которых: «достоковая поливная норма», «допустимая поливная норма», «максимально возможная поливная норма», «допустимая интенсивность искусственного дождя», «допустимая интенсивность дождевания», «допустимая скорость впитывания воды в почву при дождевании», «эрозионно-допустимая поливная норма», «допустимая (достоковая) поливная норма», «экологически допустимая поливная норма», «допустимая продолжительность полива», «допустимая крупность капель» и др.

Рекомендуемые названия «параметров дождевания». Из применяемых названий наиболее приемлемыми являются: «допустимая интенсивность искусственного дождя», «допустимая продолжительность дождевого полива», «допустимая крупность капель искусственного дождя», «допустимая поливная норма» или, более точно, «допустимая норма дождевого полива».

1.4.1 Допустимая крупность капель искусственного дождя

Одним из показателей искусственного дождя является средний («средневзвешенный» или «среднекубический») диаметр капель. Судя по агротехническим требованиям, для открытого почвенного покрова [зяби, паров, «свежевспаханного» или «прокультивированного» (взрыхлённого поля)] и для растений наиболее приемлем низкоинтенсивный («морозящий») дождь с дождевыми каплями размером в 0,4÷0,9 мм. Отметим, что не все дождевальные машины соответствуют указанным параметрам по среднему диаметру капель дождя. Так, у дождевальных устройств «Кубань-Л», «Кубань-ЛК», ШД-25/300 и ДДА-100ВХ средний диаметр капель искусственного дождя $d_{\text{кап/ср}} = 0,6$ мм, у дождевальной машины «Фрегат» – $d_{\text{кап/ср}} = 0,8$ мм; у дождевальной машины «Днепр» – $d_{\text{кап/ср}} = 0,95$ мм; у дождевальных машин «Волжанка» – $d_{\text{кап/ср}} = 1,4$ мм, а у «ДДН-70» и «ДДН-100» – $d_{\text{кап/ср}} = 1,5$ мм. От размера капель зависит величина их ударного (разрушительного) воздействия на почвенные агрегаты и скорость безнапорного впитывания поливной воды в почву (следовательно, и величина допустимой интенсивности искусственного дождя).

Отметим, что дробление водных масс (поливных струй) в дождеобразующих устройствах (дождеобразователей) требует затрат энергии и, чем меньше размер капель дождя, тем больше энергетические затраты на их образование. При высокой степени (т. е. с повышением) диспергирования поливной воды снижается производительность дождевальных машин. Указанные обстоятельства, наряду с почво- и фитозащитными требованиями, учитываются специалистами при разработке дождевальной техники и её использовании для дождевого полива сельскохозяйственных угодий с определённой (возделываемой на полях) сельскохозяйственной культурой.

При высокой крупности капель искусственного дождя проявляется ирригационно-дождевая эрозия почвенного покрова и реально наблюдается травмирование и даже гибель растений и (или) их «нежных» плодов. Размер (диаметр) капель искусственного дождя влияет на скорость безнапорного впитывания дождевых осадков в почву и, в частности, влияет на величину параметра (постоянной) впитывания. Характер и величина этого влияния может быть оценена соответствующим коэффициентом – k_d – по соотношениям, рекомендуемым Ф. Г. Абрамовым, в виде $k_d = d_i / d_1$; Н. С. Ерховым в виде $k_d = e^{0,65d_i} / e^{0,65d_1}$ или Ф. И. Колесниковым в виде $k_d = (d_i^{1,5} + 1) / (d_1^{1,5} + 1)$, где d_1 – средний диаметр капель дождя размером в 1 мм, d_i – любая величина диаметра капель дождя, мм.

При оценке качества дождевого полива и средств дождевания используется термин «допустимая крупность капель искусственного дождя» (Е. С. Марков), под которым понимается средняя крупность капель дождя, при которой обеспечивается безопасный для почвенного покрова и культивируемых растений дождевой полив. Допустимая крупность капель искусственного дождя определяется почвенными и фенологическими условиями и требованиями и, судя по Б. Г. Штепа, средний размер (диаметр) капель дождя не должен превышать 1,5 мм. По его мнению, этот предел ($d_{\text{кап}} = 1,5$ мм) среднего размера дождевых капель соответствует агротехническим требованиям, позволяет предохранять растения от повреждений, не требует излишних затрат мощности дождевальных устройств на распыление воды и не приводит к большим потерям влаги при испарении её в воздушной среде.

1.4.2 Допустимая интенсивность искусственного дождя

По мнению Б. П. Фокина, первым обязательным условием бесстокового полива дождеванием является соблюдение ограничения по допустимой интенсивности искусственного дождя. Отметим, что, оперируя понятием допустимой интенсивности искусственного дождя, специалисты часто дают неоднозначные его определения, примером тому нижеследующие.

По Б. Б. Шумакову «интенсивность дождя, обеспечивающую в данных условиях подачу требуемой нормы полива без стока воды, называют «допустимой». По Б. Г. Штепа под допустимой интенсивностью искусственного дождя понимается «интенсивность дождя, обеспечивающая в данных усло-

виях подачу требуемой нормы полива без стока воды». Судя по А. В. Колганову и др., допустимая интенсивность искусственного дождя – «интенсивность искусственного дождя, при которой обеспечивается подача поливной нормы без образования луж и стока воды по поверхности сельхозугодья». Согласно Б. С. Маслову «допустимая интенсивность дождя – это интенсивность, при которой обеспечивается подача в почву заданной поливной нормы без образования луж и стока воды по полю». По А. И. Голованову под допустимой интенсивностью дождя понимается «интенсивность искусственного дождя, обеспечивающая в данных условиях подачу требуемой нормы полива без стока воды». По И. Ф. Хруппа допустимая интенсивность дождя – «максимально возможная интенсивность искусственного дождя, обеспечивающая в данных (конкретных) условиях подачу требуемой нормы полива». По Е. С. Маркову «интенсивность дождя, при которой обеспечивается подача воды в почву заданной поливной нормы без образования на поверхности луж и стока воды, называют допустимой». Б. П. Фокин и А. К. Носов под допустимой интенсивностью искусственного дождя понимают «интенсивность дождя, равную скорости впитывания воды в почву».

По вышеприведенным примерам неоднозначного толкования термина «допустимая интенсивность дождя» можно заключить нижеследующее.

1 Допустимая интенсивность дождя в определениях термина увязывается с «требуемой (заданной) поливной нормой». Учитывая, что расчётная (требуемая или заданная) поливная норма может изменяться в широком диапазоне значений (от 10 до 100 мм), правомерно допустить и соответствующий диапазон значений допустимой интенсивности искусственного дождя, т. е. множество её значений. Таким образом, значению (или диапазону значений) поливной нормы будет соответствовать своё значение допустимой интенсивности искусственного дождя. В связи с этим отметим, что допустимая интенсивность дождя зависит от природных и техногенных условий, но увязывать её значение с поливной нормой, по нашему мнению, не следует.

2 В ряде толкований термина, допустимая интенсивность дождя увязывается с впитывающей способностью почвы, т. е. со скоростью безнапорного впитывания поливной воды в почву и количественно приравнивается к ней, что является обоснованным, так как обеспечивает дождевой полив без образования луж и поверхностного стока. В связи с этим отметим, что скорость безнапорного впитывания воды в почву изменяется во времени и имеет множество значений, при которых в конкретных условиях дождевого полива процесс поглощения воды почвой протекает без образования луж и поверхностного стока (течения) воды. Судя по отмеченному выше, в определении термина необходимо учитывать и указывать временной фактор (показатель).

С учётом отмеченного ранее, под «допустимой интенсивностью дождя» предлагается понимать – интенсивность искусственного дождя, при которой в течение определённого периода (определённой продолжительности) полива впитывание воды в почву протекает без луже- и стокообразования.

Величину допустимой интенсивности искусственного дождя рекомендуется определять экспериментальным путём. Отдельные известные предложения по ориентировочным значениям интенсивности рассмотрены ниже.

Так, по Б. Б. Шумакову, дождевание (дождевой полив) может быть реализовано на почвах со скоростью напорного впитывания воды за первый час, составляющей $v_{\text{вп/нап}} = 1,67 \div 5,0$ мм/мин, что является верхним пределом интенсивности дождя. И при этом отмечается что, «допустимая интенсивность дождя (без стока и образования луж при заданной поливной норме) составляет: для тяжёлых (по мехсоставу) почв $0,1 \div 0,2$ мм/мин; для средних почв – $0,2 \div 0,3$ мм/мин и для лёгких почв – $0,5 \div 0,8$ мм/мин».

По Е. С. Маркову «структура почвы сохраняется при интенсивности дождя $0,1 \div 0,15$ мм/мин». По Е. С. Маркову превышение интенсивности дождя значений $I_{\text{д}} = 0,1 \div 0,15$ мм/мин допустимо: для плохопроницаемых почв – до $0,2$ мм/мин, для среднепроницаемых – до $0,2 \div 0,3$ мм/мин и для легкопроницаемых – до $0,5 \div 0,8$ мм/мин. И по Е. С. Маркову интенсивность искусственного дождя не должна превышать: на тяжёлых почвах – $0,06 \div 0,15$ мм/мин, на средних – $0,10 \div 0,25$ мм/мин и на лёгких – $0,15 \div 0,45$ мм/мин. По мнению Е. С. Маркова допустимая интенсивность дождя ориентировочно может быть определена по соотношению: $I_{\text{д/доп}} \approx 0,4 \div 0,5 v_{\text{вп/нап}}$, мм/мин; где $v_{\text{вп/нап}}$ – скорость напорного впитывания воды почвой, мм/мин. Судя по Е. С. Маркову, «наилучшая интенсивность дождя» составляет $0,06 \div 0,15$ мм/мин при диаметре капель менее $1 \div 2$ мм.

Б. С. Маслов отмечает, что допустимая интенсивность искусственного дождя составляет: для тяжёлых почв – $0,1 \div 0,2$ мм/мин, для средних почв – $0,2 \div 0,3$ мм/мин и для лёгких по гранулометрическому составу почв – $0,5 \div 0,6$ мм/мин. По мнению А. Н. Костякова, допустимая интенсивность дождя для безуклонных (малоуклонных) сельхозугодий составляет: для тяжёлых почв – $0,1 \div 0,2$ мм/мин, для средних – $0,2 \div 0,3$ мм/мин и для лёгких почв она составляет $0,3 \div 0,8$ мм/мин. При этом оптимальное значение интенсивности искусственного дождя составляет $0,10 \div 0,15$ мм/мин.

По рекомендациям М. И. Багрова и И. П. Кружилина, при уклонах поверхности полей $i_n = 0,01 \div 0,12$ допустимая интенсивность искусственного дождя для лёгких почв составляет $0,5 \div 0,85$ мм/мин; для средних – $0,2 \div 0,4$ мм/мин и для тяжёлых почв она изменяется от $0,2$ до $0,1$ мм/мин.

Согласно данным, полученным Д. М. Кервалишвили и Ю. Ф. Снопич, при уклонах поверхности почвы сельскохозяйственных угодий до 5 % «максимально допустимые значения интенсивности дождя» для песчаной почвы составляют $0,33$ мм/мин, супесчаной – $0,25$ мм/мин, суглинистой – $0,20$ мм/мин и для глинистой почвы – $0,17$ мм/мин, а по данным Б. Г. Штепа, допустимая интенсивность искусственного дождя для тяжёлых почв составляет $0,025 \div 0,09$ мм/мин.

Рекомендуемые значения средней интенсивности искусственного дождя для почв различного гранулометрического состава (по данным В. М. Ро-

манова и др.) приведены в таблице 1.5, а ориентировочные её значения, рекомендуемые в справочнике Б. С. Маслова и др., в таблице 1.6.

Таблица 1.5 – Данные по допустимой средней интенсивности дождя (по В. М. Романову и др.)

Вид почвы	Рекомендуемое значение интенсивности искусственного дождя, мм/мин.		
	А. Н. Костяковым	А. Молензар	А. Г. Грей
Тяжёлые	0,1÷0,2	0,125÷0,165	0,084÷0,21
Средние	0,2÷0,3	0,21÷0,31	0,21÷0,32
Лёгкие	0,5÷0,8	0,31÷0,41	0,32÷0,64

Таблица 1.6 – Допустимая интенсивность дождя и поливные нормы для различных типов почв (по Б. С. Маслову)

Типы почв и регион исследований	Допустимая интенсивность дождя, мм/мин	Поливная норма, м ³ /га	Продолжительность выдачи поливной нормы, мин	
			min	max
Средневыщелоченный чернозём, рыхлая комковатая почва (Воронежская область)	3÷0,5	300÷800	10,0	160,0
Каштановые почвы (Сальская область):	2÷0,75	220÷740	11,0	98,7
- пашня/жнивье	2÷0,5	320÷1300	16,0	260,0
Выщелоченный чернозём (Курская область):				
- хорошо взрыхлённое поле	2÷0,8	210÷1200	10,5	150,0
- почва без растений	2÷0,7	120÷800	6,0	114,0
Тёмно-каштановая почва без растений после культивации (территории Чеченской и Ингушской республик)	2÷0,5	150÷400	7,5	80,0
Каштановая почва (Саратовская область)	2÷0,7	150÷300	7,5	42,9
Подзолистая почва с низкой водопроницаемостью (Московская область)	1,5÷0,7	80÷130	5,3	18,6
Пойменные почвы с хорошей водопроницаемостью (Московская область)	1,5÷0,7	300÷400	20,0	57,1

В справочниках Б. Г. Штепа, Б. Б. Шумакова и др. приводятся рекомендуемые фирмой «Скипер» значения допустимой интенсивности искусственного дождя (мм/мин) в зависимости от вида почвы, уклона и наличия, произрастающих на поливаемом сельхозугодье культур (таблица 1.7).

Значения допустимой интенсивности дождя (мм/мин) при поливных нормах, составляющих 300÷500 м³/га, приведены в таблице 1.8.

Рекомендации являются примерными и нуждаются в корректировке в соответствии с реальными условиями дождевого полива.

Отметим, что, обеспечиваемая применяемыми дождевальными средствами, средняя интенсивность искусственного дождя отчасти соответствует вышеприведенным допустимым значениям.

Таблица 1.7 – Значения допустимой интенсивности дождя в зависимости от вида почвы, уклона и наличия, произрастающих на угодье сельскохозяйственных культур, мм/мин (по данным фирмы «Скипер»)

Почва	$i = 0,05$		$i = 0,05-0,08$		$i = 0,08-0,12$		$i = 0,12$	
	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры
Песчаные	0,85	0,85	0,85	0,64	0,64	0,44	0,42	0,21
Песчаные, подстилаемые более плотной подпочвой	0,74	0,64	0,53	0,42	0,42	0,32	0,32	0,17
Лёгкие супесчаные	0,74	0,42	0,53	0,34	0,42	0,25	0,32	0,17
Лёгкие супесчаные, подстилаемые более плотной подпочвой	0,53	0,32	0,42	0,21	0,32	0,17	0,21	0,13
Среднесуглинистые	0,42	0,21	0,34	0,17	0,25	0,13	0,17	0,09
Среднесуглинистые, подстилаемые более плотной подпочвой	0,25	0,13	0,21	0,11	0,17	0,07	0,13	0,04
Тяжёлые суглинки и глины	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05	0,034	0,04	0,025

Таблица 1.8 – Значения допустимой интенсивности искусственного дождя при поливных нормах $300 \div 500 \text{ м}^3/\text{га}$, мм/мин (по Б. Г. Штепа)

Почва	Короткоструйное позиционное дождевание	Дождевание машинами в движении и вращающимися аппаратами
Чернозёмы легкосуглинистые	0,8÷1,0	0,30÷0,35
Чернозёмы средние и тяжелосуглинистые	0,5÷0,8	0,22÷0,27
Каштановые и дерново-подзолистые суглинистые почвы	0,4÷0,6	0,12÷0,20
Серозёмы светлые среднесуглинистые	0,3÷0,5	0,07÷0,15

Так, по Ю. Ф. Снопич, средняя интенсивность дождевальных машин отечественного производства составляет: для ДМ «Фрегат Б434» – $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 0,28$ мм/мин; у ДМ «Днепр» – 0,30 мм/мин; для ДМ «Кубань» – 1,10 мм/мин, а у «Кубань ЛК1» – 0,30 мм/мин; для ДМ «Волжанка» $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 0,27$ мм/мин, у ДДН-70 средняя интенсивность дождя составляет 0,40 мм/мин, тогда как у дождевальных машин ДДА-100ВХ и ДКДФ-1 $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 2,4$ мм/мин. Отметим, что значения $\bar{I}_{\text{д/ср}}$ (мм/мин) не по всем видам машин соответствуют их паспортным характеристикам и данным, приведенным в других источниках информации.

1.4.3 Допустимая продолжительность дождевого полива

Ряд специалистов используют в качестве одного из регламентирующих показателей дождевания допустимую продолжительность полива, под которой понимается продолжительность (период) подачи поливной воды (водоподдачи) дождевальным устройством на зону непрерывного полива до образования луж и поверхностного стока в зоне захвата искусственным дождём.

Пределом продолжительности дождевания считается период (момент) до образования луж или стока воды на поле (Б. Г. Штепа, Б. Б. Шумаков); при этом до этого момента (или в течение этого периода) интенсивность дождя будет меньше или равна скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву. По Б. Г. Штепа и Б. Б. Шумакову допустимое время полива при заданной интенсивности (без образования луж) дождя устанавливают на основании опытных данных, полученных для конкретных условий.

Согласно А. П. Исаеву, связь между продолжительностью полива до лужеобразования и интенсивностью дождя описывается зависимостью вида: $t = A/\rho^\alpha$, мин; где A – коэффициент впитывания; α – эмпирический параметр; ρ – интенсивность искусственного дождя, мм/мин. Судя по Е. С. Маркову, «... между интенсивностью дождя « ρ » и его продолжительностью « $t_{\text{доп}}$ » до начала образования луж существует эмпирическая зависимость: $\rho^\alpha \cdot t_{\text{доп}} = C$, где C и α – параметры, получаемые для конкретных условий при определённом качестве дождя». По Е. С. Маркову параметр « α » характеризует водопроницаемость почв (большие значения « α » соответствуют структурным, рыхлым и иссушенным почвам), а параметр « C » зависит от крупности капель дождя. По Б. Б. Шумакову продолжительность непрерывного дождевания до образования луж определяется по соотношению: $t_{\text{дож}} = A/\rho_m \cdot \gamma_\rho$, мин; где « A » и « γ_ρ » – параметры, характеризующие водопроницаемость почв, определяемые опытным путём при непрерывном поливе.

Допустимая продолжительность непрерывного дождевания соответствует определённой допустимой интенсивности искусственного дождя и определяется периодом единовременного дождевого полива без образования луж и поверхностного стока поливной воды. С учётом данного обстоятельства для различных видов дождевальных машин предложен ряд зависимостей, увязывающих продолжительность полива ($t_{\text{пол}}$, мин) и величину поливной нормы ($N_{\text{пол}}$, м³/га) со средней интенсивностью искусственного дождя ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мм/мин).

Продолжительность полива (выдачи заданной поливной нормы) на одной позиции по Е. С. Маркову для дождевальных машин позиционного полива определяется по соотношению: $t_{\text{пол/поз}} = N_{\text{пол}}/\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мин; где $N_{\text{пол}}$ – норма полива, мм, $\bar{I}_{\text{д/ср}}$ – средняя интенсивность дождя, мм/мин.

Продолжительность полива ($t_{\text{пол/поз}}$, мин), обеспечивающая выдачу расчётной нормы полива ($N_{\text{пол/расч}}$, м³/га) для дождевальных машин с рабочим эле-

ментом в виде струйного дождеобразователя, поворачивающегося (вращающегося) вокруг вертикальной оси по Е. С. Маркову, определяется по зависимости: $t_{\text{пол/поз}} = N_{\text{пол/расч}} / \bar{I}_{\text{д/ср}} \cdot n_{\text{об}}$, мин; где $n_{\text{об}}$ – частота вращения насадки, с^{-1} .

Судя по Е. С. Маркову, продолжительность однопозиционного единовременного полива «площади» (зоны) захвата стационарно поливаемыми дождевальными устройствами (дождевальными машинами «Волжанка», «Ока», «Днепр» и стационарно установленными дождевальными насадками) определяется по формуле: $t_{\text{пол/поз}} = (S_{\text{поз/зах}} \cdot N_{\text{пол}}) / 10 \cdot 60 q_{\text{д/у}}$, мин; где $S_{\text{поз/зах}}$ – площадь, поливаемая (стационарным или однопозиционным) дождевальным устройством с одной позиции (площадь однопозиционного захвата дождём), м^2 ; $N_{\text{пол}}$ – норма полива, $\text{м}^3/\text{га}$; $q_{\text{д/у}}$ – расход дождевального устройства, л/с.

В общем случае продолжительность непрерывного полива на одной позиции определяется величиной поливной нормы брутто ($N_{\text{пол,бр}} = N_{\text{пол,нт}} \cdot k_{\text{исп}}$) и устанавливается по соотношению: $t_{\text{пол}} = N_{\text{пол,нт}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot S_{\text{поз}} / q_{\text{д/м}}$, мин; где $N_{\text{пол,нт}}$ – поливная норма нетто, мм; $k_{\text{исп}}$ – коэффициент, корректирующий поливную норму на объём воды, расходуемой на формирование микроклимата, равный $1,0 \div 1,3$, в зависимости от условий полива (температуры, давления и влажности воздушной среды).

1.4.4 Допустимая поливная норма при дождевом поливе

Одним из принятых в практике дождевого орошения критериев качества дождевания и выбора средств дождевого полива является **допустимая поливная норма**. Реально используется ряд названий этого показателя, среди которых: «достоковая поливная норма», «эрозионно-допустимая поливная норма («ЭДПН»)), «почвозащитная поливная норма», «агробιοлогическая поливная норма», «допустимая поливная норма» и др. При этом собственно термин (понятие) определяется (толкуется) специалистами по-разному.

Так, судя по А. И. Голованову, «достоковая норма – это максимальная поливная норма, не вызывающая образования поверхностного стока». Достоковую норму находят из сравнения интенсивности дождя и скорости впитывания поливной воды в почву, что даёт завышенные результаты, т. е. $I_{\text{д}} \geq v_{\text{вп}}$. По А. И. Голованову достоковую поливную норму рекомендуется устанавливать опытным путём – дождеванием с интенсивностью искусственного дождя, соответствующей определённому дождеобразователю (т. е. определённой дождевальной машины или установки).

Известны предложения по определению значений допустимой поливной нормы по известным значениям допустимой интенсивности искусственного дождя ($I_{\text{д/доп}}$, мм/мин) и допустимой продолжительности достокового дождевого полива ($t_{\text{пол/доп}}$, мин) в виде: $N_{\text{пол/доп}} = I_{\text{д/доп}} \cdot t_{\text{пол/доп}}$, мм.

Е. С. Марков «максимально допустимую поливную норму» ($m_{\text{мах/доп}}$, мм) предлагает определять по соотношениям: $m_{\text{мах/доп}} = \bar{I}_{\text{д/ср}} \cdot t_{\text{доп}}$ или $C / \bar{I}_{\text{д/ср}}^{\alpha-1}$,

где $\bar{I}_{\text{д/ср}}$ – определённая (заданная) или фактически обеспечиваемая дождеобразующим средством средняя интенсивность искусственного дождя, мм/мин; $t_{\text{доп}}$ – продолжительность бесстокового полива при заданной интенсивности дождя, мин; C и α – эмпирически устанавливаемые параметры, характеризующие условия полива (водопроницаемость почвы (скорость впитывания поливной воды в почву), крупность капель дождя и др.).

По Н. С. Ерхову допустимую поливную норму при дождевании (m , мм) рекомендуется определять по зависимости: $m = K_v / \sqrt{\rho} \cdot e^{-0,5d}$, мм; где K_v – показатель, характеризующий впитывающую способность почв, мм (для почв со «слабой» и «очень слабой» впитывающей способностью $K_v < 30$ мм; при «средней» впитывающей способности почвы – $K_v = 30 \div 60$ мм; для почв с «хорошей» впитывающей способностью $K_v = 60 \div 90$ мм; при «сильной» и «очень сильной» впитывающей способностью почв – $K_v > 90$ мм); ρ – интенсивность дождя, мм/мин; $e = 2,718$ – основание натурального логарифма; d – средний диаметр дождя, мм. Отметим, что широкий диапазон значений (K_v) и высокая степень неопределённости определения величины этого параметра затрудняет использование вышеприведенной зависимости при проведении расчётов, а получаемые в результате расчётов значения допустимой поливной нормы отражают только качественную картину изменения достоктовой поливной нормы в зависимости от значений, учтённых в формуле, факторов влияния.

Примером тому данные расчёта допустимой поливной нормы по указанной формуле для дождевальной машины «Кубань-Л», используемой на «слабоводопроницаемых» почвах (тяжёлосуглинистых) и на песчаных почвах с «сильной водопроницаемостью» с нижеследующими исходными данными: $\bar{I}_{\text{д/ср}} \rightarrow \rho = 1,3$ мм/мин; $d_{\text{кап}} \rightarrow d = 1,0$ мм; почвы песчаные ($K_v = 95$ мм) и суглинистые ($K_v = 45$ мм); почвы песчаные ($K_v = 75$ мм); почвы глинистые ($K_v = 25$ мм). Результаты выполненного расчёта в сопоставлении с данными по таблице 2 пособия к «Проектирование оросительной сети с ЭДМФ «Кубань» СНиП 2.06.03-85 (М., 1984) приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Данные расчёта допустимых поливных норм для дождевальной машины «Кубань-Л» по формуле Н. С. Ерхова в сопоставлении со значениями по пособию к СНиП 2.06.03-85

Источник информации	Значения допустимых поливных норм для разных почвенных условий, м ³ /га			
	$K_v = 25$ мм	$K_v = 45$ мм	$K_v = 75$ мм	$K_v = 95$ мм
Расчёт по формуле Н. С. Ерхова	360	650	1090	1380
Данные по пособию к СНиП 2.06.03-85 (таблица 2, с. 8)	100÷200	200÷400	400÷600	> 600

В пособии к СНиП 2.06.03-85 приведена методика определения эрозионно-допустимых поливных норм (ЭДПН) для дождевальной машины «Кубань-Л», суть которой заключается в нижеследующем.

1 Величина допустимой (достоковой) поливной нормы по предложению Н. С. Ерхова определяется по соотношению:

$$m_d = P / S_m, \quad (1.1)$$

где P – расчётный показатель безнапорного впитывания воды в почву при дождевании («показатель безнапорной водопроницаемости почвы»), мм;

S_m – расчётная безразмерная комплексная энергетическая характеристика искусственного дождя (ЭДХ) дождевальной машины.

2 Показатель безнапорной водопроницаемости почвы (P , мм) устанавливается по зависимости:

$$P = P_0 \cdot k_{\text{попр}}, \quad (1.2)$$

где P_0 – стандартный («начальный» или «исходный») показатель безнапорного впитывания воды в почву («показатель впитывания» или «стандартный показатель безнапорной водопроницаемости почвы») для «стандартного» состояния почвы (открытой рыхлой почвы с предполивной влажностью в пределах $0,6 \div 0,8$ НВ при малоуклонной поверхности поливного участка ($i_n < 0,01$), определяемый в конкретных условиях (по методике Н. С. Ерхова). Данные по показателю (P_0) для конкретных условий их определения приведены в таблице 1.10 и могут использоваться в качестве ориентировочных значений на предварительных стадиях проектирования полива.

Таблица 1.10 – Ориентировочные значения стандартных показателей, характеризующих впитывающую способность почв (по пособию к СНиП 2.06.03-85)

Регион определения показателя	Тип (вид) почвенного покрова	Значение показателя, характеризующего впитывающую способность почвы		
		P_0 , мм	B	q
Юг Красноярского края	Чернозёмы и каштаново-суглинистые почвы	50	1,5	0,65
	Чернозёмы и каштаново-супесчаные почвы	75	2,0	0,65
Саратовская область	Чернозёмы и тёмно-каштановые суглинистые почвы	85	1,5	0,65
	Аллювиальные и суглинистые почвы (зернистая пойма)	120	1,5	0,65
Запорожская область	Чернозём обыкновенный малогумусный суглинистый	80	1,5	0,65
Волгоградская область	Светло-каштановая суглинистая комплексная почва с солонцами (20 % солонцов)	90	1,75	0,65

Значения поправочного коэффициента ($k_{\text{попр}}$) в зависимости (1.2) рекомендуются определять по соотношению вида:

$$k_{\text{попр}} = k_{\text{попр},1} \cdot k_{\text{попр},2} \cdot k_{\text{попр},3}. \quad (1.3)$$

Значения входящих в формулу (1.3) поправочных коэффициентов $k_{\text{попр},1}$ и $k_{\text{попр},2}$ (по пособию к СНиП 2.06.03-85) приведены в таблицах 1.11 и 1.12.

Таблица 1.11 – Рекомендуемые в пособии к СНиП значения поправочного коэффициента $k_{\text{попр},1}$

Характеристика участка, на котором определялись значения «показателя впитывания P_0 »	Рекомендуемое значение коэффициента $k_{\text{попр},1}$
Длительно орошаемые земли	1,0
Старообрабатываемые неорошаемые земли (богара)	0,9
Залежь или целина	0,75

Таблица 1.12 – Рекомендуемые в пособии к СНиП значения поправочного коэффициента $k_{\text{попр},2}$

Доза регулярного внесения навоза, т/га	Рекомендуемое значение коэффициента, $k_{\text{попр},2}$
0	1,0
100	1,5
Примечание – для промежуточных доз навоза величина $k_{\text{попр},2}$ находится линейной интерполяцией.	

Значение поправочного коэффициента $k_{\text{попр},3}$ [в формуле (1.3)], учитывающего уклон поверхности угодья (коэффициент уклона), определяется по зависимости: $k_{\text{попр},3} = \exp[c(i_{\text{кр}} - i)]$, где $i_{\text{кр}}$ – критический уклон и c – параметры, установленные значения которых приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Экспериментально установленные значения критического уклона $i_{\text{кр}}$ и параметра c

Условие определения параметров $i_{\text{кр}}$ и c	Значение параметров	
	$i_{\text{кр}}$	c
Чернозёмные и тёмно-каштановые почвы в Хакасии	0,01	15
Тёмно-каштановые суглинистые почвы в Саратовской области	0,012÷0,017	22

3 Устанавливается величина расчётной (безразмерной) комплексной энергетической характеристики искусственного дождя (ЭХД) дождевальная машины «Кубань-Л» [формула (1.1)] ($S_m, \text{м}^2$) по нижеописанному алгоритму.

3.1 Определяются значения энергетических характеристик по каждому из опытных дождемеров (микроплощадок) – (ЭХД м/пл) или (ЭХД д/м). Значения ЭХД для любой микроплощадки в пределах одновременно поливаемой площади ($S, \text{м}^2$) вычисляют по формуле:

$$S = (\rho/\rho)^{\beta-1} \exp[q(d - d_1)], \quad (1.4)$$

где ρ – средняя интенсивность дождя в точке (дождемере или микроплощадке), мм/мин;

d – крупность (осреднённый диаметр или размер) капель, мм;

β и q – параметры впитывания, значения которых приведены в таблице 1.10.

3.2 По известной площади дождемеров (микроплощадок) строят интегральную кривую распределения ЭХД по значениям ($S_i, \text{м}^2$) по всей площади одновременного дождевого полива, располагая значения в возрастающем порядке. Судя по пособию к СНиП 2.06.03-85, расчётную величину ЭХД дождевальной машины «Кубань-Л» ($S_m, \text{м}^2$) «находят по интегральной кривой, допуская некоторый процент площади лужеобразования (например, 25 %)». В соответствии с вышеописанным алгоритмом (при параметрах $\beta = 1,5$ и $1,75$ и $q = 0,65$) определены значения ($S_m, \text{м}^2$), которые для дождевальных машин «Кубань-М» и «Кубань-Л», соответственно, составляют $S_m = 2,1 \text{ м}^2$ и $S_m = 2,3 \text{ м}^2$.

Приведенная в пособии к СНиП 2.06.03-85 методика предусматривает корректировку расчётного значения показателя впитывания воды в почву при дождевании – (P), с учётом изменения объёмной массы пахотного слоя, проективного покрытия почвы растительным покровом и уровня (величины) предполивной влажности почвы. Величина корректирующего впитывающую способность почвы коэффициента ($k_{\text{кор}}$), в соответствии с пособием к СНиП, определяется по соотношению вида:

$$k_{\text{кор}} = k_{\text{кор},1} \cdot k_{\text{кор},2} \cdot k_{\text{кор},3} \quad (1.5)$$

Корректирующий коэффициент ($k_{\text{кор},1}$), учитывающий влияние на показатель впитывания (P , мм), состояние плотности (уплотнения) почвы (объёмной массы (α) пахотного слоя), определяется по зависимости:

$$k_{\text{кор},1} = \exp[a(\alpha_0 - \alpha_i)], \quad (1.6)$$

где a – экспериментальный параметр, установленные (ориентирующие пользователя) значения которого для различных почвенных условий приведены в таблице 1.14;

α_0 – объёмная масса почвы «в стандартном состоянии», г/см^3 ;

α_i – текущая величина объёмной массы почвы, соответствующая периоду (времени) дождевого полива, г/см^3 .

Таблица 1.14 – Данные по экспериментальному параметру a

Условие определения корректирующего коэффициента $k_{\text{кор},1}$ по формуле (1.6)	Значения эмпирического параметра a в формуле (1.6)
Тёмно-каштановая легкосуглинистая среднемощная почва в Саратовской области	1,42
Среднесуглинистая и среднемощная тёмно-каштановая почва в Саратовской области	1,72
Среднесуглинистая маломощная тёмно-каштановая почва в Саратовской области	1,84
Тяжёлосуглинистая маломощная тёмно-каштановая почва в Саратовской области	2,01
Каштановая среднесуглинистая маломощная почва в Хакасии	2,95

Методика, приведенная в пособии к СНиП, предусматривает корректировку значений ($k_{\text{кор},1}$) для условий возделывания пропашных культур при предполивном рыхлении почвы в междурядьях и рядах, как среднее арифметическое значение ($k_{\text{кор},1}$) и ($k'_{\text{кор},1}$), определённое для рядов и междурядий.

Корректирующий коэффициент ($k_{\text{кор},2}$), учитывающий влияние на впитывающую способность почвы [на показатель впитывания (P , мм)] растительного покрова, предлагается определять по зависимости вида:

$$k_{\text{кор},2} = 1 + \gamma \left[\exp \left(\frac{q}{\beta} \cdot \frac{d}{d_1} - 1 \right) - 1 \right], \quad (1.7)$$

где γ – проективное покрытие поверхности сельхозугодья (почвы) растительным покровом, измеряемое в долях от единицы (при «открытой» почве – $\gamma = 0$ и при полностью фитопокрытой поверхности почвы (закрытой растительным покровом) $\gamma = 1$);

q и β – параметры, принимаемые по таблице 1.10;

d – расчётная крупность капель искусственного дождя, соответствующая дождевальному устройству (машине, установке или дождевателю), мм;

d_1 – единичная крупность капель ($d_1 = 1,0$ мм).

Корректирующий коэффициент ($k_{\text{кор},3}$), учитывающий влияние на показатель впитывания (P) предполивной влажности пахотного слоя, изменяющийся в интервале от 0,6 до 0,8 НВ, определяется по соотношению вида:

$$k_{\text{кор},3} = 1 + 0,5(W_1 - W_2), \quad (1.8)$$

где W_1 – предполивная влажность, при которой определяется стандартный показатель впитывания (P_0) (в долях от НВ);

W_2 – расчётная предполивная влажность («предполивной порог влажности расчётного слоя почвы») для орошаемого сельскохозяйственного угодья.

В соответствии с описанной выше методикой по пособию к СНиП 2.06.03-85, приведен пример расчёта эрозионно-допустимых поливных норм (ЭДПН) для ЭДМФ «Кубань», рекомендуемых для сельхозугодий в «типичных» природно-климатических условиях малоуклонных ($i < 0,01$) орошаемых земель Саратовской, Волгоградской, Херсонской, Запорожской областей и Ставропольского края. Данные по видам почв, возделываемым на них культурах и ориентировочным (рекомендуемым) значениям эрозионно-допустимых (достоковых) поливных норм приведены в таблице 1.15 (по пособию к СНиП 2.06.03-85).

По данным, представленным в таблице 1.15, значения достоковых поливных норм для суглинистых почв и выращиваемых культур имеют относительно низкую вариабельность. Отклонения величин ЭДПН от данных по суглинистым почвам имеют место для аллювиальных почв, при этом влияние вида выращиваемых культур и условия периода вегетации остаются незначительными.

Таблица 1.15 – Ориентировочные эрозионно-допустимые (достоковые) поливные нормы для ЭДМФ «Кубань», мм

Регион исследований	Тип почвы	Объёмная масса поч-вы, г/см ³	Возделываемая культура	Значения досток-овой поливной нормы, мм	
Саратовская область	Тёмно-каштановая суглинистая	1,05÷1,20	Яровая пшеница	30÷35	30÷35
		1,20÷1,35	Кукуруза	35÷40	≈35
			Люцерна 2-го года	30÷40	25÷30
Волгоградская область	Светло-каштановая суглинистая	1,15÷1,28	Яровая пшеница	30÷35	25÷30
		1,28÷1,40	Кукуруза	35÷40	25÷35
			Люцерна 2-го года	30÷35	20÷25
Запорожская область	Чернозём обыкновенный малогумусный суглинистый	1,05÷1,18	Яровая пшеница	30÷35	30÷35
		1,18÷1,35	Кукуруза	30÷35	≈35
			Люцерна 2-го года	30÷40	25÷30
Херсонская область	Чернозём суглинистый	—	Яровая пшеница	30÷35	30÷35
			Кукуруза	35÷40	35÷40
			Люцерна 2-го года	30÷40	30÷40
Ставрополь-ский край	Чернозём суглинистый	—	Яровая пшеница	30÷35	30÷35
			Кукуруза	30÷35	30÷35
			Люцерна 2-го года	30÷40	25÷30
Осреднённое значение ЭДПН				34,2 ± 4,2	31,2 ± 4
Саратовская область	Аллювиальная суглинистая зернисто-пойменная	—	Яровая пшеница	40÷50	40 ± 50
			Кукуруза	50÷55	≈50
			Люцерна 2-го года	40÷50	35÷45
Среднее значение ЭДПН				47,5	45,0

1.4.5 Заключение по состоянию разработок допустимых параметров искусственного дождя

1 Условием, определяющим высокое качество дождевого полива, является неперевышение интенсивности искусственного дождя, создаваемого дождевальным устройством, скорости безнапорного впитывания поливной воды почвой или допустимой интенсивности дождя, т. е.: $\bar{I}_{д/ср} \leq v_{вп.б/н}$ или $\bar{I}_{д/ср} \leq I_{д/доп}$. При этом допустимая интенсивность искусственного дождя ($I_{д/доп}$, мм/мин) принимается равной или меньшей скорости безнапорного впитывания воды почвой ($v_{вп.б/н}$, мм/мин), т. е. $I_{д/доп} \leq v_{вп.б/н}$. При соблюдении вышеуказанного условия обеспечивается полив без луже- и стокообразования, т. е. обеспечивается «почво- и фитозащитное» дождевание, соответствующее экологическим и биологическим требованиям.

2 Технологическая интенсивность искусственного дождя, соответствующая определённому средству дождевания (во избежание лужеобразования и поверхностного стока и связанных с этим разрушением структуры почвы, ухудшением эрозионных процессов, оплывания почвы и коркообразования), в течение всего времени полива (или, в крайнем случае, в конце полива) определённой единовременно увлажняемой (поливаемой) зоны (полосы за-

хвата дождевальным устройством) не должна превышать скорости безнапорного впитывания поливной воды почвой в продолжении всего полива.

3 Технологическая интенсивность искусственного дождя, формируемого дождевальными устройствами, изменяется в широком диапазоне значений (от 0,16 до 1,6 мм/мин и более), что значительно превышает экологически допустимые значения. Требуемое по агробиологическим требованиям снижение $\bar{I}_{д/ср}$ до $0,17 \div 0,25$ мм/мин технически осуществимо, но требует значительных затрат средств и снижает производительность устройств дождевого полива. Указанное обстоятельство требует поиска компромиссных решений между требованиями природно-экологического (средозащитного) характера и условиями хозяйственно-экономического характера, которые могут быть найдены на основе глубокого изучения условий и параметров средозащитного орошения и соответствующих конструкторских разработок.

4 На величину допустимой (приемлемой) интенсивности искусственного дождя влияет ряд природно-климатических и технологических факторов, среди которых: водно-физические свойства почвенного покрова (водопроницаемость и водовпитывающая способность почвы и её противоэрозионная устойчивость); начальная (дополивная) влажность почвы и состояние взрыхлённости (уплотнённости) её пахотного слоя; топография поливного участка (величина общего и локальных уклонов, состояние спланированности (выравненности) поверхности сельскохозяйственного угодья); степень фитопокрытости почвенного покрова, вид и состояние растительного покрова; размер дождевых капель и высота их выпадения; продолжительность полива и технология его ведения; другие природные и антропогенные факторы.

5 Известными исследованиями установлены определённые общие закономерности водопроницаемости (водовпитывающей способности) почвы. Установлено, что скорость впитывания поливной воды в почву при дождевании (т. е. «безнапорного впитывания») на $30 \div 60$ % меньше скорости впитывания при наличии на поверхности почвы определённого слоя воды (напорного впитывания). Интенсивность безнапорного впитывания воды в почву зависит от ряда почвенных характеристик: гранулометрического состава (количества глинистых частиц), степени дополивной влажности и плотности (скважности) почвы, величины наименьшей влагоёмкости, скорости напорного впитывания и других водно-физических параметров. Скорость впитывания воды почвой изменяется во времени – с увеличением продолжительности полива (водоподачи) скорость впитывания системно снижается. Отметим, что при наличии общих закономерностей количественные показатели процесса безнапорного впитывания воды в почву изучены недостаточно и требуют проведения экспериментальных исследований и новых обобщений.

6 В процессе поиска компромисса между требованием по снижению интенсивности дождя («дождевания») и технологическими возможностями экономически приемлемой дождевальной техники специалисты допускали определённое «смягчение» требований к качеству дождя. Так, для полива струйными насадками, поворачивающимися вокруг вертикальной оси и медленно вращающимися струйными дождевальными аппаратами, формирую-

щими «прерывистый дождь», Е. С. Марков считает, что «действительная интенсивность дождя может превышать впитывающую способность почвы, но к очередному выпадению его в поливаемой зоне должно быть обеспечено полное впитывание ранее поданной поливной воды», несмотря на то, что основным условием качественного дождевого полива определено – средняя интенсивность искусственного дождя не должна превышать скорость впитывания поливной воды. Допускается не системное (в соответствии с закономерностью снижения скорости впитывания во времени) уменьшение интенсивности дождя, а ступенчатое по величине и во времени. Кроме этого, допускается превышение интенсивности дождя над скоростью впитывания воды в почву в процессе полива и выравнивание этих показателей только к концу полива. И, более того, допускается указанное превышение ($\bar{I}_{д/ср}$) над ($v_{вп}$) в течение полива при условии, что к следующей порции поливной воды, выдаваемой дождеобразователем, вся ранее выданная поливная вода будет впитана в почву. Известно допущение о возможности образования локальных скоплений воды в нанопонижениях поверхности почвы без перетекания её из одного скопления в другое. При этом допускается, что до 25 % площади единовременно увлажняемой (поливаемой) зоны может быть покрыто водой.

7 Известные предложения по подбору (выбору) соответствующих условиям полива дождевальным средствам сводятся к нижеследующему: «оптимальное условие применения дождевальных машин – это соответствие между скоростью впитывания в почву и интенсивностью искусственного дождя» (по Б. Б. Шумакову); «Значения допустимой (приемлемой) интенсивности искусственного дождя должны быть увязаны с впитывающей способностью орошаемых почв» (А. К. Носов); «Правильно подобранной считается такая дождевальная установка, у которой интенсивность дождя будет меньше средней скорости впитывания воды в почву» (И. Ф. Хруппа). При проведении поливов предлагается системно (в процессе дождевого полива) снижать интенсивность искусственного дождя в соответствии со снижением значений скорости впитывания воды почвой во времени (Е. С. Марков).

8 Известна предложенная Н. С. Ерховым методика определения достаточной поливной нормы, учитывающая почвенные условия сельскохозяйственных угодий («стандартный показатель впитывания воды в почву при дождевании», плотность и влажность почвенного слоя), состояние агрофона (перекрытия поверхности земли надземной частью растений), уклон поверхности сельхозугодий и структуру искусственного дождя, создаваемого дождевальной машиной и другие факторы. Указанная методика апробирована и реализована в Пособии к СНиП 2.06.03-85 «Проектирование оросительной сети с МДЭФ «Кубань-Л». Отметим, что допускаемые в методике и в Пособии статистически грубые осреднения значений допустимых поливных норм для разных почвенных и фенологических условий позволяют сделать заключение о том, что принятый критерий «экологически допустимая поливная норма» является избыточно усредняющим и не позволяет проводить пофак-

торную дифференциацию параметров дождевого полива с необходимой для современного сельскохозяйственного производства точностью.

9 Известны предложения по корректировке значений допустимой поливной нормы применительно к условиям полива и в процессе вегетации растений. Так, по А. Н. Данильченко, для ЭДМФ «Кубань» досточная поливная норма для кукурузы в начале вегетационного периода составляет $(h_{\text{пол}})_{\text{доп}} = 32 \div 35$ мм и возрастает до $40 \div 50$ мм в фазы вымётывания и цветения; для люцерны перед укосом $(h_{\text{пол}})_{\text{доп}} = 38 \div 40$ мм, а после укоса досточная поливная норма снижается до $35 \div 36$ мм.

Резюмируя сделанные заключения по известным предложениям по определению допустимых параметров дождевого полива (дождевания), отметим необходимость проведения дальнейших разработок в этой области.

1.4.6 Методика определения допустимых параметров дождевого полива

Применительно к вопросу определения допустимых параметров искусственного дождя [допустимой интенсивности дождя $(I_{\text{д/доп}})$, мм/мин], допустимой продолжительности полива $[(t_{\text{пол}})_{\text{доп}}$, мин] или водоподачи $[(t_{\text{в/п}})]$, допустимой нормы полива $(N_{\text{пол/доп}})$, мм) необходимо установить функциональную связь между этими величинами и, в частности, функциональную связь вида: $I_{\text{д/доп}} = f(t_{\text{пол}})_{\text{доп}}$, которая в общем случае описывается уравнением: $I_{\text{д/доп}}^{\alpha} \cdot t_{\text{пол/доп}}^{\beta} = \Pi_{\text{ус/вп}}$, где $\Pi_{\text{ус/вп}}$ – параметр условий впитывания; α и β – эмпирические экспериментально устанавливаемые коэффициенты.

Обработка известных экспериментальных данных показывает, что, несмотря на то, что эмпирические параметры α , β и $\Pi_{\text{ус/вп}}$ зависят от значительного количества факторов, вышеуказанная функциональная связь может быть, с приемлемой для практических расчётов точностью, описана зависимостью вида:

$$I_{\text{д/доп}}^{0,41} \cdot t_{\text{пол/доп}}^{0,30} = \Pi_{\text{ус/вп}} \quad (1.9)$$

При этом влияние различных факторов может учитываться параметром условий впитывания, определяемым по соотношению:

$$\Pi_{\text{ус/вп}} = (\Pi_{\text{ус/вп}})_0 \cdot (k_{\text{укл}} \cdot k_{\text{ф/п}} \cdot k_{\text{р/к}} \cdot k_{\text{вл/п}} \cdot k_{\text{упл/п}})^{0,41}, \quad (1.10)$$

где $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$ – параметр условий впитывания при осреднённых (исходных) значениях факторов влияния (при: уклоне поверхности поливаемого уголья $i_{\text{пов}} = 0$; фитопокрытости («открытости») поверхности почвы $S_{\text{п/п}} / S_{\text{об/пл}} = 0$, где $S_{\text{п/п}}$ – площадь проективного покрытия наземной частью растений поливаемой общей площади посадки [(насаждения) $S_{\text{об/пл}}$, га], га; среднем размере (диаметре) дождевых капель $d_{\text{кап}} = 1,0 \pm 0,1$ мм; объёмной массе пахотного слоя почвы $\gamma_{\text{п/с}} = 1,2$ г/см³; дополивной влажности пахотного слоя почвы, равной $0,5(\beta_{\text{нв}} + \beta_{\text{зав}})$, где $\beta_{\text{нв}}$ – влажность почвы, соответствующая наи-

меньшей влагоёмкости, и $\beta_{\text{зав}}$ – влажность завядания); $k_{\text{укл}}$ – коэффициент, характеризующий влияние уклона поверхности поливного участка ($i_{\text{пов}} = 0,0 \div 0,12$); $k_{\text{ф/п}}$ – коэффициент фитопокрытия, учитывающий степень проективного покрытия почвенного покрова растительностью в диапазоне её изменения от 0 до 1; $k_{\text{р/к}}$ – коэффициент размера капель, характеризующий его влияние на величину допустимой интенсивности дождя (на впитывающую способность почвы) в диапазоне изменения диаметра капель от 0,5 до 1,5 мм; $k_{\text{вл/п}}$ – коэффициент, учитывающий влияние величины дополивной влажности почвы; $k_{\text{упл/п}}$ – коэффициент, учитывающий состояние уплотнённости (разрыхлённости) пахотного слоя в диапазоне изменения объёмной массы почвы $\gamma_{\text{п/с}} = 1,05 \div 1,6 \text{ г/см}^3$.

При определении количественных (эмпирических) показателей вышеприведенной функциональной связи в качестве определяющих почвенных характеристик рассмотрены: количество (объём) глинистых частиц в почве ($V_{\text{г/ч}}$, %); наименьшая влагоёмкость ($W_{\text{НВ}}$, % от массы сухой почвы – «МСП») и скорость напорного впитывания воды в почву ($v_{\text{вп/нап}}$, мм/мин) на конец первого часа непрерывного поддержания двухсантиметрового слоя воды на опытной площадке. В результате аналитической обработки экспериментальных данных получены нижеприведенные зависимости по определению исходного значения параметра условий впитывания $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$ в виде:

$$(\Pi_{\text{ус/вп}})'_0 = 3,8 - 0,036 V_{\text{г/ч}}, \quad (1.11)$$

$$(\Pi_{\text{ус/вп}})''_0 = 4,1 - 0,1 W_{\text{НВ}}, \quad (1.12)$$

$$(\Pi_{\text{ус/вп}})'''_0 = 1,21 + 0,83 v_{\text{вп/нап}}. \quad (1.13)$$

Учитывая, что ни одна из рассмотренных характеристик почвы в полной мере не определяет условия и процесс впитывания воды в почву, в качестве обобщённого значения предлагается использовать среднюю величину параметра условий впитывания, определяемую по соотношению:

$$(\Pi_{\text{ус/вп}})_0 = 0,333 [(\Pi_{\text{ус/вп}})'_0 + (\Pi_{\text{ус/вп}})''_0 + (\Pi_{\text{ус/вп}})'''_0] \quad (1.14)$$

для соответствующего типа почв.

Характер функциональной связи $I_{\text{д/доп}} = f(t_{\text{пол}})$ по начальным условиям определения параметра впитывания $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$ для песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых почв при определённых (опытных) значениях их водно-физических характеристик проиллюстрирован рисунком 1.1.

Приведенные на рисунке 1.1 графики и расчётные зависимости могут использоваться на предварительных стадиях расчётов. Для приведения основных (исходных) значений $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$ к реальным условиям орошаемого участка определяются корректирующие исходный параметр условий впитывания коэффициенты, в соответствии с зависимостью (1.10), при определении которых используются нижеприведенный алгоритм и зависимости.

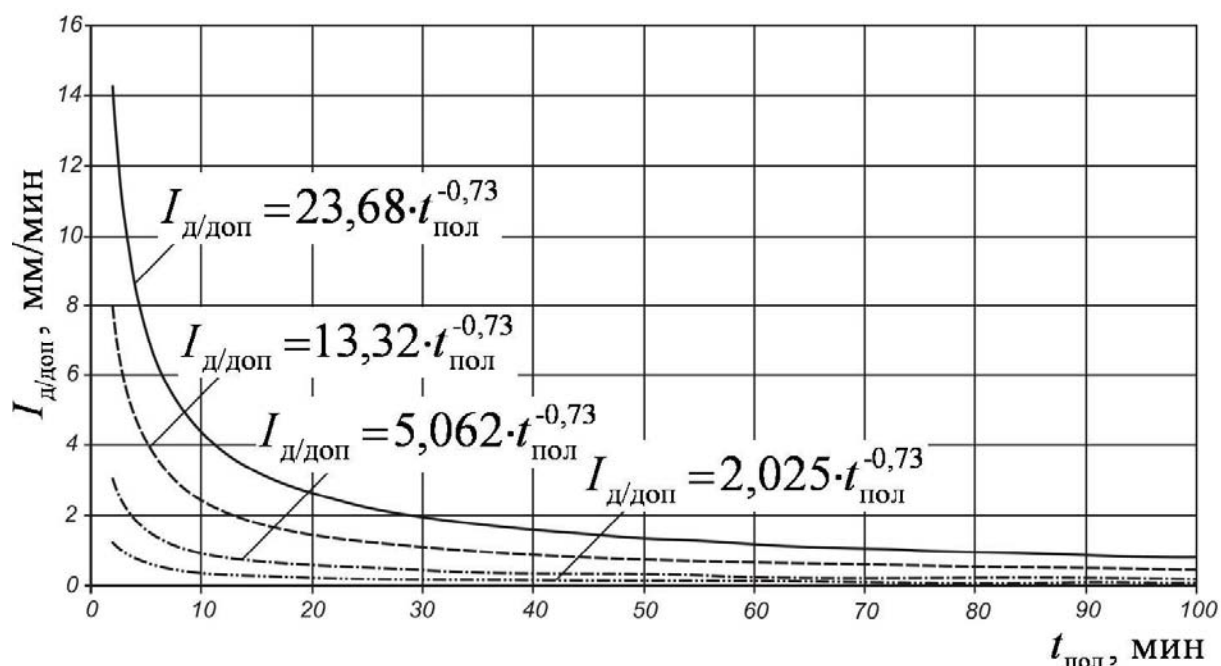


Рисунок 1.1 – Допустимые сочетания интенсивности искусственного дождя и продолжительности полива для различных типов почв
 $(I_{\text{д/доп}} = f(t_{\text{пол}}); W_{\text{нв}}; V_{\text{г/ч}}; v_{\text{вп/нап}})$

1 Коэффициент, корректирующий значения параметров $(I_{\text{д/доп}})$ и $(t_{\text{п/доп}})$ и учитывающий влияние на их изменение уклонов поверхности $(i_{\text{пов}})$ орошаемого участка $(k_{\text{укл}})$, рекомендуется определять по зависимости вида:

$$k_{\text{укл}} = 1 - 5,8 i_{\text{пов}}. \quad (1.15)$$

По Н. Ф. Бефани влияние уклона участка на допустимую интенсивность искусственного дождя оценивается коэффициентом $k_{\text{укл}} = e^{-0,02 i_{\text{пов}}}$, где $i_{\text{пов}}$ – уклон поверхности поливного участка, %.

2 В процессе роста и развития растительности на сельхозугодье наблюдается разная степень проективного покрытия поверхности почвы стеблелистовой массой, оказывающей влияние на характеры выпадения капель дождя, а следовательно, на условия и скорость впитывания воды почвой. Влияние проективного покрытия растительностью поверхности почвы рекомендуется учитывать соответствующим коэффициентом фитопокрытия $(k_{\text{ф/п}})$, определяемого по соотношению:

$$k_{\text{ф/п}} = 1 + 1,32 S_{\text{п/п}} / S_{\text{пол}}. \quad (1.16)$$

3 На условия, характер и скорость процесса впитывания поливной воды почвой влияет средний размер капель искусственного дождя. Степень его влияния на значения $(I_{\text{д/доп}})$ и $(t_{\text{п/доп}})$ оценивается коэффициентом размера дождевых капель, величина которого определяется по соотношению:

$$k_{\text{р/кап}} = 1,915 \cdot \exp[-0,65 d_{\text{кап}}], \quad (1.17)$$

где $d_{\text{кап}}$ – диаметр капель, мм.

4 На интенсивность (скорость) впитывания поливной воды почвой влияет состояние влажности увлажняемого в процессе полива почвенного слоя, величина этого влияния учитывается коэффициентом увлажнённости:

$$k_{\text{увл}} = 1,43 [(\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}) / \beta_{\text{н/в}}]^{0,3}, \quad (1.18)$$

где $\beta_{\text{п/п}}$, $\beta_{\text{д/п}}$, $\beta_{\text{н/в}}$ – значения влажности почвы до полива (дополивная), после полива (постполивная) и влажность почвы, соответствующая значению наименьшей влагоёмкости.

5 В процессе землепользования пахотный слой почвенного покрова может рыхлиться и уплотняться, т. е. иметь разную величину объёмной массы (от 1,05 до 1,6 г/см³) в зависимости от типа почв и степени её уплотнённости или разрыхлённости. Плотность увлажняемого слоя почвы оказывает значимое влияние на процесс и скорость впитывания воды, что может быть учтено коэффициентом уплотнённости слоя почвы, определяемым по соотношению:

$$k_{\text{упл}} = 3,21 - 2,21(\gamma_i / \gamma_{1,2}), \quad (1.19)$$

где γ_i – объёмная масса почвы перед поливом, г/см³;

$\gamma_{1,2}$ – объёмная масса почвы равная 1,2 г/см³.

Приведенные выше зависимости позволяют предложить методику определения допустимых параметров искусственного дождя, суть которой предусматривает: 1) установление основных почвенных характеристик (количества (объёма) глинистых частиц в расчётном слое почвы; скорости напорного впитывания воды в почву (водовпитывающую способность почвы); наименьшую влагоёмкость почвы); 2) определение с использованием зависимостей (1.11)–(1.14) значения исходного (основного) параметра условий впитывания $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$; 3) определение дополнительных характеристик полива (среднего диаметра дождевых капель; значений степени проективного покрытия поверхности сельхозугодья фитомассой культивируемых на нём растений; значения объёмной массы увлажняемого почвенного слоя; величины дополивной и постполивной влажности увлажняемого слоя почвы; уклона поверхности поливного участка); 4) определение значений корректирующих величину параметра условий впитывания коэффициентов $(k_{\text{укл}}, k_{\text{ф/п}}, k_{\text{упл}}, k_{\text{увл}}, k_{\text{р/кап}})$; 5) установление соответствующего реальным условиям параметра $(\Pi_{\text{ус/вп}})_0$ с использованием соотношения (1.10).

На последующем этапе расчётов определяются допустимые значения параметров дождевого полива, осуществляемых с учётом технических характеристик (технологических возможностей) дождевального устройства и, в частности, технологических значений интенсивности искусственного дождя ($I_{\text{д/доп}}$, мм/мин). В процессе расчёта для принятого по технологическим возможностям дождевального средства (устройства) значения интенсивности дождя ($I_{\text{д/техн}}$, мм/мин) определяется соответствующее ей значение продолжительности полива ($t_{\text{п/доп}}$, мин) с использованием зависимости:

$$t_{\text{пол/доп}} = \left[(P_{\text{ус/вп}})_0 / I_{\text{д/техн}}^{0,41} \right]^{3,33}, \text{ мин.} \quad (1.20)$$

По значениям ($I_{\text{д/техн}}$, мм/мин) и ($t_{\text{пол/доп}}$, мин) устанавливается значение допустимой поливной нормы $N_{\text{пол/доп}} = I_{\text{д/техн}} \cdot t_{\text{пол/доп}}$, мм. При $N_{\text{пол/доп}} \geq N_{\text{пол/расч}}$ обеспечивается соответствие допустимой и расчётной поливных норм, а параметры ($I_{\text{д/техн}}$) и ($t_{\text{пол/доп}}$) соответствуют условиям $I_{\text{д/техн}} \leq I_{\text{д/доп}}$ и $t_{\text{пол/доп}} \geq t_{\text{пол/техн}}$.

В случае, когда $N_{\text{пол/доп}} > N_{\text{пол/расч}}$, уточняется необходимая для выдачи расчётной поливной нормы продолжительность полива по соотношению: $t_{\text{пол/техн}} = N_{\text{пол/расч}} / I_{\text{д/техн}}$, мин. При $N_{\text{пол/доп}} < N_{\text{пол/расч}}$ полив осуществляют в два и более такта (прохода) поливными нормами, равными или не превышающими значений ($N_{\text{пол/доп}}$) и соответствующими значениями продолжительности полива по каждому такту (проходу); изменяют (уменьшают) в пределах технологических возможностей дождевального устройства интенсивность дождя; рассматривают возможность использования других соответствующих условиям средств дождевого полива; прибегают к мероприятиям, повышающим водовпитывающую способность почвенного покрова (скорость безнапорного впитывания поливной воды в почву).

1.5 Технология дождевого полива

1.5.1 Режимы дождевого полива

Качество дождевого полива обеспечивается соответствующими условиями параметрами отдельных операций технологии его проведения и оценивается (определяется): размером капель искусственного дождя и степенью их (его) воздействия на почвенный и растительный покров; равномерностью увлажнения поверхности сельхозугодий и почвенного корнеобитаемого слоя; соответствием интенсивности дождя и впитывающей способности почвы; отсутствием вредных (негативных) постполивных проявлений. И при этом должны быть обеспечены высокие хозяйственно-экономические показатели в части использования природных, трудовых и материальных ресурсов.

Указанные требования к качеству дождевого полива и его экономической эффективности могут быть обеспечены: 1) при учёте водно-физических, химических и физико-механических свойств почвенного покрова; рельефных и плановых условий полива сельскохозяйственных угодий; особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур (повреждаемость, рослость, покровность и др.) и природно-климатических условий объекта орошения; 2) при обоснованном подборе соответствующей условиям полива дождевальной техники и соответствующей технологии поливного процесса. При выборе технологии (разработке технологических схем и параметров) полива необходимо обеспечить увязку параметров поливного режима (поливных норм, интенсивности, продолжительности и характера их выдачи) и технологических возможностей средств дождевания (машин, установок, дождевателей).

При планировании режимов дождевого орошения используются различные подходы к назначению («малых» и «грузных») поливных норм, количеству (периодичности) поливов, сроков и продолжительности их проведения. Известен экономически привлекательный подход к планированию режимов дождевого орошения, ориентированный на редкие поливы относительно «грузными» (большими) поливными нормами с увлажнением достаточно глубоких слоёв почвенного профиля, при котором создаются значительные влагозапасы и возможность (условия) для водного и минерального питания растений глубокорасположенными корнями, но при этом наблюдается недопустимое иссушение поверхностных слоёв почвы и связанное с этим ухудшение условий питания приповерхностно расположенных корней.

Имеются сторонники проведения относительно частых поливов относительно малыми поливными нормами с увлажнением только (преимущественно) поверхностного почвенного слоя. Увлажнение только поверхностного (преимущественно пахотного) горизонта приводит к формированию поверхностно расположенной корневой системы («росяных корней»), при которой используются питательные элементы только (преимущественно) пахотного слоя и в меньшей степени используются их запасы (кладовая минеральных питательных веществ) в нижерасположенных почвенных горизонтах. Такая корневая система в большей степени подвержена стрессовым внешним воздействиям, менее жизнеспособна и устойчива. Частые поливы малыми нормами приводят к увеличению потерь поливной воды на испарение из дождевого облака (факела) и с увлажнённой (переувлажнённой) поверхности почв и растений. При частых поливах малыми поливными нормами снижается влажность средних и относительно глубоких почвенных слоёв, что ухудшает условия питания заглубленной части корневой системы растений.

Имеется мнение о целесообразности использования технологий дождевого полива и средств дождевания, ориентированных на одну осреднённую (среднюю) величину поливной нормы при варьировании только сроками и числом (частотой) поливов. При этом обеспечивается (поддерживается) определённый уровень увлажнённости строго определённого слоя почвы.

Известен подход планирования режимов орошения с чередованием размеров поливных норм с разной глубиной увлажнения («промачивания») корнеобитаемого почвенного слоя и при этом имеются сторонники отказа от дифференциации величины поливных норм в чередующихся поливах.

Имеются в разной степени обоснованные рекомендации по целесообразности и эффективности проведения до- и поствегетационных (влагозарядковых) поливов, а также допосевных, «провокационных», постпосевных поливов, а в жаркие периоды вегетации растений и особенно при засухах и (или) суховеях предлагаются и рекомендуется проводить «освежительные дождевые поливы» микрополивными нормами ($N_{\text{пол}} = 50 \div 100 \text{ м}^3/\text{га}$).

Каждый из указанных подходов имеет определённые аргументы в его пользу, целесообразность и обоснованность. Так, при относительно редких поливах «мощными» нормами уменьшаются трудозатраты и повышается производительность труда, но появляются риски переувлажнений почвенно-

го корнеобитаемого слоя и потерь воды на глубинную фильтрацию. А при частых поливах относительно малыми («слабыми») поливными нормами, при имеющих место снижении производительности труда и увеличении потерь поливной воды на испарение исключаются проблемы с переувлажнением почвы и ирригационной эрозией. Имеются разные обоснования рациональности и целесообразности, так и неэффективности и нецелесообразности вневегетационных (влагозарядковых или «запасных») дождевых поливов.

Режим дождевого полива (поливной режим) – последовательная во времени совокупность параметров полива (продолжительности дождевания, интенсивности и слоя дождя), обеспечивающих выдачу определённой поливной нормы. **Комментарии.** 1. Различают поливы: с постоянной и периодической подачей поливной воды на объект дождевого орошения (увлажнения); с одинаковой (стабильной) и переменной (изменяющейся) во времени интенсивностью искусственного дождя (т. е. стабильный (непрерывный) и циклический режим дождевого полива). 2. При непрерывном режиме дождевого полива полная поливная норма выдаётся дождевальным устройством одноразово за поливной период (без перерывов и пауз). 3. Прерывистый полив предусматривает наличие перерывов (пауз) различной продолжительности в выдаче поливной нормы на объект увлажнения. При этом режиме полная поливная норма выдаётся (вносится) дробно (порциями) в два, три и более приёма. 4. Выделяют импульсный дождевой полив, при котором подача поливной воды в зону увлажнения осуществляется в режиме системно чередующихся импульсов водоподачи (в 50÷250 раз превышающем водопотребление объёме) и пауз, в течение которых выданный объём поливной воды утилизируется увлажняемой средой. 5. В реальной практике преимущественно применяется дождевой полив с постоянной (преимущественно максимальной) интенсивностью искусственного дождя в течение всего полива и дождевания с дискретно снижающейся во времени полива интенсивностью. В идеале дождевой полив целесообразно проводить с системно изменяющейся во времени интенсивностью искусственного дождя, согласующейся с динамикой изменения скорости впитывания поливной воды в почву.

Непрерывное дождевание – технология дождевого полива, при котором расчётная (заданная) поливная норма в каждую точку увлажняемой поверхности сельхозугодья вносится одновременно без перерывов и пауз в водоподаче. **Комментарии.** 1. Имеются примеры недостаточно точной синонимизации термина «непрерывное дождевание» с понятием «непрерывный дождь», под которым (по Е. С. Маркову) понимается – искусственный дождь, при котором площадь полива с одной позиции увлажняется непрерывно в течение времени, необходимого для выдачи заданной поливной нормы. Непрерывный дождь (по мнению Е. С. Маркова) создают «короткоструйные насадки (дефлекторные, центробежные, щелевые и форсунковые), устанавливаемые стационарно на неподвижном дождевальном крыле или ферме». 2. Непрерывное дождевание может быть реализовано как при стабильной во времени интенсивности дождя, так и при (дискретно или системно) снижающейся (уменьшающейся) её величиной. 3. Непрерывное дождевание может осуществляться не только стабильно установленными де-

флекторными насадками, но и быстро вращающимися дождевальными аппаратами (при $n_{об} \geq 1$ об/мин) и перемещающимися дождевальными машинами, формирующими стабильное дождевое облако при условии выдачи поливной нормы за один проход или оборот дождевального устройства.

Прерывистое дождевание – технология дождевого полива, при котором расчётная поливная норма в каждую точку увлажняемого пространства вносится дробно (микродозами, частями) и с перерывами в водоподаче (при чередовании периодов водоподачи и пауз). При прерывистом поливе дождеванием (при вращении ствола струйного аппарата или n-разовом проходе дождевателя) происходит наслаивание единовременных слоёв осадков до достижения расчётного поливного слоя (поливной нормы). **Комментарии.**

1. Термин «прерывистое дождевание» недостаточно точно и обоснованно синонимизируют с термином «прерывистый дождь», под которым понимается искусственный дождь, при котором выпадение поливной воды из дождевого облака (факела или шлейфа) происходит прерывисто, а выдача поливной нормы дождевальным средством на зону увлажнения происходит при наличии пауз в водоподаче. Согласно определению Е. С. Маркова, под искусственным прерывистым дождём понимается дождь, при котором «происходит перемещение увлажняемого контура на площади полива с одной позиции». Такой дождь (по Е. С. Маркову) формируют дождевальные устройства с дефлекторными насадками, если в процессе полива они перемещаются по орошаемой площади и струйные насадки, вращающиеся вокруг вертикальной оси. 2. При прерывистом дождевании поливная норма вносится дробно (одинаковыми или разными частями – дозами) при наличии пауз в водоподаче. 3. Известно название такой технологии, как двух- и более тактное дождевание (двух- или трёхтактный полив). Количество тактов определяется числом периодов (циклов) водоподачи и зависит от величины поливной нормы и допустимого слоя дождевых осадков за один такт водоподачи или один проход (оборот) дождевального устройства по участку полива (поливному участку). По данным Д. М. Кервалишвили, О. С. Наниташвили, прерывистое дождевание с перерывами в 10÷30 мин увеличивает скорость впитывания на склоновых участках от 5° до 22° в среднем в 1,25÷2,0 раза. 4. Прерывистое дождевание может реализовываться вне зависимости от поливных и достоковых поливных норм соответствующими дождевальными устройствами. Так, прерывистое дождевание реализуется медленно вращающимися (поворачивающимися) струйными насадками и аппаратами (при $n_{об} < 1$ об/мин) или быстро перемещающимися дождевальными машинами фронтального действия. При размещении медленно вращающихся струйных дождеобразователей на подвижном дождевальном трубопроводе (крыле) наблюдается «двойная» прерывистость дождя.

Б. П. Фокин и А. К. Носов под технологией полива понимают поливной режим, способы реализации полива (и первое, и второе в купе с техническими средствами и агротехническими мероприятиями). По мнению Б. П. Фокина и А. К. Носова, под «технологией полива» следует понимать «способ выдачи тех или иных входящих в режим норм».

Судя по Б. Г. Штепа, различают ряд технологий дождевания: непрерывное дождевание («стабильноинтенсивное» и «разноинтенсивное») с разовым и единовременным внесением расчётной поливной нормы и прерывистое («дискретное» или «паузовое») дождевание, когда полив чередуется с паузами в водоподаче (с дробным внесением поливной нормы); дождевание с постоянной интенсивностью искусственного дождя, дождевание с дискретно снижающейся интенсивностью дождя и дождевание с системно во времени уменьшающейся интенсивностью в соответствии с изменением (уменьшением во времени) скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву; дождевание с образованием стабильного (по форме, размерам и влагосодержанию) дождевого облака (факела или шлейфа) и дождевание с последовательно перемещающимся по поливному участку дождевым облаком (факелом или шлейфом) и другие виды технологий дождевого полива.

Выдаваемая поливная норма для машин, поливающих в движении, регулируется изменением технологических параметров машины – напора и расхода, скорости перемещения (или продолжительности полива – дождевания). Каждому виду дождевальной машины и определённым условиям полива соответствует определённая технологическая схема полива (дождевания).

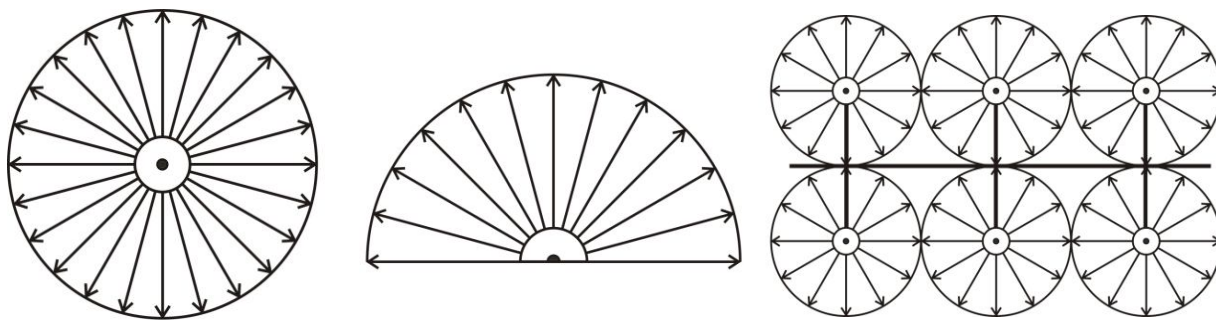
При выборе технологической схемы полива дождевальной машиной необходимо учитывать нижеследующее: выдаваемая поливная норма за один проход дождевальной машины не должна превышать достоковую величину; при нескольких проходах дождевальной машины по поливаемому участку слой искусственного дождя должен быть по возможности минимальным; схемы должны исключать холостые перемещения дождевальной машины.

Примеры предлагаемых технологических схем дождевого полива и методики их разработки для различных дождевальных устройств и условий дождевания приведены в соответствующих разделах учебного пособия. По нашему мнению, под технологией полива следует понимать совокупность последовательно выполняемых технологических операций с соответствующими параметрами, обеспечивающих выдачу расчётной поливной нормы с соблюдением агротехнических требований и экологических ограничений.

1.5.2 Технологические схемы дождевого полива

Применяются различные, рассмотренные ниже, схемы дождевания.

Непрерывное («однотактное») **стабильное** и **однопозиционное** или **стационарное дождевание** («непрерывный дождевой полив») с постоянной интенсивностью искусственного дождя в течение определённого периода времени, обеспечивающего выдачу расчётной поливной нормы на охватываемую дождевальным средством зону увлажнения. Указанный режим полива обеспечивают стационарные (не перемещающиеся при поливе) дождеватели с дефлекторными насадками кругового или секторного полива, формирующие стабильное по размерам и влагонасыщенности неподвижное дождевое облако с постоянно выпадающим из него слоем поливной воды (дождевых осадков). Схема такого полива проиллюстрирована рисунком 1.2.



**Рисунок 1.2 – Схемы однопозиционного стабильного полива
дождеобразователями кругового и секторного действия и системой
дождеобразователей**

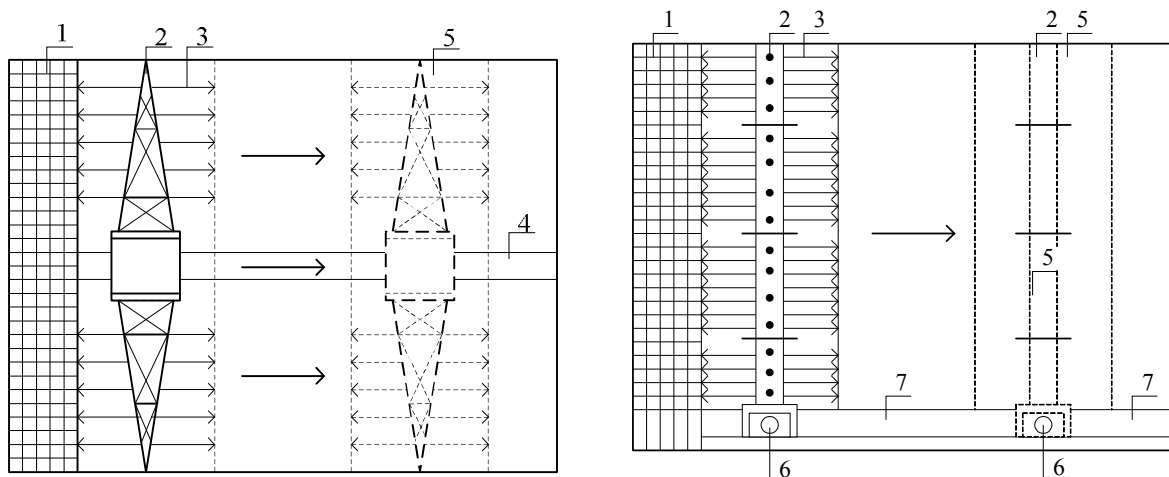
Такие системы должны обеспечивать соблюдение условий: $I_{д/факт} \leq I_{доп}$; $t_{пол/факт} \leq t_{пол/доп}$; $N_{пол/расч} \leq N_{пол/доп}$. И при этом величины интенсивности и слой искусственного дождя в пределах зоны искусственного увлажнения (от дождевателя до периферии дождевого облака) должны быть одинаковыми, что практически не реализуется. Системы со сплошным покрытием искусственным дождём увлажняемой поверхности близки к естественно выпадающим атмосферно-дождевым осадкам. При несоблюдении вышеуказанных условий прибегают к прерывистому («паузovому») дождеванию с дробной (частичной) выдачей расчётной поливной нормы.

Прерывистое («двух- и более тактное») **однопозиционное дождевание** (дождевой полив) одной зоны увлажнения, осуществляемое с постоянной интенсивностью искусственного дождя, применяют в случае, когда расчётная поливная норма превышает допустимую (достоковую) поливную норму. В этом случае стационарно расположенным дождевателем со стабильной интенсивностью искусственного дождя в течение определённого времени формируется и поддерживается стабильное дождевое облако и выдаётся только определённая часть поливной нормы. При этом продолжительность полива и выдаваемая за один такт поливная норма определяется по признаку наличия луже- и стокообразования, при проявлении которых полив прекращается и в процессе водоподачи проявляется пауза продолжительностью от 0,5 до 2÷3 час и более. По окончании паузы полив продолжается с ранее принятой средней интенсивностью дождя, с выдачей очередной части поливной нормы. В зависимости от величины поливной нормы, интенсивности дождя и скорости безнапорного впитывания поливной воды почвой возможна одно-, двух- и более паузовая (тактная или цикловая) технология полива с дробным(ой) внесением (выдачей) расчётной поливной нормы.

Отметим, что стабильный поливной режим, кроме стационарно установленных (на стояках) или жёстко закреплённых на трубопроводе дефлекторных дождевателей, может быть обеспечен на дождевальных машинах и установках позиционного полива при использовании на них в качестве дождеобразователей быстровращающихся дождевальных аппаратов или короткоструйных дождевальных дефлекторных насадок (в дождевальных машинах «Волжанка», «Ока», «Днепр»; дождевальном шлейфе и на дождевальных

трубопроводах). Отметим, что условие равномерности распределения выдаваемого слоя дождя в радиальном направлении от дождеобразователя и в таких установках и машинах позиционного полива не соблюдается.

Нестационарный дождевой полив с постоянным (по размерам и содержанием влаги) фронтально перемещающимся с определённой скоростью дождевым облаком осуществляется дождевальными машинами фронтального действия (с фронтально перемещающимся дождевателем), оборудованными дефлекторными (круговыми или секторными) или быстровращающимися дождевальными аппаратами, дождевальными насадками со стабильной интенсивностью дождя. Схема такого полива приведена на рисунке 1.3.



1 – ранее политый участок; 2 – дождевальная машина; 3 – поливаемый участок;
4 – открытый ороситель; 5 – участок последующего полива; 6 – гидранты закрытого оросителя; 7 – трубопровод закрытой оросительной сети

Рисунок 1.3 – Схемы фронтального полива дождеванием в движении

При данной технологии сохраняется радиальная неравномерность действительной интенсивности искусственного дождя, формируемого отдельными насадками, но за счёт их фронтального передвижения при поливе средний слой выпадающих осадков по поливному участку выравнивается. Различная по величине скорость перемещения дождеобразователей, устанавливаемых на фронтально движущихся дождевальных агрегатах [«крыльях», дождевальных трубопроводах), позволяет регулировать интенсивность выпадения искусственного дождя. Необходимая поливная норма, в зависимости от её величины и принятой (обеспечиваемой дождевальным устройством) средней интенсивности искусственного дождя, выдаётся за один, два, три и более проходов дождевальной машины по одному поливному участку при её челночном (возвратно-поступательном) фронтальном перемещении вдоль поливного участка (поливного бьефа). При этом в зависимости от скорости перемещения дождевателя интенсивность искусственного дождя может регулироваться (без замены дождеобразователей) в широком диапазоне значений.

Определённые особенности имеет данная технология с фронтальным перемещением дождевального трубопровода с устройством на нём медленно вращающихся дождевателей (дождеобразователей). В этом случае струями, выбрасываемыми из сопла дождевального аппарата, образуются локальные

дождевые факелы (шлейфы), перемещаемые по кругу в соответствии со скоростью вращения водоструйного аппарата и составляющие дождевое облако дождевальными машинами с разным по отдельным зонам и постоянно изменяющимся уровнем его водонасыщения (влажностного содержания). Это обстоятельство предопределяет разную интенсивность (неравномерность) выпадающего на поверхность сельскохозяйственного угодья искусственного дождя по отдельным его зонам, что, при вполне приемлемой средней интенсивности дождя, предопределяет разную истинную его интенсивность в разных точках зоны полива (увлажнения). Отметим, что отдельные струйные дождеватели, размещённые на одном дождевальном трубопроводе, «выбрасывают» поливные струи в разных направлениях в разные моменты времени, благодаря чему формируются разные по форме и размеру очертания дождевого облака (шлейфа или факела), создаваемого дождевальной машиной или установкой и турбулизируют движения масс водных капель (струй) в нём.

Примерами отечественных дождевальных машин, работающих (поливающих) по данной технологии, являются фронтально перемещающиеся машины семейства «ДДА-100МА», «Кубань-М», «Фрегат-Ф», «Ладога» и др.

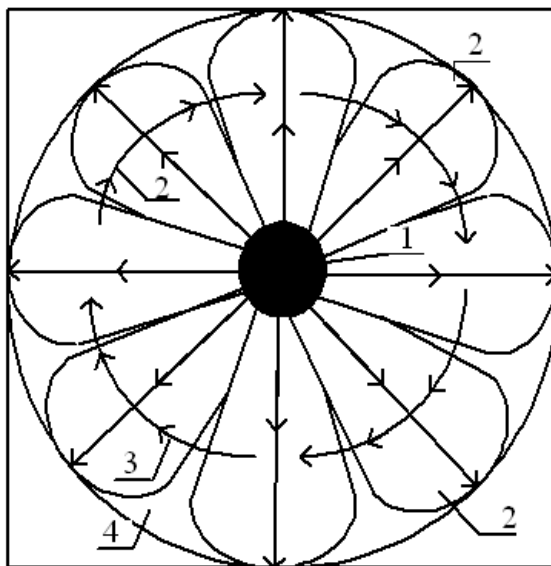
Нестационарный дождевой полив (стационарно установленным дождевателем) с постоянной средней интенсивностью искусственного дождя по всей площади зоны увлажнения с водоструйным вращающимся (перемещающимся по кругу или сектору) дождеобразователем (совершающим один полный оборот или секторное перемещение за время, менее или равное одной минуте) с образованием постоянного по форме и размерам (площади, длине и ширине) и стабильного (по уровню влажности и влажностному содержанию) дождевого облака над зоной увлажнения (увлажняемым (поливным) участком) характеризуется физическим процессом увлажнения воздуха и почвы, сходным с технологией по схемам, описанным ранее. В этом случае обеспечивается стабильный единовременный дождевой полив со стабильным во времени слоем выпадающих из дождевого облака осадков при постоянной интенсивности дождя. При проявлении луже- и стокообразования в этом случае полив прерывается и затем, по истечении определённой паузы (перерыва), возобновляется по аналогии с технологией прерывистого дождевания.

При медленно поворачивающемся вокруг своей оси дождевателе (дождеобразующем устройстве – дождеобразователе) над поливным участком формируется перемещающееся по кругу или сектору дождевое облако, из которого осуществляется единовременный полив не всего участка, а только его части и только в пределах сформировавшегося дождевого облака. При последовательном перемещении облака увлажняются другие зоны и весь поливной участок в целом. Схема такого полива проиллюстрирована рисунком 1.4.

Схема такого полива реализуется дождевальными машинами ДДН и установками с дальне- или среднеструйными дождеобразующими аппаратами.

Поливная норма при такой схеме полива может выдаваться за один, два и более прохода дождевого облака (факела, шлейфа) над участком увлажнения (поливным участком). Данная технология характерна для среднеструйных и дальнеструйных дождевальных (дождеобразующих) аппаратов полно-

кругового или секторного полива (вращения-поворота) и позиционно поливающих дождевальных машин и установок, оборудованных такими струйными аппаратами.



1 – дождеобразователь кругового действия; 2 – дождевой факел, формируемый при однопозиционном положении сопла дождеобразователя; 3 – направления поворота дождеобразователя; 4 – зона кругового полива

Рисунок 1.4 – Схема нестационарного полива стационарной дождевальной установкой с вращающимся (поворачивающимся средне- или дальнеструйным) дождевателем (дождеобразователем)

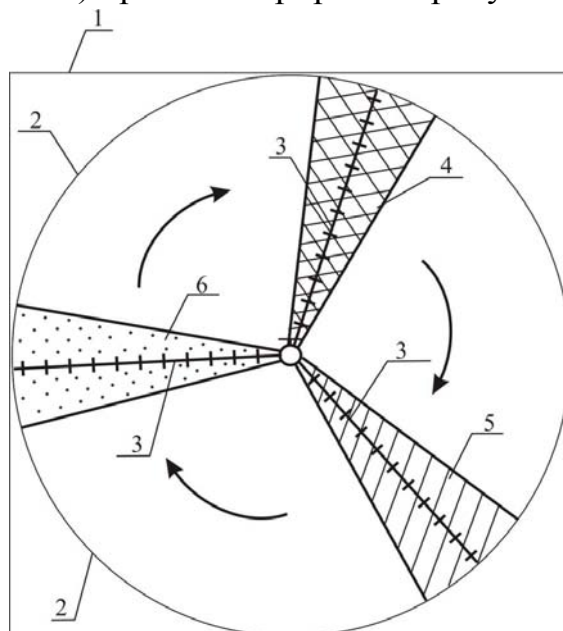
Существенным недостатком данной технологии является сверхнормативная неравномерность действительной интенсивности выпадающих из дождевого облака осадков, а следовательно, и значительная неравномерность распределения поливной нормы в радиальном (по направлению выброса струи из дождеобразователя) направлении, что не только снижает качество полива, но и приводит к проявлению ирригационной эрозии.

Нестационарный дождевой полив поворачивающимися (вращающимися (поливающими) в движении с определённой скоростью) **по кругу дождевальными машинами**, оборудованными дождеобразователями (насадками или аппаратами), обеспечивает выдачу расчётной поливной нормы преимущественно за один оборот дождевального крыла при расчётной скорости его движения (перемещения по поливному участку). При такой технологии работы дождевальной машины рассматриваются два ниже рассмотренных варианта реализации полива на участке сельскохозяйственного угодья.

1 Нестационарный полив (полив в движении) дождевальными машинами кругового действия, оборудованными стационарными короткоструйными дождеобразующими устройствами (дождевальными насадками) или быстровращающимися струйными дождевальными аппаратами, характеризуется совокупностью отдельных стабильных по размерам, структуре дождя и водонасыщенности дождевых облаков, формируемых дождеобразователями и медленно (со скоростью перемещения дождевателя) перемещающихся по

поливному участку. В этом случае имеет место постоянный, равномерный, стабильный полив в пределах единовременно поливаемой зоны увлажнения, формируемой каждым дождеобразователем, с характерной для насадок и струйных аппаратов радиальной неравномерностью интенсивностью дождя. При этом величина среднего по поливному участку слоя дождевых осадков выравнивается за счёт перемещения дождевателя, т. е. перемещения и взаимной накладки зон с разной интенсивностью искусственного дождя.

2 Нестационарный полив с выдачей поливной нормы за один проход круговой дождевальнoй машины с регулируемой скоростью перемещения дождевального крыла по поливному участку, оборудованного относительно медленно вращающимися струйными дождевателями (при $t_{об} = 1$ мин) или дефлекторными насадками, характеризуется наличием локальных дождевых облаков (факелов), образуемых отдельными дождевателями и общего дождевого облака машины с разным уровнем его насыщенности влагой. Схема полива дождевальными устройствами кругового действия (кругового перемещения при дождевом поливе) проиллюстрирована рисунком 1.5.



- 1 – граница поля; 2 – граница зоны полива; 3 – дождевальная машина кругового действия; 4 – политая зона; 5 – поливаемая зона; 6 – зона последующего полива при вращении дождевальной машины

Рисунок 1.5 – Схема нестационарного дождевого полива орошаемого участка дождевальной машиной кругового действия (кругового перемещения при поливе)

Нестационарный полив орошаемого участка осуществляется дождевальными машинами кругового действия семейства «Фрегат», «Кубань ЛК» и др.

Каждая из рассмотренных выше технологий (технологических схем) полива реализована соответствующими дождевальными средствами (дождевальными машинами, установками и дождевателями), имеет свои достоинства и недостатки. Отметим, что достоинства схем, как и их недостатки, должны учитываться при разработке средств дождевания и их эксплуатации.

2 ДОЖДЕОБРАЗУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА (ДОЖДЕОБРАЗОВАТЕЛИ)

Используемые названия: распылители («гидрораспылители» и «водораспылители»), разбрызгиватели, дождеватели, дождевальные насадки, дождевальные аппараты, дождевальные пушки и водомёты, каплеобразователи, диспергаторы, аэрозолегенераторы, спринклеры и ряд других названий.

Назначение дождеобразователей – создание искусственного дождя (создание множества ниспадающих на поверхность земли водных капель), выпадающего на поверхность земли, в пределах зоны (пространства) его (их) действия. В качестве дождеобразующих устройств они используются во всех видах дождевальной техники (дождевальных машинах, установках и дождевателях). Являются основным рабочим элементом (органом) всех средств дождевания, преобразующим поступающий в него напорный водный поток (водную струю) в рассосредоточенные микроструи и (или) дождевые капли.

Различают (по конструктивным особенностям и принципу каплеобразования) **дождевальные насадки** (дождеобразователи, не имеющие подвижных конструктивных элементов) и **дождевальные аппараты** (дождеобразователи, в конструкции которых имеются подвижные «рабочие» элементы). **Подразделяются*** на: короткоструйные (с радиусом действия – отброса дождевых микроструй и капель на расстояние до 15 м); среднеструйные, отбрасывающие поливные микроструи и капли на расстояние в 15÷35 м; дальнеструйные дождеобразователи – с отбросом струи и капель поливной воды на расстояние, превышающее 35 м. Известны предложения условного деления дождеобразователей на низко-, средне- и высоконапорные.

Дождеобразующие (дождевальные) насадки по характеру (структуре) выходящей (выбрасываемой) из них водной струи могут быть компактными [сопловыми или брандбойными (с выбросом в воздушное пространство компактной (сосредоточенной) поливной струи)] и рассосредоточенными или многоструйными – с выбросом в воздушное пространство нескольких рассосредоточенных струй (массы капель), а по дальности отброса струй – коротко-, средне- и дальнеструйными; могут быть неподвижными (закреплёнными на поворачивающемся стояке) и вращающимися (поворачивающимися).

В дождеобразующих насадках предусматривается выпуск (выброс) из начально высокоскоростной и, в разной степени, сосредоточенной или рассосредоточенной водной струи с различным (по форме и размерам) поперечным сечением, с определённой (зависящей от напора в водоподводящем трубопроводе) скоростью в воздушное (приземное) пространство. В насадках формирование параметров, исходящих из них водных струй, осуществляется статическими (жёстко скреплёнными или закреплёнными) конструктивными элементами. Среди широкого спектра конструктивных решений дождеобразующих насадок рассматриваются их сопловые (струйные), дефлекторные,

* Известны и другие предложения по условному делению дождеобразователей на коротко-, средне- и дальнеструйные в части критериальных значений дальности отброса микроструй и капель искусственного дождя.

форсуночные, спиральные, щелевые, конусные, центробежные, компактно-струйные (одноструйные), многоструйные и другие конструкции насадок.

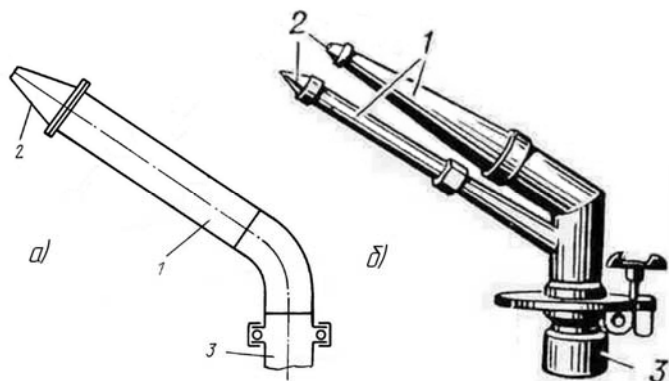
В сопловых, ствольных или струйных дождеобразующих (конически сужающихся к выходу) насадках компактная круглая в поперечном сечении (по форме выходного отверстия сопла – насадки) водная струя выбрасывается в атмосферное пространство, где под воздействием сопротивления воздушной среды и ветра (в процессе полёта) системно распадается на микро-струи и капли с последующим выпадением их на увлажняемую (поливаемую) земную поверхность. Дальность отлёта поливных струй (а следовательно, форма и размер поливаемого участка) определяется исходным диаметром струи (сопла), напором на выходе из сопла или начальной скоростью водной струи и углом её выхода в воздушную среду к горизонту (рисунок 2.1).



1 – дальнеструйные сопловые (струйные) дождеобразователи; 2 – поливные струи, формируемые сопловыми дождеобразующими устройствами

Рисунок 2.1 – Общий вид, исходящих из сопловых дождеобразователей компактных поливных струй

В дождевальных устройствах сопловые (ствольные или струйные) дождеобразующие насадки закрепляются непосредственно на водонапорном трубопроводе или на отходящих от него трубчатых водоподводящих стояках или отводах. При жёстком соединении насадки с водоподающей трубой (стояком) устраиваются неподвижные струйные насадки (рисунок 2.2а).



1 – ствольная часть насадки; 2 – дождевальная насадка; 3 – стояк

Рисунок 2.2 – Виды односопловой (а) и двухсопловой (б) насадок

Поворот таких насадок для полива орошаемого участка по кругу или сектору осуществляется вращением (поворотом) удерживающего их стояка посредством специального механизма (устройства). Сопловые (ствольные или струйные) неподвижные одноструйные дождевальные насадки конструктивно просты, позволяют регулировать дальность отлёта водных струй, но создают неравномерный слой выпадающего из них, капель искусственного дождя по длине поливной струи (рисунок 2.1). В таких конструкциях дождеобразователей минимальный слой дождя выпадает в непосредственной близости к нему, а максимальный – на расстоянии в $0,75 \div 0,85 R_{\text{зах}}$ (радиуса захвата или длины отлёта струи). Для частичного устранения этого недостатка устраи-

вают двух- и трёхсопловые (струйные) дождеобразователи (рисунок 2.2б) или оборудуют их дополнительными элементами («распылителями», «отсекателями» и (или) «вспомогательными насадками»).

Классическими примерами таких дождеобразователей являются используемые на дальнеструйных дождевальных машинах ДДН-70 и ДДН-100 дальнеструйные дождеватели ДД-70ВН и ДД-100ВН и дальнеструйный дождеобразователь ДДК-30, характеристики которых приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные по дальнеструйным дождеобразующим насадкам ДД-70ВН, ДД-100ВН и ДДК-30

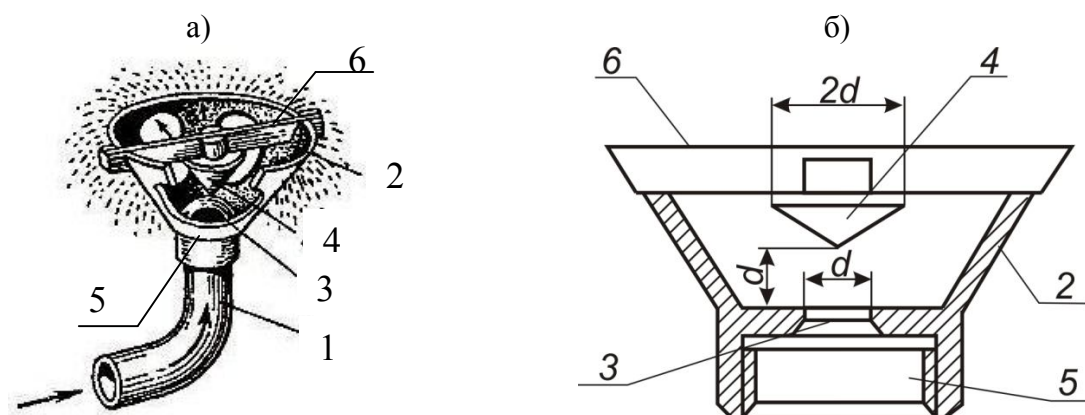
Название показателя	Значение показателя		
	ДД-70ВН	ДД-100ВН	ДДК-30
Расход воды, л/с	65	95	16÷40
Рабочий напор, м	60	72	50÷70
Длина отлёта струи, м	68	85	53÷66
Масса дождевателя, кг	620	780	31

Более равномерное распределение дождя по поливаемой площади обеспечивается при вращении сопловой части насадки вокруг вертикальной оси, но при этом дальность отброса (полёта) струи уменьшается на 5÷10 %. Вращение сопел (или ствола с закреплённым на нём соплом) осуществляется: посредством гидропривода с рабочим элементом – турбинным колесом, вращающимся под действием напорной струи (ДД-15, 30, 50, 80); за счёт реактивного усилия, возникающего в изогнутом в плане стволе при протекании по нему напорной струи (ДН-1); качающимся коромыслом, оборудованным лопаткой, периодически воспринимающей ударное воздействие водной струи (ДА и «Роса»); с помощью коромысла и пружины (Фрегат, РИК); посредством специального механизма с приводом от двигателя (ДДН-70 и ДДН-100).

Дефлекторные дождевальные насадки. В определённой степени недостатки сопловых (ствольных) насадок в части качества искусственного дождя и полива устраняются при трансформации водной струи в полости (корпусе) насадки или на выходе из неё, что достигается устройством дефлекторов (отражателей). В зависимости от конструкции и формы дефлектора (отражателя) рассматриваются конусные, купольные, сложноформенные (например, «ложкообразные») и другие дефлекторные насадки. Широкое распространение получила дождеобразующая насадка с конусным внутрикорпусным стационарным дефлектором («отражателем»), общий вид и принципиальная конструктивная схема которой приведены на рисунке 2.3.

В приведенной на рисунке 2.3 конструкции дефлекторной насадки компактная водная («поливная») струя, вытекая из отверстия водоподводящей трубы (стояка) под напором (с определённой скоростью) и ударяясь о конусную поверхность дефлектора или плавно обтекая его, образует относительно тонкий слой воды, вытекающий за корпус насадки в воздушную среду, где он распадается на отдельные микроструи и водные капли, образующие искусственный дождь. Трансформированная посредством конусного дефлектора (отражателя) водная струя обладает значительно меньшей ком-

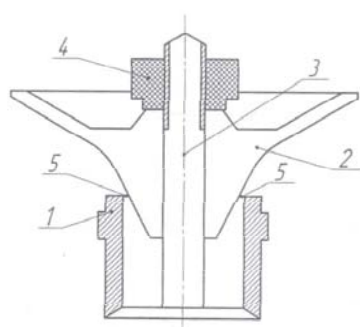
пактностью и кинетической энергией по сравнению с сосредоточенной «сопловой» или «ствольной» струёй, что и предопределяет относительно небольшой её отлёт, в связи с чем такие насадки относят к короткоструйным.



1 – водоподводящий трубопровод; 2 – корпус насадки; 3 – водовыпускное отверстие в насадку; 4 – дефлектор (отражатель); 5 – крепление насадки к водоподводящей трубе; 6 – крепление отражателя

Рисунок 2.3 – Общий вид (а) и конструктивная схема (б) дождевальной дефлекторной насадки с жёстко закреплённым (стационарным) конусным дефлектором (отражателем)

Конусная дефлекторная насадка имеет ряд усовершенствований, среди которых насадка с внекорпусным конусным отражателем и регулируемым его расположением относительно корпуса насадки, позволяющим регулировать размер водовыпускного отверстия кольцевой формы (рисунок 2.4).



1 – корпус насадки; 2 – конусный дефлектор (отражатель); 3 – шток дефлектора; 4 – гаечный фиксатор; 5 – водовыпускное отверстие из насадки

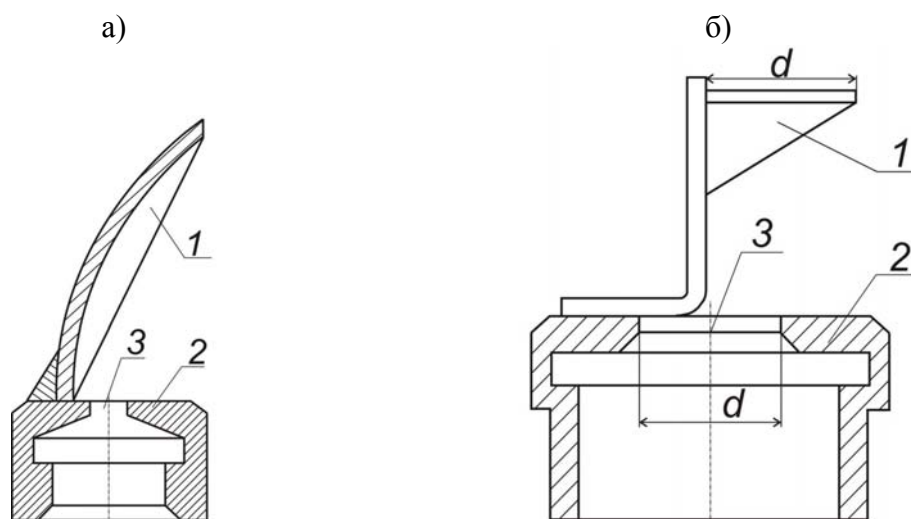
Рисунок 2.4 – Конструктивная схема дефлекторной дождевальной насадки с подвижным и регулируемым по высоте внекорпусным конусным дефлектором (отражателем)

Насадка конструкции СтавНИИГиМа (рисунок 2.4) работает при давлении $0,1 \div 0,6$ МПа и обеспечивает расход дождеобразователя $q_{д/о} = 0,3 \div 4,2$ л/с, радиус полива до 7 м при диаметре капель – $0,95 \pm 0,25$ мм.

Известен ряд конструкций короткоструйных (внекорпусных) дефлекторных насадок [с внекорпусным расположением дефлекторов (отражателей)], отдельные примеры конструкций которых приведены на рисунке 2.5.

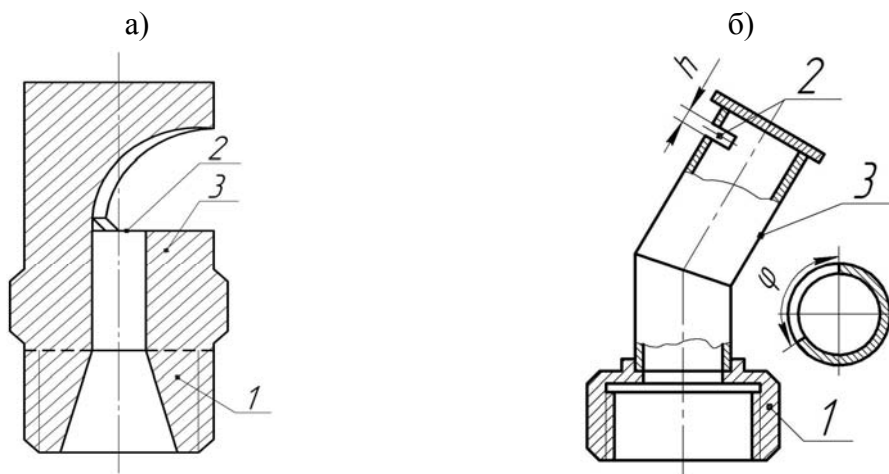
Данные насадки обеспечивают секторно направленный полив, располагают качественно отработанной расчётно-конструктивной базой и имеют различные виды усовершенствования (см. например рисунок 2.6а).

Разработан и применяется широкий спектр конструкций щелевых дождевальных насадок, пример такой насадки приведен на рисунке 2.6б.



а – насадка с ложкообразным дефлектором; б – насадка с линейно-консольным дефлектором; 1 – дефлектор; 2 – корпус насадки; 3 – водовыпускное отверстие

Рисунок 2.5 – Схемы внекорпусных дефлекторных дождевальных насадок



а – с криволинейным очертанием контурной поверхности; б – с перпендикулярным к оси насадки выпуском поливной струи; 1 – ствольная часть насадки; 2 – водовыпускное отверстие; 3 – дождевальная насадка

Рисунок 2.6 – Схемы внекорпусной (а) и корпусной щелевой (б) дождевальных насадок

Щелевые насадки выполняются устройством под углом в 30° к горизонту узкой прорези или «пропила» шириной $3 \div 7$ мм в ствольной части трубы по сектору в пределах $60 \div 120$ мм. Такие насадки, в зависимости от напора и диаметра сопла, обеспечивают секторный выброс плоской веерообразной струи с расходом от 0,5 до 1,0 л/с. По характеристикам качества искусственного дождя щелевые насадки несколько уступают дефлекторным.

Относительно редко применяются центробежные дождеобразующие насадки, вид и конструктивная схема которых приведены на рисунке 2.7.

В центробежных (короткоструйных) насадках (рисунок 2.7) высокоскоростная струя воды, поступающая из напорного, тангенциально расположенного (относительно насадки) водовода (трубопровода) во внутреннюю

полость улиткообразного корпуса (спиралевидной формы), на выходе образует вдольстеночный относительно тонкий слой вихревого водного потока с незаполненным водой внутрикорпусным пространством, изливающегося с определённой скоростью в воздушную среду, где он распадается на отдельные струи (микроструи) и капли, выпадающие на поливаемую поверхность. Такие дождевальные насадки отличается высокий уровень надёжности.

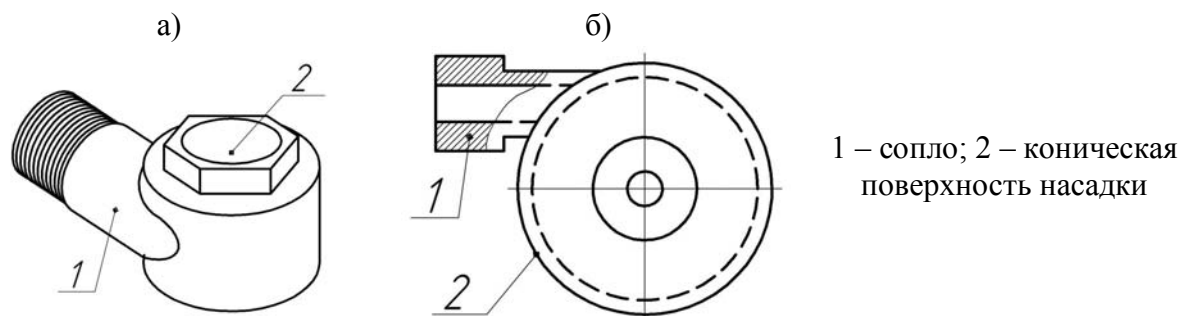


Рисунок 2.7 – Общий вид (а) и конструктивная схема (б) центробежной насадки

Приведенные выше виды дефлекторных насадок достаточно обстоятельно исследованы и апробированы в производственных условиях, по ним имеется обоснованная конструктивная база (см. издания Б. М. Лебедева, Б. Г. Штепа, Б. Б. Шумакова, специалистов ВНИИ «Радуга» и др.).

Кроме рассмотренных выше, используются и другие конструктивные решения дефлекторных насадок, среди которых секторно направленные полуконусные, полуцилиндрические и другие сложносферические дефлекторы (например, – широкий спектр дождеобразовательных насадок для орошения цветников, теплиц и оранжерей). Примеры конструктивных решений щелевых дождевальных насадок, разработанных преимущественно для использования в теплицах и оранжереях, приведены на рисунке 2.8.

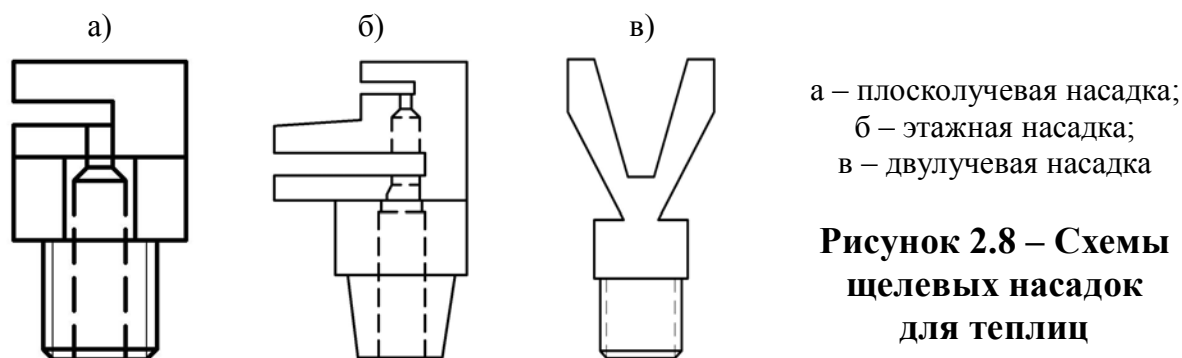


Рисунок 2.8 – Схемы щелевых насадок для теплиц

Плосколучевая насадка (см. рисунок 2.8а) с сектором полива (выпуска поливной струи) в 140° устраивается с диаметром выходного отверстия в 2,2 мм и обеспечивает выдачу расхода поливной воды от 1,4 до 2,0 л/мин при давлении в поливной сети от 3 до 6 атм. Поливаемая площадь составляет $0,7 \div 0,8 \text{ м}^2$. Рекомендуются размещать водоподводящие стояки с закреплёнными на них дождеобразующими насадками через каждые 0,8 м.

Этажная (двухэтажная) дождевальная (дождеобразующая) насадка (по рисунку 2.8б) предусматривает обеспечение секторного полива с углом

ропуска струи, достигающим 180° , и имеет нижеприведенные технические характеристики: расход поливной воды в $4\div 5$ л/мин при рабочем давлении равном $0,3\div 0,6$ МПа при размере поливаемой зоны – $0,8\times 5,0$ м.

Двулучевая щелевая насадка (рисунок 2.8в) рассчитана на расход в $(4\div 5)$ л/мин при давлении в поливной сети равном $0,3\div 0,6$ МПа, обеспечивает полив прямоугольного участка сельхозугодья размером 1×4 м.

Для полива растений в теплицах применяются различные конструктивные решения отражательных дождеобразующих насадок (рисунок 2.9).

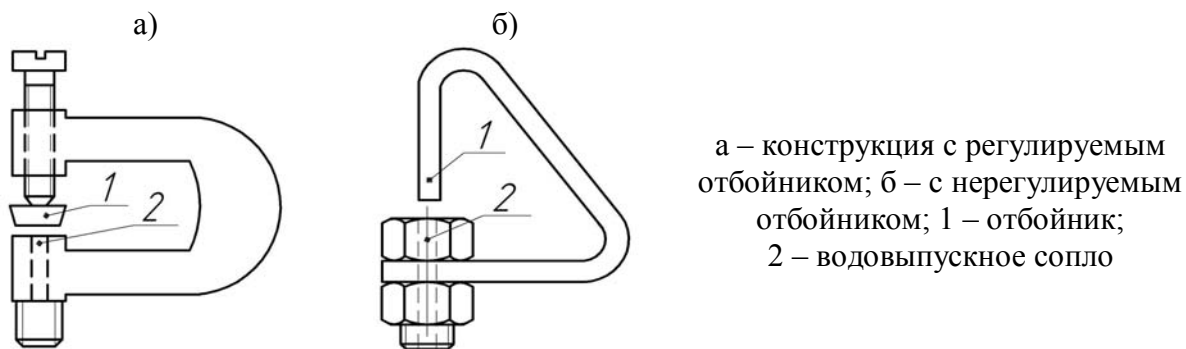


Рисунок 2.9 – Примеры конструктивных решений отражательных дождеобразующих насадок

В конструкциях отражательных насадок исходящая из сопла компактная (тонкая) струя поливной воды при её ударе о статически закреплённый отражатель распределяется круговым веером микроструй и капель искусственного дождя в окружающем место её установки воздушном пространстве.

Насадка (по рисунку 2.9а) с регулируемым положением отражателя характеризуется расходом в $3,5\div 4,5$ л/мин при давлении в ней, равном $3\div 6$ атм, и обеспечивает полив в зоне радиусом в 1,1 м. Конструкция дождевальной насадки с нерегулируемым положением отбойника (рисунок 2.9б) обеспечивает выдачу поливной воды расходом в $1\div 2$ л/мин при давлении, равном $2\div 5$ атм, с радиусом зоны захвата $R_{\text{зах}} = 1,2$ м.

Известны конструктивные решения дождевальных насадок, работа которых основана на «лобовом» соударении двух водных струй (рисунок 2.10).

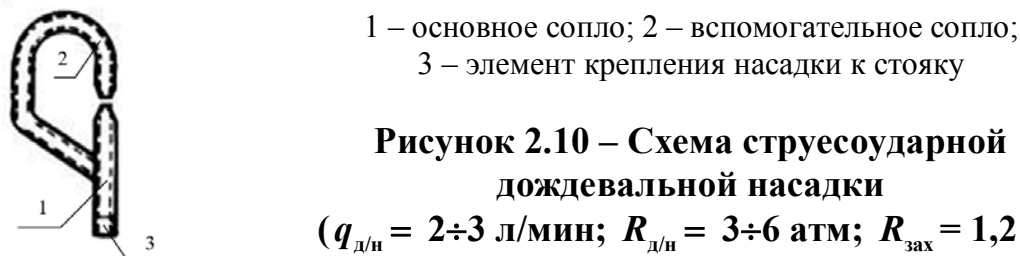


Рисунок 2.10 – Схема струесоударной дождевальной насадки
($q_{\text{д/н}} = 2\div 3$ л/мин; $R_{\text{д/н}} = 3\div 6$ атм; $R_{\text{зах}} = 1,2$ м)

Российская компания «Садовый инженер» предлагает «гидромелиораторам-орошенцам» широкий спектр дефлекторных насадок (микродождевателей и «нанодождеобразователей»), работающих при напорах в сети, составляющих $1,5\div 2,5$ атм при расходах поливной воды от 0,02 до 0,12 л/с и радиусах захвата $R_{\text{зах}} = 5\div 10$ м, рекомендуемых для полива овощных, садо-

вых культур, цветников, питомников, теплиц, оранжерей. Виды предлагаемых «нанодождевальных» насадок приведены на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Виды нанодождеобразователей (по каталогу компании «Садовый инженер»)

Для полива садовых растений и культур, выращиваемых в теплицах и оранжереях, этой фирмой предлагаются полнокруговые и секторные (с углом выпуска струй, равном 180°) дождеобразующие насадки MINI-1360 и MINI-1180, виды конструктивных решений которых приведены на рисунке 2.12.

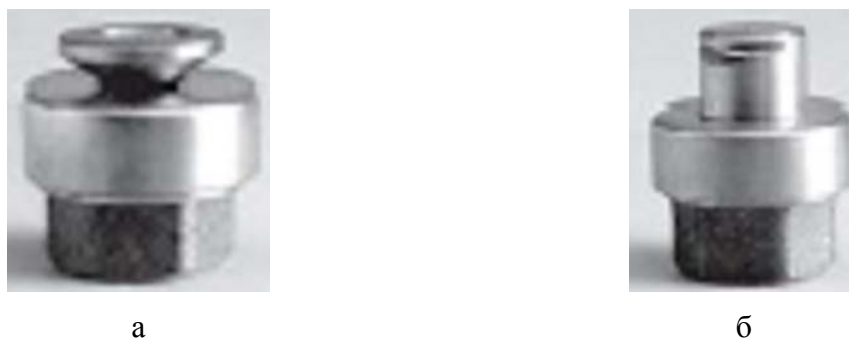


Рисунок 2.12 – Дождеобразующие насадки MINI-1360 (а) и MINI-1180 (б) (по каталогу компании «Садовый инженер»)

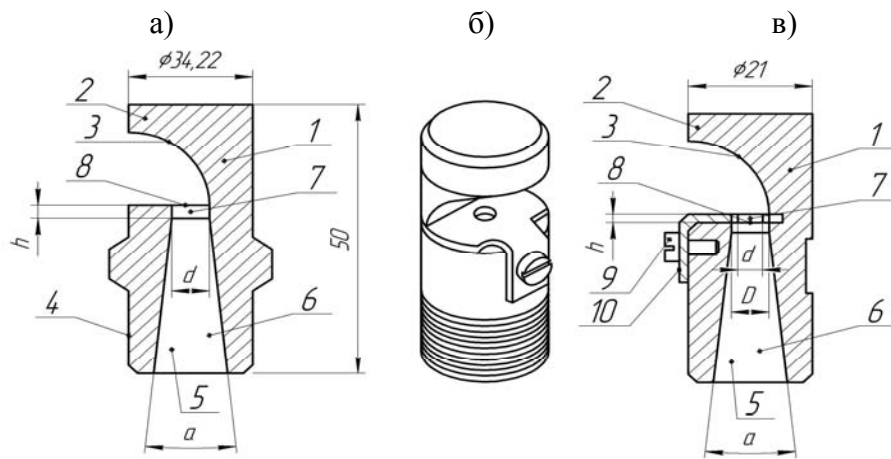
Указанные насадки (рисунок 2.12) обеспечивают дождеобразование при давлениях от 0,5 до 2,0 атм. Соответственно рабочим напорам насадка MINI-1360 обеспечивает подачу расхода поливной воды от 0,31 л/с (при $P = 0,5$ атм) до $q_{дн} = 0,48$ л/с (при $P = 2,0$ атм) и увлажнение площади $S_{увл} = 47,1 \div 69,4 \text{ м}^2$. Насадка MINI-1180 обеспечивает выдачу расхода равного $0,19 \div 0,3$ л/с и увлажняет участок площадью от 24 до 35 м^2 .

К достоинствам дефлекторных насадок относят: относительно равномерное распределение дождя (поливной воды) по зоне полива (увлажнения) при среднем размере капель $1,0 \pm 0,1$ мм и менее; функционирование дождеобразователя при относительно небольших напорах в них (порядка $8 \div 15$ м), а следовательно, при небольших энергетических затратах на образование искусственного дождя. Недостатками дефлекторных и других вышеописанных конструкций дождеобразователей (насадок) являются: относительно высокая интенсивность дождя (порядка $0,9 \pm 0,15$ мм/мин и более) и относительно небольшой радиус захвата (порядка $4 \div 8$ м в зависимости от напора).

Учитывая вышеотмеченные достоинства короткоструйных насадок и относительно низкую энергозатратность их конструкции, можно отметить их

системное улучшение применительно к использованию на различных дождевальных машинах (ЭДМФ «Кубань-Л», МДФА «Таврия», ДДА-100В и ДДА-100ВХ, ДМ «Фрегат» и др.). Отдельные конструктивные решения данных насадок рассмотрены ниже.

Пример двух конструктивных решений малоинтенсивных («почвоощадящих») энерго- и водосберегающих короткоструйных дождеобразовательных насадок секторного действия со сферической поверхностью дефлектора и регулируемым размером (диаметром) сопла приведен на рисунке 2.13.



- 1 – корпус насадки; 2 – дефлектор; 3 – сферическая поверхность дефлектора;
4 – присоединительный участок насадки; 5 – водоподводящий канал; 6 – конфузор;
7 – сопло; 8 – водовыпускное отверстие; 9 – крепление регулятора сопла;
10 – соплорегулирующее устройство

Рисунок 2.13 – Схемы секторных дефлекторных короткоструйных насадок МДФА «Таврия» (а) и конструкции ВНИИ «Радуга» (общий вид (б) и (в) продольный разрез)

Предлагаемая специалистами ВНИИ «Радуга» дефлекторная короткоструйная насадка секторного полива для ДМ «Фрегат» характеризуется крупностью капель искусственного дождя $d_k = 0,75 \pm 0,05$ мм и при системном её расположении – коэффициентом качества полива равным $k_{\text{пол/эф}} = 0,85$.

Необходимо отметить, что при всей привлекательности короткоструйных дождеобразователей задача обеспечения равномерности распределения дождя по длине отлёта поливных струй остаётся неразрешённой. Максимальное значение интенсивности искусственного дождя наблюдается в зоне $(0,3 \div 0,6) R_{\text{зах}}$, где её величина превышает среднюю в $1,5 \div 2,0$ и более раз.

Необходимо отметить и то обстоятельство, что дождевальные насадки только рассосредотачивают концентрированный водный поток, а дождевальные аппараты не только «распыляют», но и распределяют поливную воду по поливному участку, что и предопределило их более широкое применение.

Дождеобразующие аппараты в отличие от насадок имеют в своей конструкции движущиеся элементы, обеспечивающие их самостоятельное вращение вокруг своей вертикальной оси и (или) влияющие на параметры, исходящих(ей) из них водных(ой) струй(и). В определённых конструктивных решениях дождевальные насадки или их водовыпускные элементы (стволы и

сопла) являются составными частями конструкций дождеобразующих аппаратов, что объясняет часто встречающуюся синонимизацию их названий.

Так, вращающиеся по кругу или поворачивающиеся по сектору насадки, закрепляемые на водоподающем трубопроводе (стояке) с возможностью вращения (поворота), и являются частью дождевального аппарата (как дождеобразователя, имеющего вращающиеся элементы). Такие сопловые (ствольные или струйные) насадки вращаются за счёт реактивной силы поливной струи посредством специального элемента (дефлектора, лопатки, турбинки, коромысла-противовеса и др.) или за счёт горизонтального изгиба их ствольной части. Различают: средне- и дальнеструйные; стабильно действующие и импульсные дождеобразователи («дождеобразующие аппараты»).

Среди дождеобразующих аппаратов наиболее широкое распространение получили струйные вращающиеся или поворачивающиеся вокруг вертикальной оси по кругу и (или) сектору. Струйные (дождевальные) аппараты основаны на формировании и выбросе под острым углом к горизонту одной или нескольких водных струй из сопла, вращающегося (поворачивающегося) аппарата, благодаря чему поливается круг (или часть круга – сектор) с радиусом, равным дальности отлёта струй и капель. Используют среднеструйные (с отлётом поливной струи на расстояние в $15\div 35$ м) и дальнеструйные аппараты с отлётом струи (радиусом захвата) в $35\div 100$ м и более.

По типу привода, обеспечивающего частичное (секторное) или полное (круговое) вращение (поворачивание) дождеобразующего аппарата вокруг вертикальной оси, различают: турбинные или пропеллерные (дальнеструйные дождеватели серии ДД); реактивные, использующие реактивную силу водного потока, движущегося по изогнутому в плане участку ствола; коромысловые или качающиеся (серии ДА), использующие ударное воздействие водной струи на отражающие лопатки поворотного механизма (дождеобразователи «Роса-1», «Фрегат-1, 2, 3 и 4»); возвратно-пружинные («Фрегат», «Роса-2», «Роса-3») и другие струйные аппараты-дождеобразователи.

Для повышения равномерности рассредоточения дождя по мере удалённости от места выхода водных струй применяются двух- и трёхсопловые дождевальные аппараты с разными (обычно меньшими по сравнению с основным) диаметрами выходных отверстий или другие устройства – распылители водных струй, обеспечивающие увлажнение земли вблизи дождевателя.

Частота (скорость) вращения (круговых и секторных) дождевальных аппаратов вокруг вертикальной оси принимается с ограничением по скорости движения концевой части поливной струи по периметру зоны увлажнения, которая не должна превышать 2 м/с. При превышении указанного ограничения наблюдается изгиб поливной струи, приводящий к уменьшению радиуса зоны полива (чем больше радиус отлёта струи, тем меньше должна быть скорость вращения дождевального аппарата).

Отметим, что вращение дождевальных аппаратов вокруг вертикальной оси с определённой скоростью обеспечивает последовательное перемещение поливной струи по зоне полива. При этом не только обеспечивается полив всего полнокругового или секторного участка сельхозугодья, но и решается

задача обеспечения качества полива в части выдачи расчётной поливной нормы и создания условий для бесстокового увлажнения поливного участка. При последовательном перемещении сопла дождевального аппарата (по кругу или сектору), а следовательно, и при перемещении поливной струи имеет место прерывистый во времени полив. Выброс струи и оседание воды из созданного ею дождевого облака в одном месте чередуется с отсутствием такового в другом месте зоны увлажнения. В процессе кругового или секторного перемещения водной струи в разных радиальных створах зоны увлажнения в достаточно широком диапазоне значений изменяется интенсивность выпадения дождевых осадков. Вращение ствола (сопел) дождевального аппарата формирует прерывистое дождевание (прерывистый полив) с изменением интенсивности дождя от 10 мм/мин и более до минимума и до нуля.

В периоды снижения интенсивности выпадения дождевых осадков или полного его прекращения (в «межструеподаваемые» периоды) протекает процесс впитывания поливной воды в почву из бесстоковых лужиц, чем повышается впитывающая способность почвогрунтов (почвенного покрова).

Исследованиями параметров, формируемых струйными дождевальными аппаратами поливных струй, установлены основные соотношения определяющих их характеристик (напора на дождевателе и диаметра сопла), обеспечивающих определённые режимы каплеобразования (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Данные по характеру распада поливных струй на капли (по Б. Г. Штепа)

Характеристика распада струй на капли	Соотношение параметров дождеобразователя	
	H/R	H/d
Распад струй на капли, приемлемые для полива луговых и многолетних трав	0,77	1500÷1600
Распад струй на капли, приемлемые для полива всех сельскохозяйственных культур	0,83÷0,91	1700÷2200
Распад струй на капли, приемлемые для полива «нежных» растений и цветов	1,0	2400÷2600
Мелкодисперсное распыление поливных струй (для туманового, аэрозольного орошения)	$\geq 1,11$	≥ 3000
Примечание – H – напор на сопле, м; d – диаметр сопла, м; R – радиус отлёта поливной струи, м.		

Системное регулирование размерами поливной струи и скоростью вращения дождевального аппарата позволяет выбирать соответствующие условиям полива конструкцию и формировать режим работы дождеобразователя. Отметим, что в практике дождевания используется достаточно «протяжённая линейка» конструкций струйных дождевальных аппаратов с широким спектром технических и технологических характеристик, но возможности их регулирования (по расходу и (или) напору) относительно невелики и особенно в части скорости (частоты) их вращения, что должно быть устранено.

Среднеструйные дождеобразователи различных конструктивных решений в практике орошения получили наиболее широкое распространение.

Разработано семейство среднеструйных дождеобразателей «Роса», среди которых: односопловый аппарат «Роса-1» с поливом по кругу; двухсопловый («Роса-2») и трёхсопловые аппараты («Роса-3»), поливающие как по кругу, так и по сектору, виды которых приведены на рисунках 2.14 и 2.15.

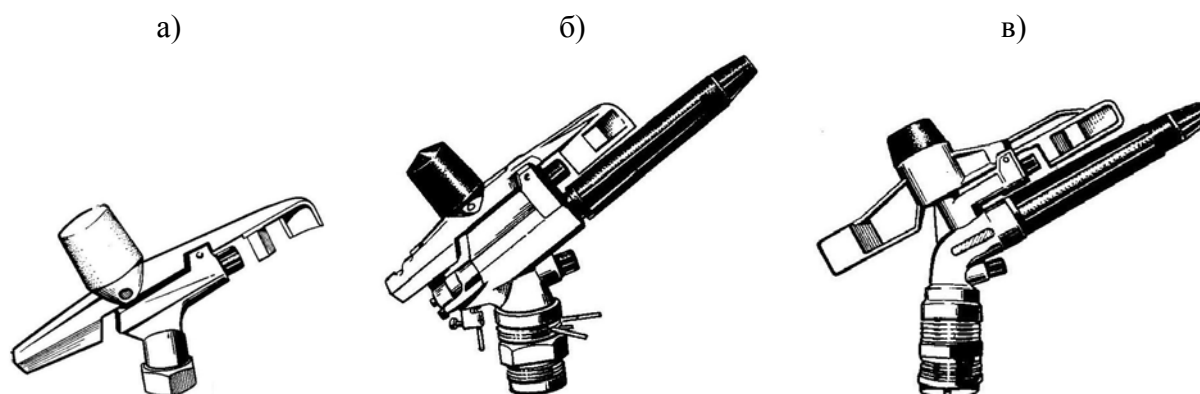
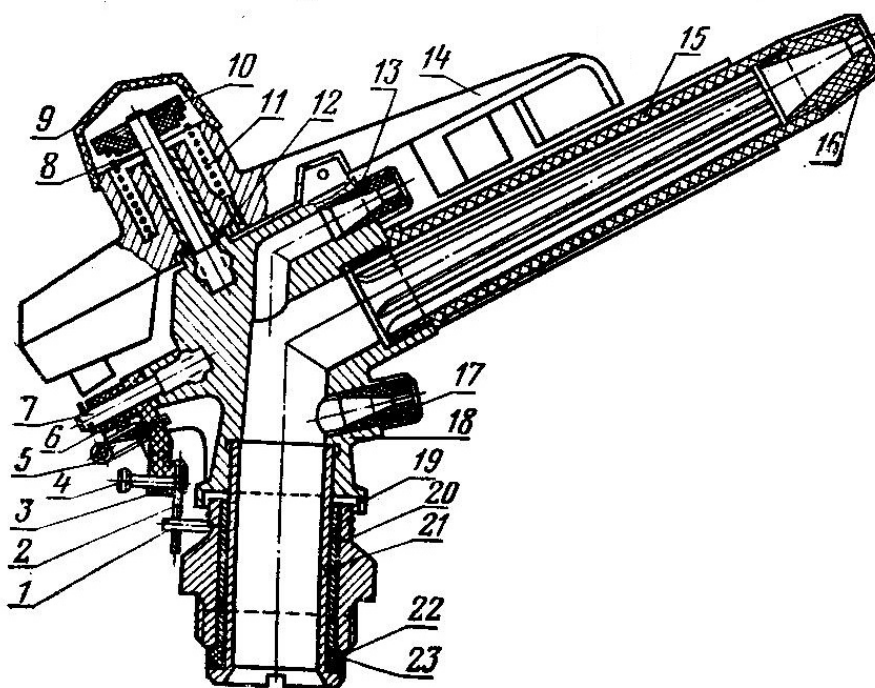


Рисунок 2.14 – Общие виды дождеобразателей «Роса-1» (а), «Роса-2» (б) и «Роса-3» (в) (по Б. Б. Шумакову)



1 – упорное кольцо; 2 – стержень; 3 – рычаг; 4 – винт; 5 – пружина; 6 – упор; 7, 8 – ось; 9 – колпачок; 10 – фиксатор; 11 – возвратная пружина; 12 – шайба; 13 – вспомогательное сопло; 14 – коромысло; 15 – ствол; 16 – основное сопло; 17 – вспомогательное сопло; 18 – корпус; 19 – основание; 20 – втулка; 21 – стакан; 22 – фторопластовая шайба; 23 – резиновая шайба

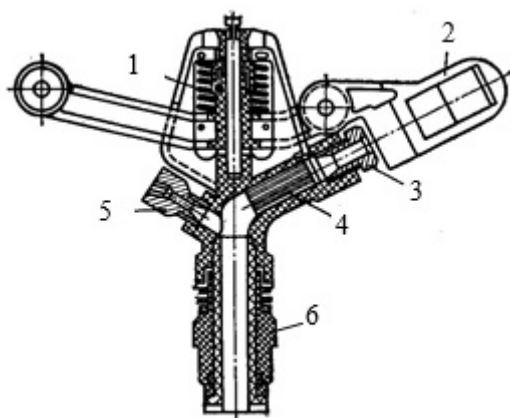
Рисунок 2.15 – Среднеструйный дождевальнй аппарат «Роса-3» (по Б. Г. Штепа)

Технические характеристики и технологические параметры среднеструйных дождеобразателей семейства «Роса» приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Данные по дождеобразователям серии «Роса»

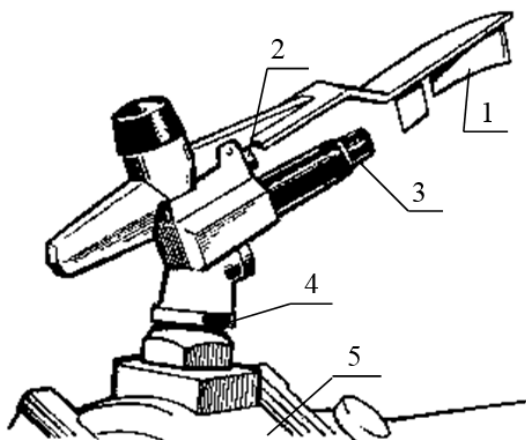
Наименование показателя	Значение показателя		
	«Роса-1»	«Роса-2»	«Роса-3»
Расход поливной воды, л/с	0,5÷1,25	1,0÷3,4	2,5÷9,5
Давление в дождеобразователе, МПа	0,20÷0,50	0,20÷0,50	0,25÷0,60
Интенсивность дождя, мм/мин	0,112÷0,284*	0,183÷0,243**	0,157÷0,292***
Радиус действия (захвата), м	13÷21	15÷28	23÷35
Частота вращения ствола, об/мин	0,25÷0,50	0,25÷0,50	0,25÷0,50
Поливная площадь (без перекрытия), га	0,053÷0,138	0,071÷0,246	0,166÷0,385
Диаметр основных сопел, мм	6, 7, 8	4, 5, 7, 8, 9	4, 7, 10, 12, 14, 16, 18
Диаметр вспомогательных сопел, мм	-	7; 4	7; 4
Масса дождеобразователя, кг	0,63	1,45	1,6
* По Б. Б. Шумакову «средний слой дождя без перекрытия» – 0,051÷0,054 мм/мин. ** По Б. Б. Шумакову «средний слой дождя без перекрытия» – 0,083÷0,084 мм/мин. *** По Б. Б. Шумакову «средний слой дождя без перекрытия» – 0,090÷0,150 мм/мин.			

Кроме среднеструйных дождеобразовательных аппаратов семейства «Роса» в отечественной гидромелиоративной практике используются и другие их конструктивные решения и, в частности, дождеватели для дождевальных устройств ДКШ-64 (рисунок 2.16) и ДКН-80 (рисунок 2.17), основные технические характеристики и параметры которых приведены в таблице 2.4.



- 1 – возвратная пружина; 2 – коромысло;
3 – основное сопло дождевального аппарата; 4 – выпрямитель;
5 – вспомогательное сопло;
6 – водоподводящий стояк к дождевателю

Рисунок 2.16 – Среднеструйный дождевальный аппарат ДКШ-64 (по Б. Б. Шумакову)



- 1 – коромысло; 2 – струеобразующее сопло; 3 – основное сопло дождевального аппарата; 4 – крепление аппарата к водопроводящей трубе;
5 – водоподводящая труба

Рисунок 2.17 – Общий вид среднеструйного дождевального аппарата ДКН-80 (по Б. Б. Шумакову)

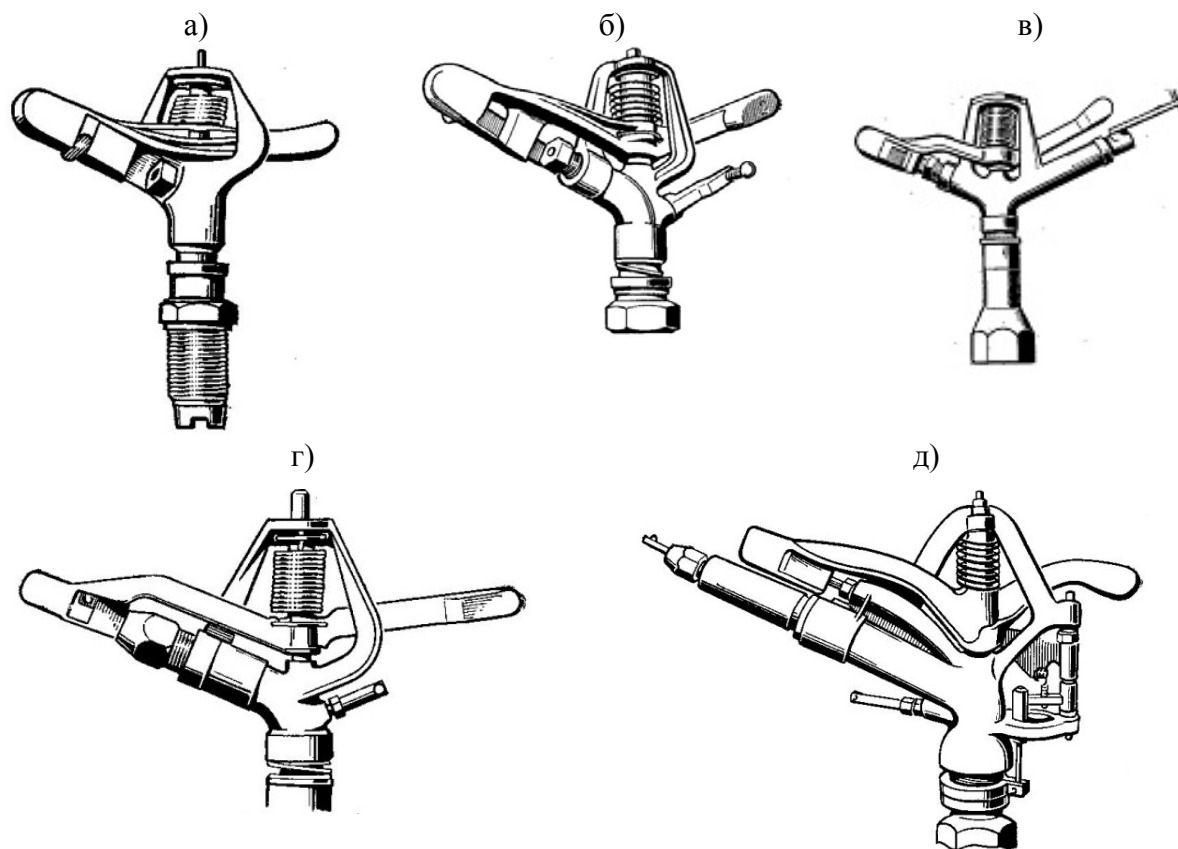
Таблица 2.4 – Данные по среднеструйным дождевальным аппаратам ДКШ-64 и ДКН-80 (по Б. Б. Шумакову)

Наименование показателя	Значение показателя	
	ДКШ-64	ДКН-80
Расход воды, л/с	1,0	4,0÷5,0
Рабочее давление, МПа	0,35÷0,40	0,40÷0,60
Радиус полива, м	18÷23	25÷27
Интенсивность дождя, мм/мин	0,053÷0,059	0,123÷0,130
Частота вращения, мин	0,50÷0,75	0,5÷1,0
Диаметр основного сопла, мм	7	14; 18
Диаметр вспомогательного сопла, мм	3	–
Масса аппарата, кг	0,19	2,0

В отечественной практике дождевания широко используются среднеструйные дождеобразователи семейства «Фрегат» (рисунки 2.18–2.20).

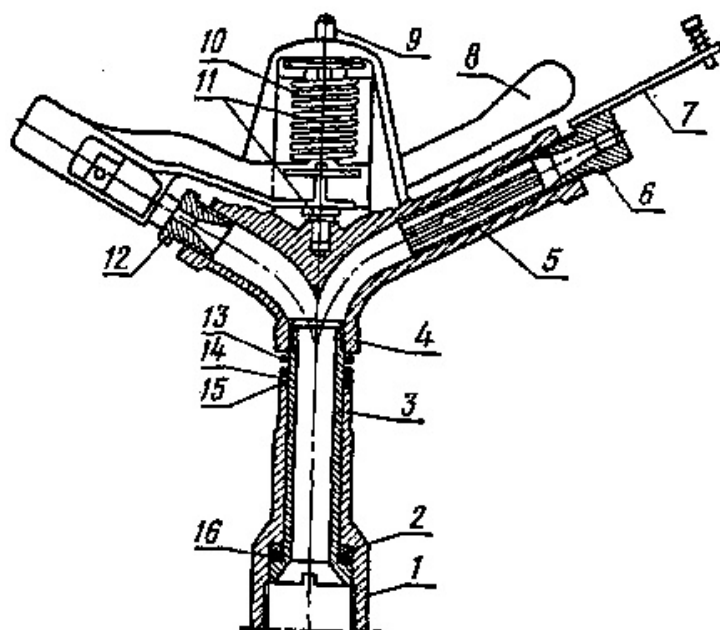
Технические характеристики и технологические параметры дождеобразовательных аппаратов семейства «Фрегат» приведены в таблице 2.5.

Известен двухсторонний среднеструйный дождевальнй аппарат с механизмом принудительного поворота, имеющий два противоположно направленных сопла. Данное конструктивное решение дождеобразователя разгружает стояк или патрубок от воздействия реактивных сил, создаваемых исходящими из сопел аппарата дождевальными струями (рисунок 2.21).



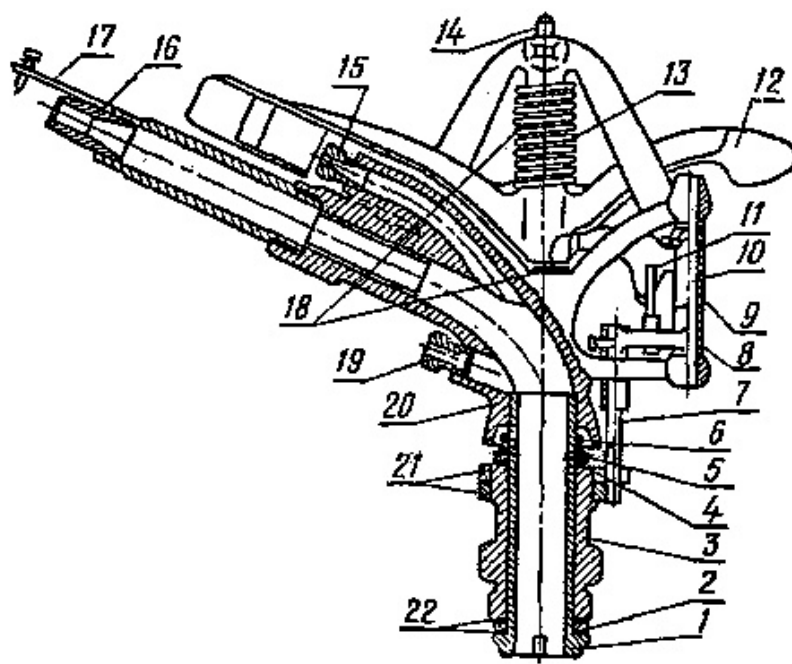
а – № 1; б – № 2; в – № 3; г – № 4; д – концевой

Рисунок 2.18 – Общие виды дождеобразователей серии «Фрегат» (по Б. Б. Шумакову)



1 – основание; 2 – уплотнительная фторопластовая втулка; 3 – стакан;
4 – корпус; 5 – выпрямитель; 6 – основное сопло; 7 – рассекатель; 8 – коромысло;
9 – ось; 10 – возвратная пружина; 11 – резиновые шайбы; 12 – вспомогательное
с рассекателем сопло; 13 – пружина; 14 – латунная шайба;
15 – фторопластовая шайба; 16 – резиновая шайба

**Рисунок 2.19 – Разрез среднеструйного дождевального аппарата
серии III (№ 3) дождевальной машины «Фрегат» (по Б. Г. Штепа)**

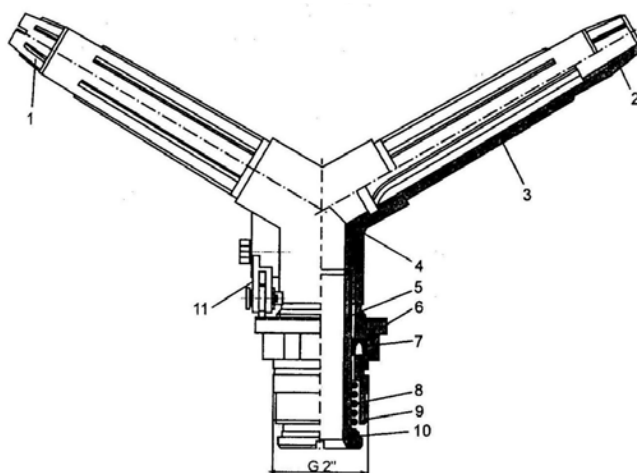


1 – стакан; 2 – фторопластовая шайба; 3 – штуцер основания; 4 – фторопластовая шайба;
– латунная шайба; 6-11 – пружины; 7 – палец; 8 – перекидной рычаг; 9 – зацеп;
10, 14 – ось; 12 – коромысло; 13 – возвратная пружина; 15 – сопло привода коромысла;
16 – основное сопло; 17 – рассекатель; 18-22 – резиновые шайбы; 19 – сопло ближнего
действия; 20 – корпус; 21 – упорные шайбы

**Рисунок 2.20 – Разрез дождевального аппарата ДМ «Фрегат»
(по Б. Г. Штепа)**

Таблица 2.5 – Основные характеристики по дождеобразующим аппаратам семейства «Фрегат» (по Б. Б. Шумакову)

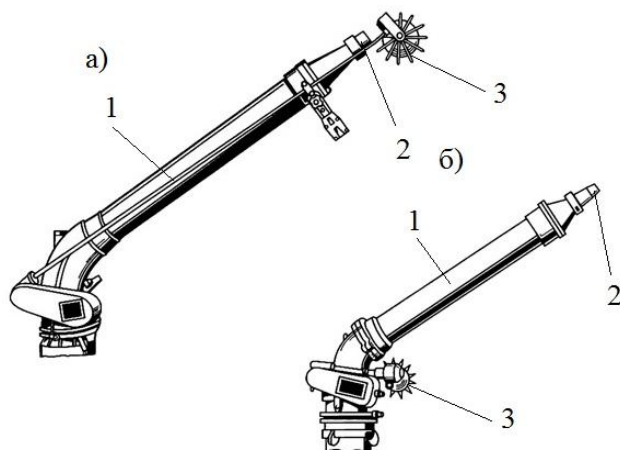
Наименование показателя	Значение показателя по дождеобразователям					
	«Фрегат-1»	«Фрегат-2»	«Фрегат-3»	«Фрегат-4»	по концевому трёхсопловому	по концевому двухсопловому
Расход поливной воды, л/с	0,092÷0,57	0,28÷1,00	0,82÷2,75	2,16÷3,90	5,14÷14,2	2,8÷5,8
Давление на выходе струи, МПа	0,14÷0,35	0,18÷0,42	0,38÷0,50	0,42÷0,70	0,42÷0,70	0,25÷0,50
Радиус захвата (по крайним каплям), м	11÷13	13÷17	16÷24	20÷30	32,5÷35,5	25÷30
Частота вращения, мин ⁻¹	0,75÷1,0	0,25÷0,50	0,25÷0,50	0,25÷0,50	0,25÷0,50	0,25÷0,50
Диаметры основного сопла, мм	2,8; 3,2	3,6; 3,9; 4,3; 4,8; 5,1; 5,6	5,6; 6,0; 7,1; 7,9; 8,0; 9,5	9,5; 10,3; 11,1; 11,9	12,7; 14,3; 16,9; 17,5	12,7; 13,5; 14,3; 15,9
Интенсивность дождя, мм/мин	0,092–0,077	0,045–0,060	0,060–0,094	0,102–0,083	0,100–0,215	0,260
Диаметр вспомогательного сопла, мм	–	2,4; 3,2	4,3; 4,8; 5,6	5,6	7,9; 9,5; 6,3; 7,9	6,3
Масса дождевального аппарата, кг	0,36	0,50	1,17	1,69	5,3	1,69



1, 2 – сопла; 3 – ствол; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – колесо храповое; 7 – манжета; 8 – пружина; 9 – втулка в сборе; 10 – шайба; 11 – механизм шаговый храповый

Рисунок 2.21 – Среднеструйный двухсторонний дождевальнй аппарат

Дальнеструйные дождеватели (дождеобразователи) обеспечивают подачу поливных струй на расстояние, превышающее 35÷100 м и более. Разработаны и используются одно- и двухсопловые конструкции дальнеструйных дождеобразователей (в широком диапазоне размеров) кругового и секторного полива (аппаратов) семейства «ДД» (рисунки 2.22 и 2.23).



1 – ствол; 2 – сопло; 3 – турбинка

Рисунок 2.22 – Дальнеструйные дождеобразователи (дождеватели) ДД-30 (а) и ДД-80 (б)



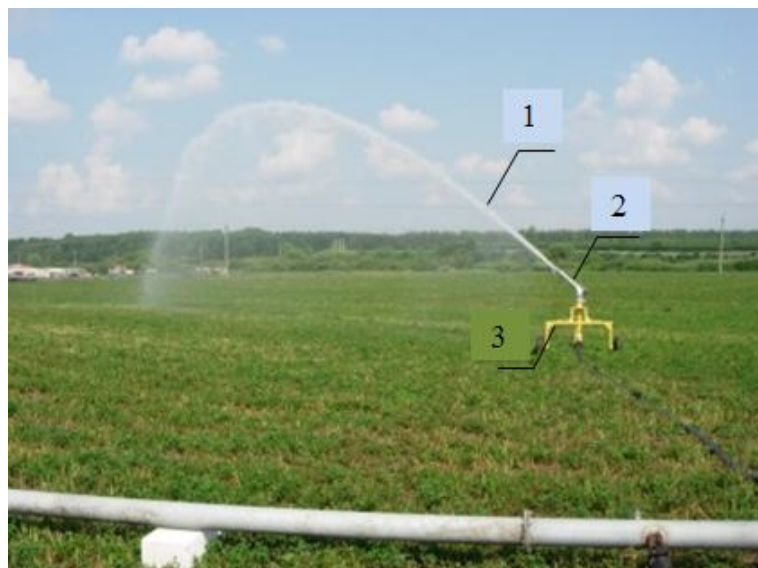
Рисунок 2.23 – Общие виды установки дальнеструйных дождевателей на напорных трубопроводах

Технические и технологические параметры дальнеструйных дождеобразователей серии «ДД» (по Б. С. Маслову и др.) приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Данные по дальнеструйным дождеобразователям семейства «ДД» (по Б. С. Маслову)

Наименование показателя	Значение показателя		
	ДД-30	ДД-50	ДД-80
Расход поливной воды, л/с	16÷30	38÷55	55÷85
Давление на дождеобразователе, МПа	0,50÷0,60	0,50÷0,70	0,50÷0,70
Интенсивность дождя, мм/мин	0,15÷0,25	0,39÷0,43	0,33÷0,64
Частота вращения, мин ⁻¹	0,15÷0,20	0,20	0,20
Радиус действия (полива), м	40÷60	44÷70	57÷80
Площадь полива (без перекрытия), га	5,03÷11,31	6,08÷9,85	10,51÷11,31
Диаметры сменных сопел, мм	26, 30, 34	16, 32, 36, 40	16, 40, 46, 52
Масса дождеобразователя, кг	16	27	28

Дальнеструйные дождеобразователи отличаются высокой производительностью полива, его полная автоматизация и простота конструктивных решений. Основными недостатками односопловых дальнеструйных насадок и аппаратов является высокая степень неравномерности выпадения дождевых осадков из поливной струи (рисунок 2.24), высокая крупность дождевых капель, значительные реактивные усилия и динамические воздействия на опоры (стояки), что требует дальнейшего совершенствования их конструкций.



- 1 – поливная струя;
- 2 – дальнеструйный дождеобразователь;
- 3 – дождевальное устройство (дождеватель)

Рисунок 2.24 – Общий вид поливной струи, создаваемой дальнеструйным дождевальным аппаратом

Известны дождеобразователи (мезо-, мини- и микроспринклеры) компании Энталь (Израиль), разработанные для широкого диапазона расходов, давлений и радиусов захвата: от микроспринклеров для подкоронового полива древесных культур с радиусом захвата от 1,5 до 3,0 м и расходом поливной воды от 0,5 до 0,85 л/с до среднеструйных дождевателей (типа «Ротор 688»), работающих в диапазоне давлений от 2,5 до 4,0 атм с расходами от 0,14; 0,21; 0,28 и до 0,42 л/с и «радиусом полива» от 15 до 20 м.

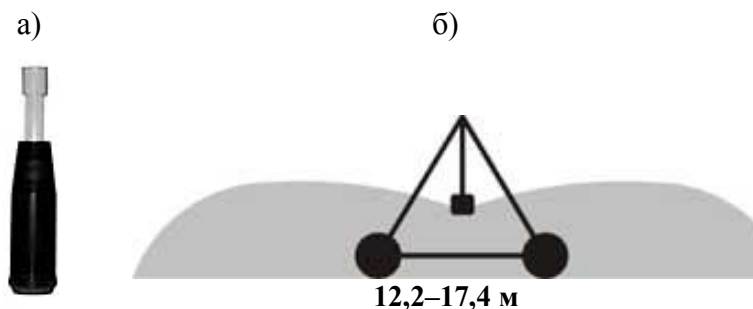
Широко применяются мезоспринклеры [среднеструйные дождеобразователи семейства – AR 044; AR 048; AR 70) компании «Мецерплас» (Израиль)], технические характеристики которых приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Данные по мезоспринклерам компании «Мецерплас»

Марка дождеобразователя	Показатель по мезоспринклерам			
	рабочее давление, бар	расход воды, л/с	радиус полива, м	схема расстановки, м
AR 044	2,5÷3,0	0,122	8÷9	8×8
AR 048	2,0÷4,0	0,175	9÷10	10×10
AR 70	3,0÷5,0	0,444	10÷12	12×18

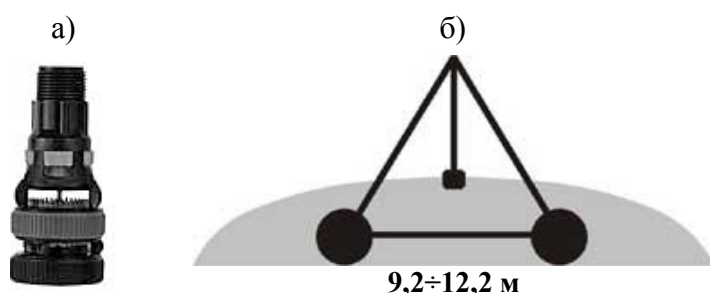
Широкий спектр дождеобразователей разработан зарубежными специалистами различных фирм. Так, дождевательные машины «Reinke» оборудуются дождеобразователями: Impact, Rotators, Spinners, I-Wob; Sprays; Д 3000 и другими. На дождевательных машинах серии «Pivot» также используется широкая линейка дождеобразователей, отдельные из которых описаны ниже.

Дождеобразователь I-WOB функционирует при давлении на дождеобразующем аппарате в $0,69 \div 1,38$ атм с высотой подъёма дождевателя над поверхностью, изменяющейся от 0,92 до 2,75 м (рисунок 2.25).



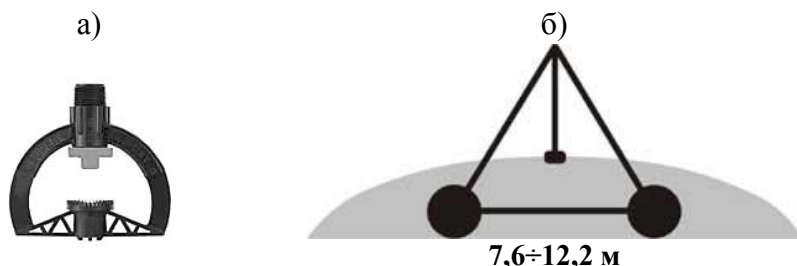
**Рисунок 2.25 –
Общий вид (а) и
схема полива (б)
дождеобразователем
I-WOB**

Дождеватель LDN рассчитан на давление в $0,42 \div 1,38$ атм с регулируемой высотой его подъёма от 0,46 до 4,27 м (см. рисунок 2.26).



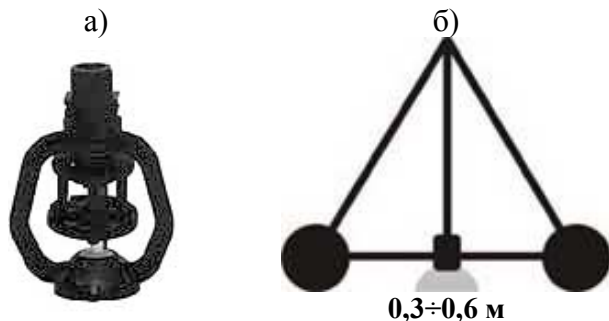
**Рисунок 2.26 – Общий
вид (а) и схема полива (б)
дождеобразователем LDN**

Дождеватель SUPER SPRAY работает в диапазоне давлений $0,42 \div 1,72$ атм при высоте подъёма от 0,46 до 4,27 м (рисунок 2.27).



**Рисунок 2.27 –
Общий вид (а) и
схема полива (б)
дождевателем
SUPER SPRAY**

Дождеобразователь QUAD-SPRAY обеспечивает полив при рабочем давлении $0,42 \div 0,69$ атм при высоте подъёма в $0,3 \div 0,6$ м (рисунок 2.28).



**Рисунок 2.28 – Общий вид (а)
и схема полива (б)
низконапорным
дождевателем QUAD-SPRAY**

В ряде импортируемых дождевальных машин используются дождеобразователи для широкого спектра условий их применения (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Данные по импортируемым дождеобразователям

Название дождеобразователя	Общий вид дождеобразователя	Характеристика дождеобразователя
«i-Wob»		Дождеобразователь («водораспылительная форсунка») «i-Wob» оборудован вращающейся дефлекторной пластинкой, обеспечивающий низкую интенсивность искусственного дождя при большом радиусе захвата
«D-3000»		Дождеобразователь («водораспылительная форсунка») низкого давления «D-3000» с системой разных по размерам (диаметрам) сопел с малой интенсивностью искусственного дождя
«S 3000»		Дождеобразователь «S 3000» низкого давления с низкой интенсивностью искусственного дождя, обеспечивающий повышенную устойчивость дождевого полива в ветреную погоду
«R 3000»		Дождеобразователь («ротатор») «R 3000» с вращающейся дефлекторной пластинкой с большим радиусом захвата и низкой интенсивностью искусственного дождя
«T 3000»		Дождеобразователь («форсунка») «T 3000» для полива сельскохозяйственных растений (угодий) сточными водами и сепарированной навозной фракцией

В каталоге оросительной техники, составленном компанией «Садовый инженер», приведен широкий спектр конструкций дождеобразователей – дождевальных аппаратов, описание части из них приведено в таблице 2.9.

**Таблица 2.9 – Сведения о струйных дождевальных аппаратах
(по каталогу компании «Садовый инженер»)**

Общий вид струйного дождевального аппарата	Характеристика струйного дождевального аппарата
1	2
	Струйный дождеватель (дождевальный аппарат – дождеобразователь) кругового (полнокругового) и секторного полива с «рассеивателем» поливной струи (рабочее давление – 1,5÷4,0 атм; диаметр сопла – 3÷4 мм; длина струи – 9,0÷12,5 м; расход воды – 0,11÷0,22 л/с; средняя интенсивность искусственного дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,02 \div 0,03$ мм/мин). Струйный дождеватель рекомендуется для устройства в составе стационарных оросительных систем и для установки на дождевальных машинах
	Струйный дождеватель (дождевальный аппарат – дождеобразователь) полнокругового полива с «рассеивателем» («дробителем») поливной струи (рабочее давление – 2÷4 атм, диаметры сопла – 3,25÷4,50 мм, длина струи – от 11 до 16 м; расход поливной воды – $q_{д/а} = 0,15 \div 0,72$ л/с; интенсивность искусственного дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,02 \div 0,08$ мм/мин), одновременно поливаемая с одной позиции площадь сельхозугодья составляет 1520÷3215 м²
а)  б) 	Струйный дождеватель полнокругового полива с «рассеивателем» водной струи для кронового (а) и подкронового (б) полива садов и виноградников. Конструкция (а) применима для противозаморозковых и освежительных поливов, а конструкция по (б) приемлема для полива открытых ветрам угодий в ветреную погоду. Параметры дождеобразователей: рабочее давление – от 2-х до 4-х атм; диаметры сопел – $d_c = 3,25 \div 4,50$ мм; расход дождевателя – $q_{д/а} = 0,15 \div 0,72$ л/с; средняя интенсивность дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,02 \div 0,08$ мм/мин; длина струи – 8÷10 м
а)  б) 	Струйный дождеватель для полнокругового и секторного надкронового (а) и подкронового (б) полива древесных и лианых растений, оборудованный «рассеивателем» поливной струи. Вариант (а) рекомендуется для противозаморозковых и освежительных поливов. Вариант (б) приемлем для полива открытых ветрам угодий. Параметры дождевателя: $P_{д/а} = 2 \div 4$ атм; $q_{д/а} = 0,15 \div 0,34$ л/с; $R_{зах} = 8 \div 10$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,02 \div 0,04$ мм/мин; $d_c = 3,25 \div 4,50$ мм

Продолжение таблицы 2.9

1	2
	Струйный дождевальный аппарат (дождеобразователь) полнокругового полива с рассеивателем поливной струи (рабочее давление – 2÷4 атм; расход поливной воды – 0,75÷1,5 л/с; дальность отлёта струи – 15÷20 м; интенсивность искусственного дождя – 0,07÷0,09 мм/мин; диаметр сменных сопел – от 4,75 до 7,0 мм, одновременно поливаемая площадь – 2826÷5024 м²
а)  б) 	Струйный дождеобразующий аппарат полнокругового и секторного подкоронового полива древесных насаждений (садов, виноградников, питомников) с рассеивателем поливной струи. Параметры дождевателя (дождеобразователя): рабочее давление – $P_{д/а} = 2÷11$ атм; диаметр сопел – $d_c = 4,75÷7,0$ мм; расход – $q_{д/а} = 0,21÷1,5$ л/с; радиус струи – $R_{зах} = 9÷12$ м; интенсивность искусственного дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,08÷0,09$ мм/мин
	Струйный односопловый дождеобразователь для полнокругового и секторного полива с рассеивателем поливной струи, имеющий нижеприведенные технические характеристики: $P_{д/а} = 2÷4$ атм; $q_{д/а} = 0,37÷1,0$ л/с; $l_{стр} = R_{зах} = 13÷19$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,04÷0,06$ мм/мин; $d_c = 4,75÷7,0$ мм, одновременно поливаемая площадь – 2123÷4534 м²
	Односопловый дождеобразовательный аппарат полнокругового и секторного полива для подкоронового полива садов и виноградников с рассеивателем («дробителем») поливной струи (рабочее давление – 2÷4 атм; расход дождевателя – 0,37÷1,0 л/с; диаметры сменяемых сопел – 4,75; 5,5; 6,25 и 7,0 мм; длина струи – 9÷14 м; интенсивность искусственного дождя – 0,04÷0,06 мм/мин; площадь полива с одной позиции – 1017÷2462 м²

Продолжение таблицы 2.9

1	2
	Струйный дождеобразователь с рассеивателем поливной струи для полнокругового и секторного полива с техническими характеристиками: диаметры сопел – $d_c = 6, 8, 10$ и 12 мм; рабочее давление – $P_{д/а} = 2 \div 4$ атм; расход поливной воды – $q_{д/а} = 0,7 \div 3,0$ л/с; радиус зоны захвата – $R_{зах} = 15 \div 24,5$ м; интенсивность дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,06 \div 0,11$ мм/мин; площадь захвата дождём – $2826 \div 7539$ м²
	Струйный дождеватель (дождеобразователь) полнокругового полива с рассеивателем («дробителем») поливной струи для орошения садов, плантаций и других культур на открытых ветрам угодьях. Параметры дождеобразователя: $d_c = 6, 8, 10$ и 12 мм; $P_{д/а} = 2 \div 4$ атм.; $q_{д/а} = 0,7 \div 3,0$ л/с; $R_{зах} = 10 \div 17$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,06 \div 0,11$ мм/ мин
	Дождеобразователь (дождеватель) для кругового и секторного полива садов, плантаций и других сельскохозяйственных угодий, оборудованный струерасщепителем (струерассеивателем, струедробителем). Параметры дождевального аппарата: $P_{д/а} = 2 \div 4$ атм.; $d_c = 10 \div 17$ мм; $q_{д/а} = 2,0 \div 9,2$ л/с; $R_{зах} = 20 \div 34$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,10 \div 0,19$ мм/мин
	Струйный дождеватель полнокругового и секторного полива с регулируемым устройством дробления (расщепления, рассеивания) поливной струи с нижеприведенными техническими характеристиками: $d_c = 12, 14, 16$ и 18 мм; $q_{д/а} = 3,4 \div 9,8$ л/с; рабочее давление $P_{д/а} = 2 \div 4$ атм; $R_{зах} = 25 \div 36$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,13 \div 0,19$ мм/мин
	Струйный дождеватель («дождевальная машина», «дождевальный водомёт») кругового и (или) секторного полива, оборудованный регулируемой гидротурбиной с рабочим давлением – $2 \div 3$ атм; со сменными соплами диаметром $8, 10$ и 12 мм; с расходом аппарата – $1,5 \div 3,5$ л/с; с дальностью отлёта поливной струи – $16,5 \div 27,7$ м и средней интенсивностью дождя равной $0,07 \div 0,1$ мм/мин

Продолжение таблицы 2.9

1	2
	Дождеватель полнокругового или секторного полива (действия) с регулируемой турбиной. Технические и технологические параметры дождеобразователя (дождевателя): сменные сопла диаметром равным 10, 12 и 14 мм; рабочее давление – $P_{д/а} = 2÷14$ атм; расход дождевателя – $q_{д/а} = 1,7÷4,8$ л/с; радиус захвата – $R_{зах} = 20÷31$ м при интенсивности дождя – $\bar{I}_{д/ср} = 0,08÷0,12$ мм/мин
	Струйный дождеватель («дождевальная пушка», «дождевальный водомёт») кругового и секторного полива с регулируемой гидротурбиной. Оборудован тремя заменяемыми соплами с диаметром 12, 14 и 16 мм. Технические параметры: $P_{д/а} = 2,5; 3,0; 3,5; 4,0$ и 4,5 атм; $q_{д/а} = 2,65÷5,35$ л/с; $R_{зах} = 23,5÷33,0$ м и $\bar{I}_{д/ср} = 0,1÷0,14$ мм/мин
	Струйный дождеватель для полнокругового и секторного полива с регулирующей гидротурбиной и заменяемыми соплами $d_c = 10, 12, 14, 16$ и 18 мм, работающий при давлении 2÷6 атм, с расходом водоподачи 1,7÷7,5 л/с и обеспечивающим отлёт поливной струи на расстояние 21÷37 м при средней интенсивности искусственного дождя, составляющей 0,11÷0,15 мм/мин
	Струйный дождеватель («водомёт») полнокругового и секторного полива с гидротурбиной и заменяемыми (сменяемыми) соплами диаметром равным 14, 16, 18, 20 и 22 мм. Технические и технологические параметры дождевателя: $P_{д/а} = 2÷4$ атм; $q_{д/а} = 4,2÷14,4$ л/с; $R_{зах} = 25÷47$ м; $\bar{I}_{д/ср} = 0,12÷0,15$ мм/мин
	Струйный дождеватель («дождевальная пушка» или «водомёт») кругового и секторного полива с широким спектром параметров: с диаметрами сменных сопел – 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36 и 38 мм, работающих при давлении равном 3÷8 атм. В зависимости от типоразмера дождевателя (диаметра сопла и давления) расход поливной воды изменяется от 8,5 л/с до 44,8 л/с, длина отлёта струи составляет 36÷72 м при средней интенсивности искусственного дождя, равной $0,16±0,1$ мм/мин

Дождеобразователь ИМРАСТ функционирует при рабочем давлении равном $1,72 \div 4,83$ атм с высоты в $3,05 \div 4,27$ м (рисунок 2.29).



Рисунок 2.29 – Общий вид (а) и схема полива (б) дождевателем ИМРАСТ

Дождеобразователь 8025НД работает при давлении в нём в диапазоне от 2,42 до 5,18 атм с высоты в $3,05 \div 4,27$ м (см. рисунок 2.30).



Рисунок 2.30 – Общий вид (а) и схема полива (б) дождеобразователем 8025НД

Широкий спектр разработанных и апробированных дождеобразователей различных конструкций позволяет выбрать наиболее приемлемое условиям использования их конструктивное решение. Определённый эффект может дать совместное использование короткоструйных и среднеструйных дождеобразующих устройств на одном дождевальном средстве (машине, установке, дождевателе). При наличии широких возможностей выбора и подбора сочетаний из спектра известных конструкций задача дальнейшей разработки их более эффективных и экономичных конструкций остаётся актуальной.

Известны и широко используются в мировой и отечественной практике эффективные и надёжные конструкции концевых дождевальных устройств («водомётов») для широкозахватных дождевальных машин (рисунок 2.31).



«Komet»



«Nelson SR-100»



«Sime Wing»



«Reinke»

Рисунок 2.31 – Общие виды концевых дождеобразующих аппаратов для широкозахватных дождевальных машин ведущих зарубежных фирм

Дождеобразующие устройства должны соответствовать нижеприведенным требованиям: 1) простота и высокая степень унификации; 2) стабильность эксплуатационных показателей во времени; 3) высокий уровень надёжности и долговечность; 4) отсутствие или минимальное количество трущихся и (или) вращающихся деталей; 5) защищённость от внешних воздействий (от повреждений); 6) универсальность и взаимозаменяемость; 7) минимизация типоразмеров и веса; 8) простота регулировки и установки; 9) стабильность гидравлических характеристик при высоком качестве дождя; 10) создавать, соответствующую экологическим требованиям, структуру искусственного дождя, приемлемые размеры дождевых капель с допустимым для почвенного покрова и растений ударным воздействием на них.

3 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ВОЛЖАНКА»

Названия. В научной, учебной и в справочно-энциклопедической литературе и других источниках информации используются различные названия дождевальной машины «Волжанка», среди которых: 1) дождеватель колёсный широкозахватный (ДКШ) «Волжанка»; 2) колёсный дождевальный трубопровод «Волжанка»; 3) дождевальная машина ДКШ-64 «Волжанка»; 4) ДМ ДКШ-64 «Волжанка»; 5) самоходный многоопорный дождевальный трубопровод «Волжанка» (ДКШ-64); 6) дождеватель колёсный широкозахватный ДКШ-64 («Волжанка»); 7) дождевальная многоопорная машина ДКШ-64 «Волжанка»; 8) колёсный дождевальный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка»; 9) дождевальный колёсный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка»; 10) самоходный дождевальный трубопровод позиционного действия «Волжанка» и др.

Определения. В современных изданиях используются нижеприведенные определения, толкующие существо дождевальной машины «Волжанка».

1 Дождевальная машина (дождеватель колёсный широкозахватный – ДКШ) «Волжанка» – широкозахватная самоходная по поливному участку многоопорная колёсная среднеструйная фронтально перемещающаяся двухкрыльевая (двукрылая) дождевальная машина (или самоперемещающийся на колёсных опорах дождевальный (поливной) трубопровод) позиционного полива, питающаяся(щийся) из закрытой напорной оросительной сети и распределяющая(щий) поливную воду в виде искусственного дождя посредством размещённых на её водоподающем напорном трубопроводе среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия. Дождевальная машина (ДМ) «Волжанка» относится к дождевальным машинам позиционного действия (полива) с фронтальным перемещением по орошаемому участку вдоль оросителя.

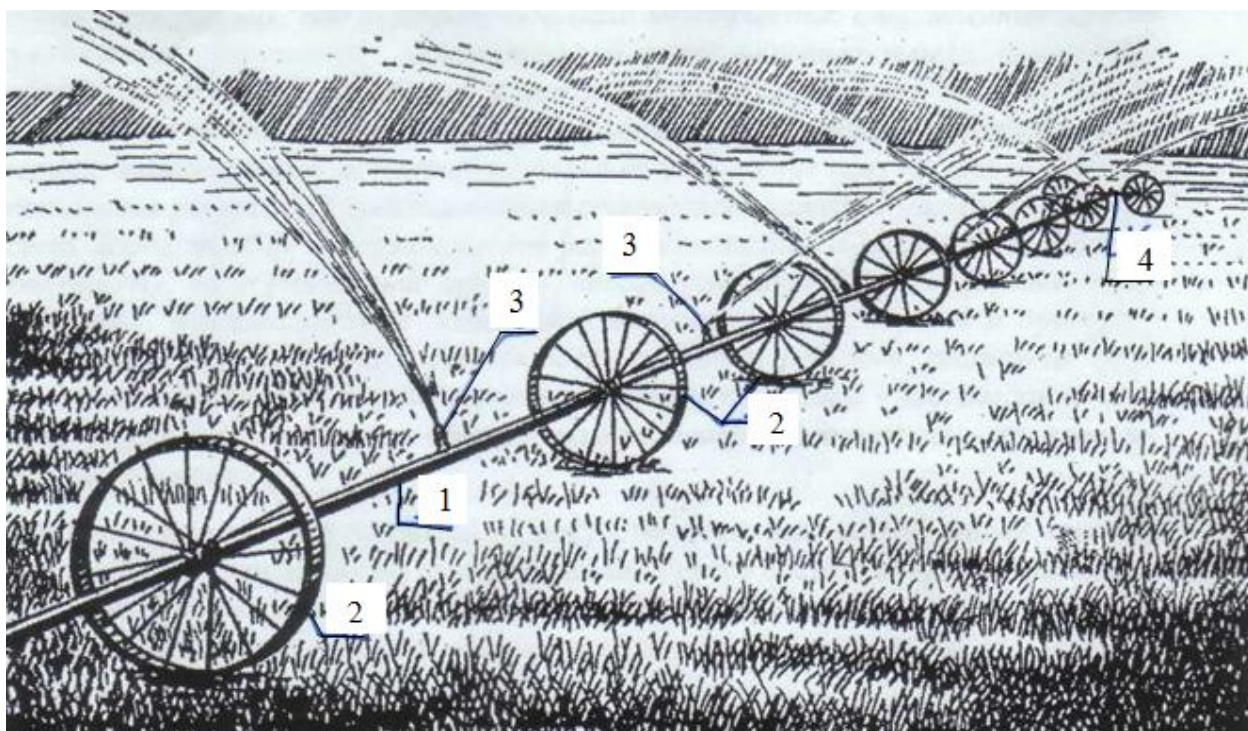
2 Дождеватель колёсный широкозахватный (ДКШ) «Волжанка» – самоходный (самоперемещающийся по поливному участку) дождевальный напорный трубопровод, состоящий из двух автономно функционирующих крыльев, последовательно подсоединяемых к гидрантам закрытой напорной оросительной сети, опирающийся на систему колёсных опор, перемещающийся посредством включения автономных двигателей на центрально размещённых («механоприводных») ведущих тележках и оборудованный системой среднеструйных дождевальных аппаратов искусственного дождя.

Условия применения. Дождевальный трубопровод ДМ «Волжанка» («колёсный дождеватель» «Волжанка»), опирающийся на систему металлических колёс, располагается на высоте 0,9 м от поверхности земли, что предопределяет приемлемость этой дождевальной машины для полива низкостебельных (с высотой стеблестоя до 1,0÷1,2) м сельскохозяйственных культур сплошного или рядового посева (овощных, бахчевых, зерновых, кормовых, технических, многолетних трав и других), сенокосов и пастбищ на угодьях с выравненной (спланированной) поверхностью земли и с уклонами,

не превышающими $i_n \leq 0,02$ для почв со скоростью напорного впитывания воды $0,83 \leq v_{\text{вп}} \leq 5,0$ мм/мин при скорости ветра, не превышающей 5,0 м/с.

Конструкция ДМ «Волжанка» (колёсного дождевального трубопровода «Волжанка») представляет собой два конструктивно одинаковых и геометрически равных самостоятельно (независимо) функционирующих (работающих) дождевальных (поливных) крыла (первого и второго по порядку включения крыльев в работу или («левого» и «правого») по направлению их перемещения при поливе. В различных типоразмерах («модификациях») этой дождевальной машины длина каждого из её поливных крыльев (водоподающих трубопроводов) составляет 150, 200, 250, 300, 350 и 400 м, что обеспечивает одновременный полив одним широкозахватным дождевателем «Волжанка» сельскохозяйственных угодий шириной от 300 до 800 м.

Общий вид ДМ (ДКШ) «Волжанка» в работе приведен на рисунке 3.1.

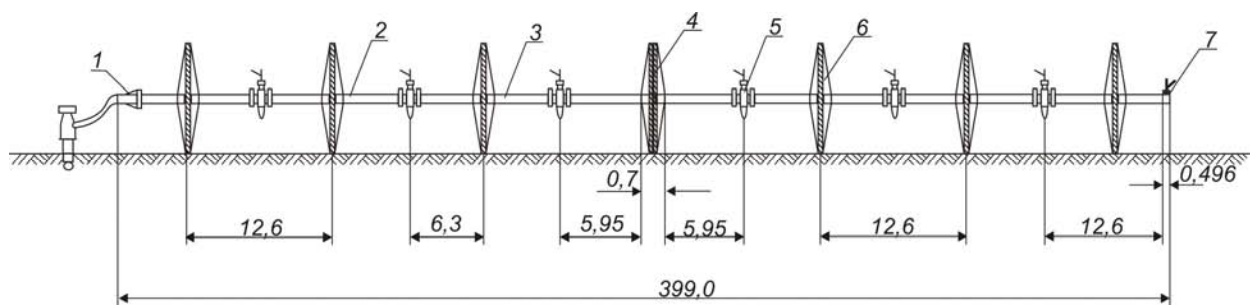


1 – водопроводящий (дождевальный) трубопровод; 2 – промежуточная ведомая колёсная опора; 3 – дождевальный аппарат кругового действия; 4 – ведущая тележка с двигателем

Рисунок 3.1 – Вид фрагмента поливного крыла многоопорной, широкозахватной, среднеструйной дождевальной машины «Волжанка» (по Н. С. Ерхову)

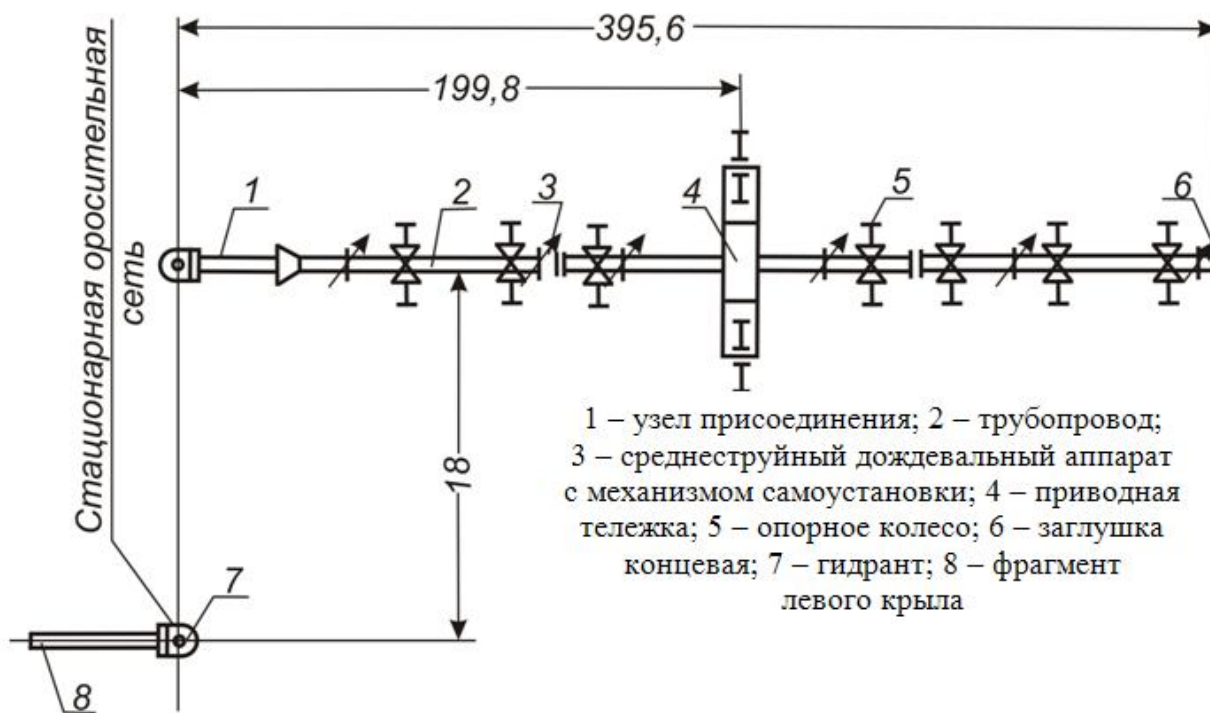
Конструкция дождевальных крыльев ДКШ «Волжанка» (ДМ «Волжанка») включает: 1) узел присоединения дождевального трубопровода к гидрантам напорной оросительной сети (напорного (трубчатого) оросителя); 2) напорный («работающий в напорном режиме») трубчатый дождевой («поливной») трубопровод-водовод; 3) ходовые (ведомые) промежуточные колёсные опоры; 4) систему дождевальных аппаратов; 5) ведущую тележку с автономным двигателем (бензиновым двигателем внутреннего сгорания); 6) сливные отверстия с клапанами (для опорожнения трубопровода от воды пе-

ред перемещением); 7) тормозные и другие устройства; 8) концевые заглушки; 9) крепёж; 10) контрольно-измерительную аппаратуру (рисунки 3.2, 3.3).



1 – присоединительное устройство; 2 – трубопровод; 3 – звенья трубопровода;
4 – ведущая тележка; 5 – дождевальная аппаратура с самоустанавливающимся механизмом; 6 – колесо; 7 – концевая заглушка

Рисунок 3.2 – Схема (фронтальный вид) дождевального крыла машины «Волжанка» (по Н. С. Ерхову)



1 – узел присоединения; 2 – трубопровод;
3 – среднеструйный дождевальная аппаратура с механизмом самоустановки; 4 – приводная тележка; 5 – опорное колесо; 6 – заглушка концевая; 7 – гидрант; 8 – фрагмент левого крыла

Рисунок 3.3 – Схема дождевальной машины «Волжанка» в плане (по В. М. Краковец)

На каждом из водоподающих трубопроводов «Волжанки» посекционно, через каждые 12,6 м по их длине (посередине отдельных трубопроводных секций – между соседствующими промежуточными опорами), размещены среднеструйные дождевальные аппараты кругового действия, оборудованные механизмами автоматической установки и фиксации аппаратов в вертикальном положении (обычно нарушаемом при перекачивании дождевальных крыльев). Количество дождевальных среднеструйных аппаратов определяется длиной (протяжённостью) крыла ($L_{кр}$) определённой модификации (типоразмера)

ДМ «Волжанка» и составляет: от 32-х аппаратов при $L_{кр} = 400$ м (ДКШ-64) до 12-ти дождевальных аппаратов при $L_{кр} = 150$ м.

Каждому типоразмеру ДМ «Волжанка» соответствуют определённые параметры и количество конструктивных элементов и соответствующие им технические характеристики и технологические параметры (таблица 3.1).

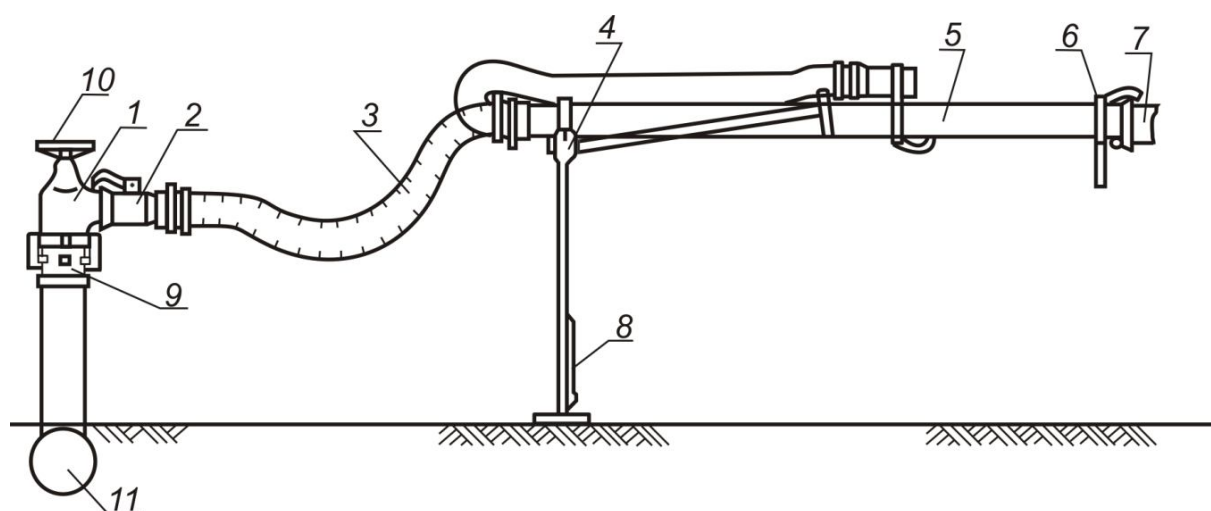
Таблица 3.1 – Технические и технологические характеристики типоразмеров ДМ «Волжанка» (по Б. Б. Шумакову)

Основные показатели	ДКШ-64-800	ДКШ-56-700	ДКШ-48-600	ДКШ-40-500	ДКШ-32-400	ДКШ-24-300	ДКШ-64-400	ДКШ-48-300
Ширина захвата дождём, м	800	700	600	500	400	300	400	300
Расход поливной воды, л/с	64	56	48	40	32	24	64	48
Давление в водоводе, МПа	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,35	0,35
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	1,44	1,26	1,08	0,90	0,72	0,54	0,96	0,72
Расстояние между гидрантами, м	18	18	18	18	18	18	24	24
Скорость движения при смене позиции, м/мин	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9
Число секций труб длиной 12,6 м	60	52	44	36	28	20	28	20
Число дождевальных аппаратов, шт.	64	56	48	40	32	24	32	24
Расход воды одним аппаратом, л/с	1	1	1	1	1	1	1	1

Присоединение каждого из дождевальных крыльев ДМ«Волжанки» к гидранту закрытой оросительной сети осуществляется посредством «колонки», телескопической трубы и гибкого шланга узла присоединения (рисунок 3.4).

Дождевальный трубопровод посекционно опирается на систему одно-размерных промежуточных колёсных опор (металлических спицевых колёс), количество которых (кратное 12,6 м) равномерно распределено по длине дождевального (поливного) крыла (так, при $L_{кр} = 400$ м в конструкции крыла предусмотрено 32 опорных («ходовых») колеса диаметром 191 см). Дополнительные опорные колёса устраиваются на крайних звеньях трубопроводов, располагаемых на расстоянии в 3 м от их конца (консоли).

Для перемещения дождевальных крыльев в середине каждого из них предусмотрено устройство самодвижущейся (ведущей) тележки с двигателем – бензиновым мотором (двигателем внутреннего сгорания мощностью 3 кВт), реверс-редуктором и цепным механизмом, передающим усилие на ведущие колёса дождевальной машины и обеспечивающих разнскоростное поступательно-возвратное перемещение дождевателя. Скорость перемещения крыльев ДМ «Волжанка» по поливному участку составляет примерно 9 м/мин.



1 – переносная колонка; 2 – патрубок; 3 – шланг; 4 – опора; 5 – труба дождевального водовода машины; 6 – подвижной хомут; 7 – концевой патрубок; 8 – резиновый хомут; 9 – запорное устройство; 10 – регулировочный вентиль; 11 – трубчатый напорный ороситель

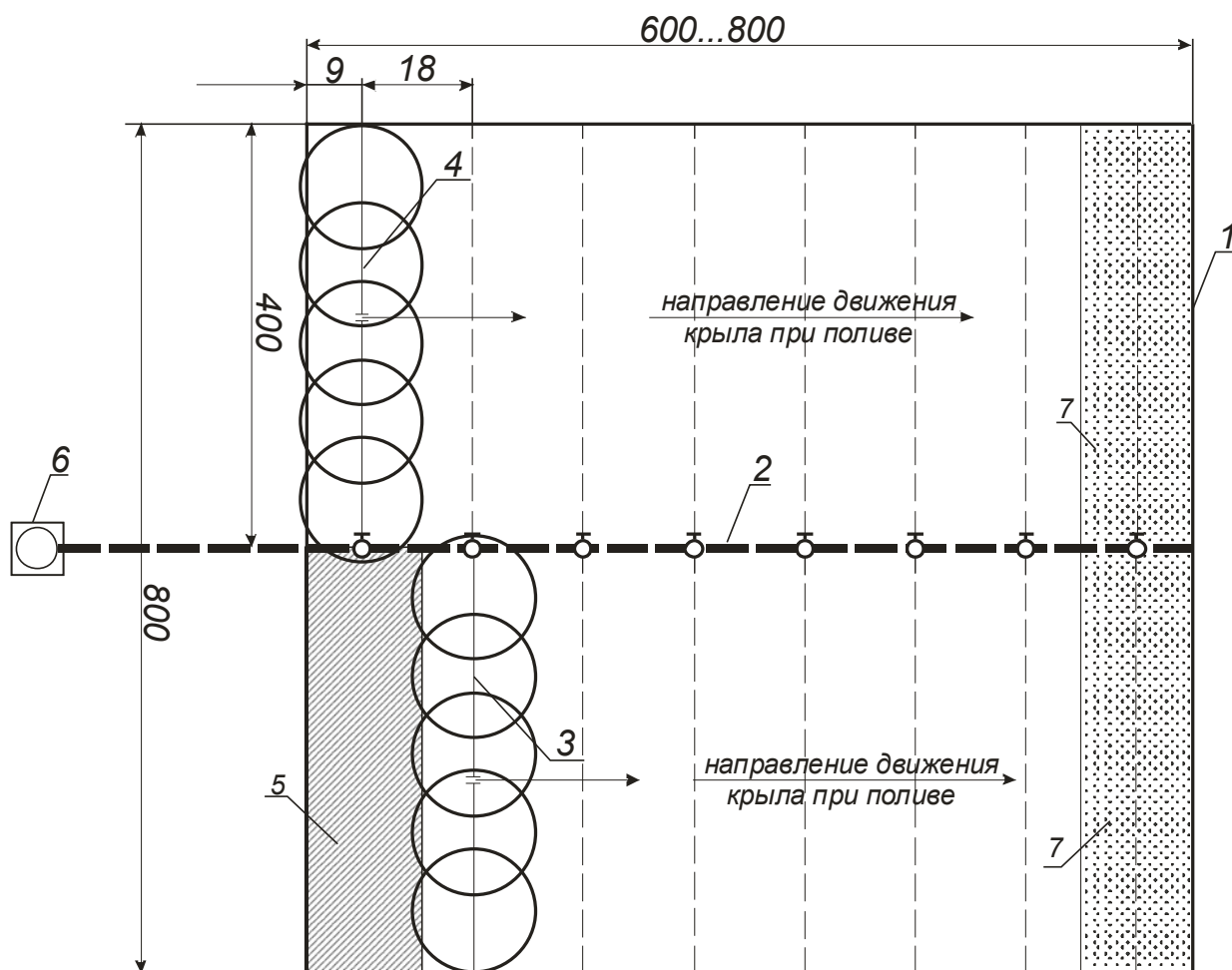
Рисунок 3.4 – Узел присоединения дождевальной машины «Волжанка» к гидранту напорной (закрытой) трубчатой оросительной сети (по В. М. Краковец)

Расход воды одного среднеструйного дождевального аппарата кругового действия составляет $q_{д/а} = 1$ л/с. При среднем давлении в водопроводящем (дождевальном) трубопроводе ДМ «Волжанка» $P_{тр} = 0,39 \div 0,40$ МПа расчётный радиус их действия (расчётный (эффективный) радиус отлёта струй (капель) искусственного дождя) составляет 9,0–11,0 м, что позволяет на одной поливной позиции формировать зону (полосу) полива (с одной позиции) протяжённостью в 18 м при средневзвешенном диаметре капель искусственного дождя $d_{кап} = 1,2 \div 1,4$ мм. Конструкция трубопровода предусматривает регулирование скорости вращения дождевальных аппаратов (1÷2 об/мин) и (или) их замену.

Протяжённость полосы однопозиционного полива (увлажнения) предопределяет кратное 18 м расположение питающих ДМ «Волжанка» гидрантов на оросительном трубопроводе (на «трубопроводном оросителе»).

В качестве базовой конструкции ДМ «Волжанка» принят её вариант – ДКШ-64 (с общим расходом $q_{д/м} = 2 q_{кр} = 2 \cdot 32 = 64$ л/с и общей шириной захвата $b_{зах} = 2L_{кр} = 2 \cdot 400 = 800$ м). При общем расходе дождевальной машины $q_{д/м} = 64$ л/с при позиционном поливе (поливе с одной позиции) одновременно поливаемая площадь (площадь дождевания) составляет – $S = b_{зах} \cdot l_{пол} = 800 \cdot 18 = 14400$ м², а средняя интенсивность искусственного дождя при $t_{пол} = 1$ мин составляет $\bar{I}_{д/ср} = 60 q_{д/м} / S = 60 \cdot 64 / 14400 = 0,267$ мм/мин (где $l_{пол}$ – длина зоны одновременного полива с одной позиции, м).

Технология работы (полива) двукрылой ДМ «Волжанка» предусматривает прямоугольную форму полей с шириной, равной ширине захвата двух крыльев дождевателя принятой(того) модификации (типоразмера). Схема поля и оросительной сети («поливного модуля») приведена на рисунке 3.5.



- 1 – граница орошаемого участка; 2 – оросительный трубопровод; 3 – первое дождевальное крыло; 4 – второе дождевальное крыло; 5 – поливаемая площадь; 6 – насосная станция; 7 – поливаемая площадь при проходе дождевальной машины до конца поливного участка

Рисунок 3.5 – Схема орошаемого участка и технологическая схема перемещения дождевальной машины «Волжанка»

Учитывая хозяйственно-экономические соображения, дождевальную машину целесообразно использовать в групповом (в количестве двух-трех машин и более) режиме работы. Пример землеустройства полей севооборота и компоновки оросительной сети под ДМ «Волжанка» приведен на рисунке 3.6.

Технология полива. Применяются различные технологические схемы исходного расположения и последующего взаимного перемещения поливных крыльев ДМ «Волжанка» при поливе орошаемого участка. Наибольшее распространение получила последовательно-параллельная схема перемещения первого и второго (левого или правого) дождевальных

крыльев машины по поливному участку вдоль одного трубчатого оросителя (см. рисунок 3.5).

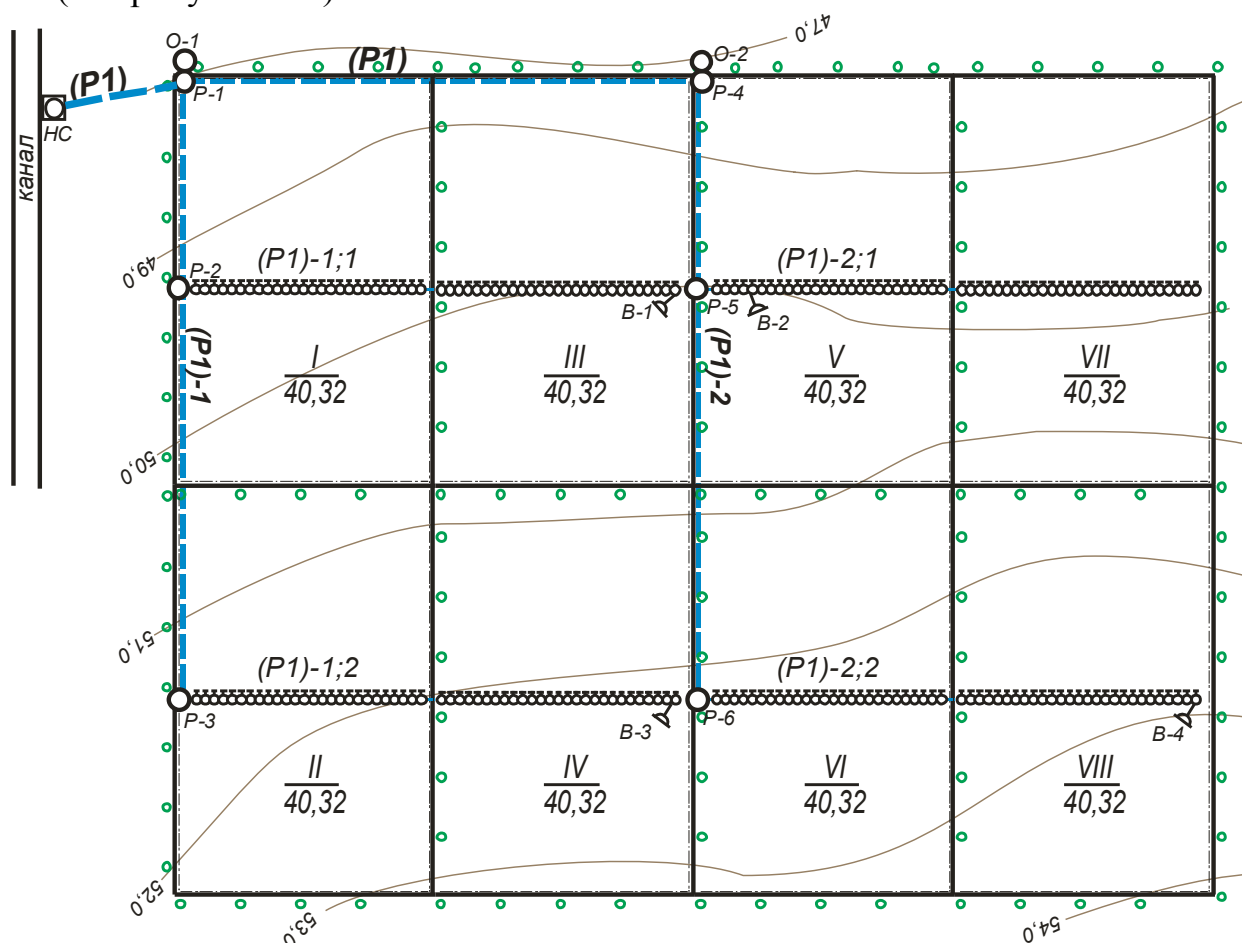


Рисунок 3.6 – Землеустроительное размещение (организация) полей (поливных участков-модулей) восьмипольного севооборота и компоновочное решение оросительной сети под дождевальную машину «Волжанка»

Обязательным условием сборки и последующего расположения крыльев ДМ «Волжанка» при перемещении и поливе является их прямолинейность и перпендикулярность дождевального трубопровода к оросительному трубопроводу. Выравнивание трубопровода в линию осуществляется после каждого перемещения каждого крыла ДМ «Волжанка» на новую поливную позицию.

Технология полива дождевальной машиной «Волжанка» заключается в последовательном выполнении нескольких нижеприведенных операций.

1 Поливной трубопровод (одно из крыльев) собирается на краю (окраине) поливаемого поля – (напротив (вблизи) первого гидранта закрытого оросителя и устанавливается в створе гидранта перпендикулярно оросителю.

2 Трубопровод собранного крыла посредством гибкого шланга и телескопического трубопровода подсоединяется к первому гидранту сети.

3 Открывается задвижка гидранта и вода под напором из оросительно-

го трубопровода поступает в поливной трубопровод первого крыла ДМ «Волжанка». При этом под давлением воды закрываются сливные клапаны и автоматически включаются в работу установленные на водоводе дождеваль-ные аппараты, осуществляющие процесс позиционного полива. Продолжи-тельность стояния ДМ «Волжанка» на одной позиции (продолжительность выдачи поливной нормы $t_{\text{пол}}$, мин) определяется из соотношения:

$$t_{\text{пол}} = N_{\text{пол.br}} / \bar{I}_{\text{д}}, \text{ мин}, \quad (3.1)$$

где $N_{\text{пол.br}}$ – поливная норма брутто (с учётом потерь поливной воды на испа-рение), мм;

$\bar{I}_{\text{д}}$ – средняя интенсивность искусственного дождя, соответствующая дождевальной машине «Волжанка» ($\bar{I}_{\text{д}} = 0,267$ мм/мин).

Поливная норма брутто составляет:

$$N_{\text{пол.br}} = k_{\text{исп}} \cdot N_{\text{пол.нт}},$$

где $k_{\text{исп}} = 1,0 \div 1,3$ – коэффициент испарения поливной воды из дождевого облака.

Полученное значение ($t_{\text{пол}}$) сопоставляется с величиной ($t_{\text{пол/доп}}$), опре-делённое по соотношению вида – $t_{\text{д/доп}}^{0,3} = \Pi / I_{\text{д/доп}}^{0,41}$ для соответствующих поч-венных, рельефных, фенологических и других условий в соответствии с реко-мендациями, приведенными в разделе 1. При превышении значения ($t_{\text{пол}}$), по-лученного по соотношению (3.1) допустимой величины ($t_{\text{пол/доп}}$), при извест-ном значении $\bar{I}_{\text{д}}$, переходят от технологии непрерывного (во времени) полива к технологии прерывистого полива с выдачей части поливной нормы после двух-, трёхчасового и более перерыва. При известном значении средней ин-тенсивности дождя при позиционном поливе дождевальной машиной «Вол-жанка» ($\bar{I}_{\text{д}} = 0,267$ мм/мин) можно установить предельные (допустимые) зна-чения продолжительности непрерывного полива ($t_{\text{пол}}$, мин) и непрерывно вы-даваемой поливной нормы ($t_{\text{пол}} \rightarrow N_{\text{пол}}$, мм) для различных почвенных, релье-фных и фенологических условий орошаемого сельскохозяйственного угодья. Значения основных технологических параметров ($N_{\text{пол}}$) и ($t_{\text{пол}}$) для условий открытого (фитонепокрытого) безуклонного поливного участка (сельскохо-зяйственного угодья) при средней интенсивности искусственного дождя, рав-ной 0,267 мм/мин, определённые по расчётным зависимостям, приведенным в разделе 1, позволяют отметить нижеследующее.

1 Полив песчаных и супесчаных почв ДМ «Волжанка» со средней ин-тенсивностью искусственного дождя равной 0,267 мм/мин, может осуществ-ляться непрерывно грузными (до 1000 м³/га) поливными нормами без огра-ничений по времени и при отсутствии стока поливной воды.

2 Непрерывный полив сельхозугодий с суглинистым почвенным по-кровом ($W_{\text{нв}} = 20$ % МСП; $V_{\text{г/ч}} = 50$ %; $v_{\text{вп/нап}} = 0,85$ мм/мин при $t_{\text{в/п}} = 60$ мин)

при $I_{\text{д/факт}} = 0,267$ мм/мин без поверхностного стока поливной воды возможен в течение 74 мин с выдачей поливной нормы (слоя искусственного дождя – слоя осадков) равной(ого) 20 мм (или $200 \text{ м}^3/\text{га}$). При необходимости выдачи бóльшей поливной нормы рекомендуется прерывистая технология полива с паузой в водоподаче в течение $0,5 \div 0,6$ час и более.

3 Фитонепокрытые безуклонные сельхозугодья на глинистых почвах (естественного сложения с начальной влажностью в $0,7 \div 0,75 W_{\text{нв}}$) дождевальной машиной «Волжанка» без оттока (стока) поливной воды при $I_{\text{д}} = 0,267$ мм/мин можно поливать только в течение 10 мин (с выдачей поливной нормы, равной 2,67 мм). Для обеспечения качественного бесстокового полива на таких почвах рекомендуется предварительное проведение агромелиоративных мероприятий, повышающих впитывающую способность почвенного слоя (поверхностное и глубокое рыхление, щелевание, бороздование, кротование и другие техно-, хемо- и фитомелиоративные мероприятия).

При превышении расчётных поливных норм ($N_{\text{пол/рас}}$) допустимых значений ($N_{\text{пол/доп}}$) применяется технология прерывистого полива поля.

1 По истечении времени полива на первой позиции (по мере выдачи определённой поливной нормы) задвижка на гидранте закрывается, открываются сливные клапаны и поливной трубопровод освобождается от воды.

2 Отсоединяется от гидранта гибкий соединительный шланг и соединительный узел крыла закрепляется на поливном трубопроводе машины.

3 Включается двигатель механизма перемещения первого крыла (центральной ведущей тележки) дождевальной машины и поливной трубопровод перемещается на следующую поливную позицию – ко второму гидранту закрытого оросителя. При занятой позиции перед началом полива двигатель ходовой тележки выключается и закрывается чехлом.

4 На второй позиции первого крыла дождевальной машины осуществляются операции по установке дождевальных аппаратов в вертикальное положение, по подсоединению поливного трубопровода ко второму гидранту оросителя, подаче в него поливной воды и проведению позиционного полива.

5 По мере отсоединения первого крыла от первого гидранта в первую рабочую позицию устанавливают второе крыло дождевальной машины; подключают его поливной трубопровод к первому (по направлению перемещения машины) гидранту посредством его гибкого шланга, открывают задвижку гидранта и осуществляют полив вторым крылом дождевальной машины.

6 Все последующие технологические операции с крыльями ДМ «Волжанка» проводятся попеременно с перемещением их с одной поливной

позиции на другую и последующим осуществлением «попозиционного» полива.

7 Попеременное и последовательное перемещение крыльев осуществляется от первого гидранта оросителя до последнего, после чего крылья дождевателя в холостом режиме перемещаются в исходную позицию (к первому гидранту) для проведения последующего полива поля.

В процессе перемещения и полива ДМ «Волжанка» выполняются промежуточные технологические операции, среди которых: операции с тормозным устройством (при фиксации стационарного положения дождевателя и его расторможения перед перемещением на новую позицию – переводе ДМ в транспортное положение); запуск и остановка двигателей ведущих тележек дождевальной машины; слив воды из дождевального трубопровода; подсоединение и отсоединение трубопровода к системе питания (гидранту оросителя); открытие и закрытие запорно-регулирующей задвижки на гидранте и регулировка напора и расхода водоподачи; выравнивание положения секций трубопровода дождевателя; регулировка скорости вращения или замена дождевальных аппаратов; заправка двигателей тележек топливом и ряд других.

Применяются различные технологические схемы перемещения дождевальной машины по поливному участку в процессе полива. Наиболее простой и распространённой схемой является схема последовательного одностороннего перемещения машины от первого гидранта к последнему с возвращением в исходную позицию её «холостым перегонем». Для этой технологической схемы полива характерны нижеприведенные недостатки: длинный холостой пробег (через весь поливной участок); обратное перемещение по мокрому (свежеполитому) полю и продолжительный нерабочий период.

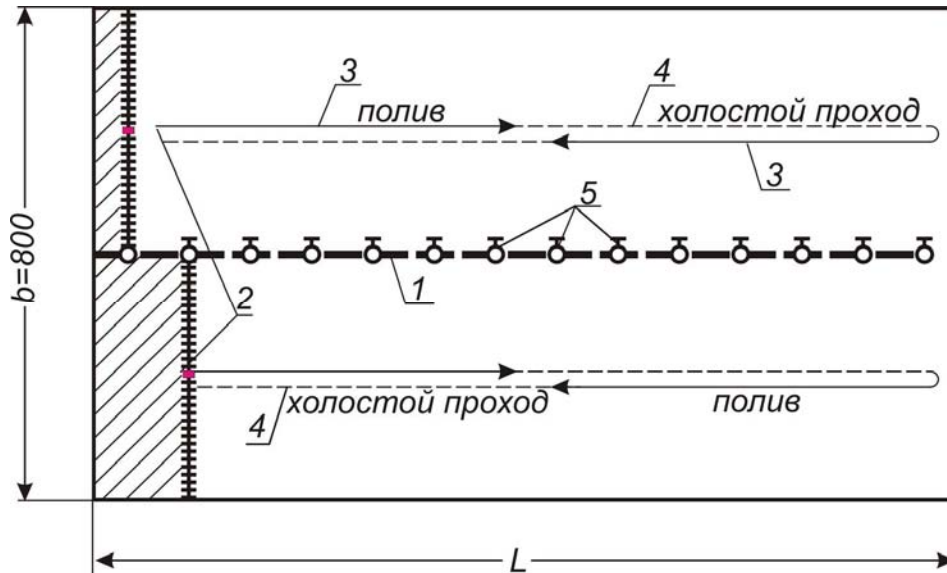
Для исключения перемещения машины по свежеполитому полю используют технологическую схему, при которой: первая половина поля поливается ходом машины с исходной позиции (от первого гидранта или от края поливного участка); затем от середины поливного участка до его конца по сухому полю осуществляется холостой пробег машины; от края поля до середины участка осуществляется полив сухого поля (во встречном (относительно предшествующего) направлении) и от середины до исходной позиции машина проходит не в поливном режиме по просушенной части поливного участка (рисунок 3.7). Применяется схема полива (без «холостых пробегов») «через гидрант» с исходной позиции, соответствующей середине поливного участка.

Производительность дождевальных машин семейства «Волжанка». Сменную (семи часовую) производительность дождевальной машины «Волжанка» $[(S_{д/м})_{см}, га]$ на предварительных стадиях расчётов при отсутствии ограничений в части продолжительности непрерывного полива при вы-

даче расчётной поливной нормы ($N_{\text{пол}} = 20 \div 60$ мм) можно определить по нижеприведенной зависимости вида:

$$(S_{\text{д/м}})_{\text{см}} = 128,25 / e^{4,5\sqrt{N_{\text{пол}}}} \cdot L_{\text{д/м}}^{0,675+0,00375 \cdot N_{\text{пол}}},$$

где $e = 2,714$ – основание натуральных логарифмов; $N_{\text{пол}}$ – поливная норма брутто, мм; $L_{\text{д/м}}$ – общая (суммарная) протяжённость (длина) двух поливных крыльев дождевальной машины «Волжанка», м;



1 – трубчатый ороситель; 2 – дождевальная машина; 3 – рабочий ход; 4 – холостой ход машины; 5 – гидранты

Рисунок 3.7 – Технологическая схема полива дождевальной машиной «Волжанка» с перемещением её по сухому полю

По Е. С. Маркову, суточная производительность ($S_{\text{сут}}$, га) дождевальной машины ДКШ «Волжанка» может быть определена по соотношению:

$$S_{\text{сут}} = 3,6 q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{сут}} \cdot k_{\text{сут}} / N_{\text{пол}_{\text{н}}} \cdot k_{\text{пот/исп}}, \text{ га},$$

где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; $t_{\text{сут}}$ – продолжительность работы (полива) в течение суток ($t_{\text{сут}} = 20$ ч); $k_{\text{сут}}$ – коэффициент полезного использования времени суток непосредственно на полив; $N_{\text{пол}_{\text{н}}}$ – средняя поливная норма нетто, м³/га; $k_{\text{пот/исп}}$ – коэффициент, учитывающий потери поливной воды на испарение (на формирование микроклимата).

Сезонная производительность ($S_{\text{сез}}$, га) ДМ «Волжанка» при круглосуточном режиме её работы может быть определена по зависимости вида:

$$S_{\text{сез}} = \left[0,75 \left(\frac{(L_{\text{д/м}})_i}{(L_{\text{д/м}})_{800}} \right)^{1,49} + 0,25 \right] \cdot \left(7200 / e^{7,45\sqrt{M_{\text{оп}}}} \right), \text{ га},$$

где $(L_{\text{д/м}})_{800}$ – рабочая длина базовой модели дождевальной машины «Волжанка» ДКШ-64-800 ($L_{\text{д/м}} = 800$ м), м; $(L_{\text{д/м}})_i$ – рабочая длина моделей ДМ «Вол-

жанка» (ДКШ-56-700 с длиной $L_{д/м} = 700$ м); ДКШ-32-400 при $L_{д/м} = 400$ м и др.; $M_{ор}$ – величина оросительного гидромодуля в диапазоне значений от 0,2 до 1,0 л/с·га.

Площадь сельхозугодья, обслуживаемая дождевальными машинами семейства «Волжанка», может быть определена с использованием вышеприведенной зависимости или по рекомендациям, приведенным Б. Г. Штепа.

Сервисное техническое обслуживание ДКШ «Волжанка» предусматривает ежемесячные, периодические, сезонные уходы, монтаж, полный или частичный демонтаж наиболее ценных элементов, консервацию и хранение технологического оборудования в соответствии с техническим регламентом (паспортом и (или) инструкцией по эксплуатации дождевальной машины).

Конструктивно ДМ «Волжанка» достаточно проста и надёжна в эксплуатации. При её использовании на спланированных сельхозугодьях возможен высокий уровень автоматизации её работы; ДМ «Волжанка» имеет широкие возможности для усовершенствования, отдельные из которых реализованы в конструктивных решениях: «ДКШ-64А», «дождевального колёсного трубопровода (ДКН)», «дождевального колёсного трубопровода «Ока» – ДКГ-80», «широкозахватной электрифицированной дождевальной машины ДФ-120 «Днепр», технико-технологические параметры по которым приведены ниже. Технические характеристики усовершенствованной модификации ДМ ДКШ-64А в сопоставлении с таковыми для ДКШ-64 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические и технологические показатели дождевальной машины «Волжанка» ДКШ-64 и ДКШ-64А

Наименование характеристики	Значение показателя по типам машин			
	ДКШ-64	ДКШ-64А	ДКШ-64А-03	ДКШ-64А-04
Ширина захвата дождём, м	800	800	600	400
Расход поливной воды, л/с	64	83÷64	60÷48	40÷32
Давление в водоводе, МПа	0,39	0,40	0,40	0,40
Интенсивность дождя, мм/мин	0,27	0,30	0,30	0,30
Расстояние между гидрантами, м	18	24÷18	24÷18	24÷18
Площадь позиционного полива, га	1,44	1,92÷1,44	1,44÷1,08	0,96÷0,72
Число дождевальных аппаратов	64	68	52	36

Повышение технологических показателей в модификации ДКШ-64А по сравнению с базовой моделью (по площади полива и расстоянию между гидрантами) отчасти обеспечивается использованием двух видов заменяемых (сменяемых) дождевальных аппаратов с диаметрами сопел, равными 7 и 8 мм. Комплектация ДКШ-64А дождевальной машины ДКШ-80 «Волжанка» предусматривает использование двух гидроподкормщиков для внесения растворимых удобрений и других агрохимических препаратов.

4 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ДНЕПР»

Названия. В известных научных, учебно-методических и справочно-энциклопедических источниках информации используется ряд названий (наименований) дождевальной машины «Днепр», среди которых: дождевальная среднеструйная многоопорная машина ДФ-120 «Днепр»; многоопорная электрифицированная дождевальная машина «Днепр»; ДФ-120 «Днепр»; ДМ «Днепр»; широкозахватная среднеструйная дождевальная машина «Днепр»; широкозахватная многоопорная электрифицированная дождевальная машина ДФ-120 «Днепр»; фронтальный дождеватель (дождеватель фронтальный) ДФ-120 «Днепр»; самоходная многоопорная дождевальная машина «Днепр»; самоходный широкозахватный дождеватель «Днепр»; «Днепр» и др.

Определения. Судя по Словарю-справочнику, используются два известных определения.

1 **Дождевальная машина «Днепр»** – широкозахватная многоопорная электрифицированная (электроприводная) самоходная среднеструйная и фронтально перемещающаяся по поливному участку дождевальная машина позиционного полива (действия) с забором поливной воды (с питанием поливной водой) из гидрантов напорной закрытой оросительной сети.

2 **Дождеватель фронтальный (ДФ) «Днепр»** – самоходный фронтально перемещающийся дождевальный напорный трубопровод позиционного полива, подсоединяемый к гидрантам закрытой напорной оросительной сети (питающийся из гидрантов закрытой напорной оросительной сети), опирающийся на систему электроприводных колёсных опор и оборудованный системой среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия.

Условия применения. Дождевальная машина «Днепр» предназначена для полива всех сельскохозяйственных («пашенных») культур, включая высокостебельные, сенокосов и пастбищ за исключением высокодревесных садов на сельскохозяйственных угодьях со «спокойным» рельефом и общим уклоном, не превышающим $i_n \leq 0,2$, на почвах со скоростью напорного впитывания $v_{\text{вп}} = 5 \div 30$ см/ч и при скорости ветра, не превышающей 5 м/с.

Виды дождевальной машины «Днепр» приведены на рисунках 4.1–4.3.



Рисунок 4.1 – Вид ДМ «Днепр» в подготовленном к поливу положении



Рисунок 4.2 – Вид дождевальной машины «Днепр» в процессе полива

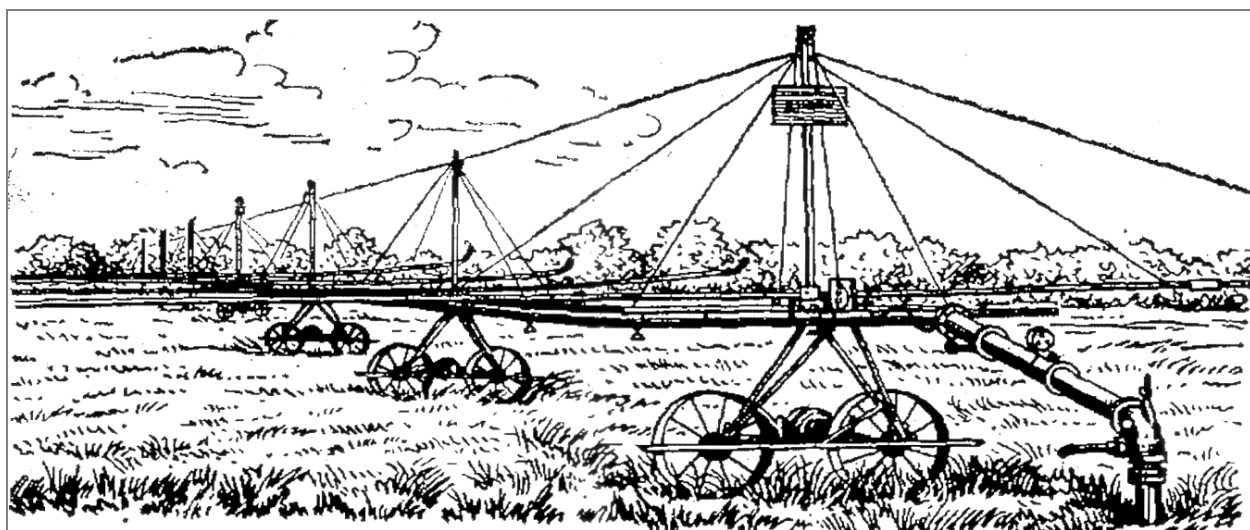
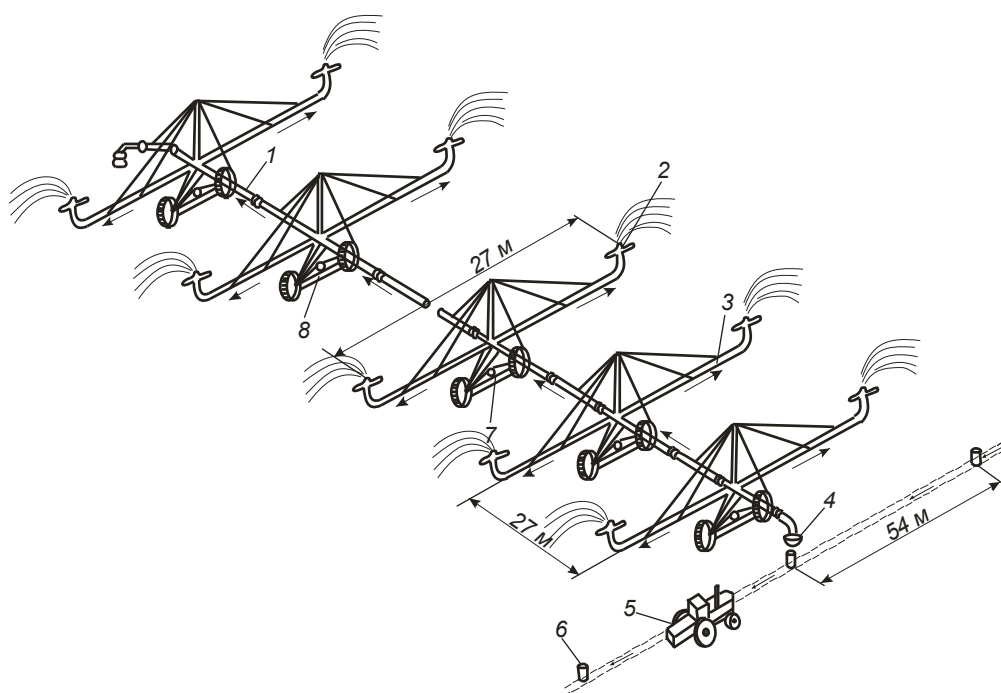


Рисунок 4.3 – Общий вид дождевальной машины «Днепр» в подготовленном к поливу положении (по Н. С. Ерхову)

Конструкция. Конструктивно дождевальная машина «Днепр» состоит из двух основных блоков – движительно-силовой части и дождевальной (поливной) части. Общеконструктивная схема ДМ «Днепр» приведена на рисунке 4.4.

Движительно-силовая часть представлена колёсным трактором и навешиваемой на него электрической станцией, которая может обеспечивать работу нескольких (группу из трех-четырех) близрасположенных ДМ «Днепр». Электрическая станция представлена трёхфазным синхронным генератором электрического тока (электрогенератором), работающим от вала отбора мощности трактора и предназначена для питания электрической энергией электродвигателей самоходных колёсных тележек дождевателя и других электрических систем дождевальной машины. Трактор используется для перемещения и обеспечения функционирования электрической станции и прицепной буксировке дождевальной машины с одного поливного участка на другой.



1 – водопроводящий («дождевальный») трубопровод; 2 – дождевальные среднеструйные аппараты; 3 – ферменные открьлки; 4 – водозаборное устройство; 5 – трактор с навесной электростанцией; 6 – гидранты оросительного трубопровода; 7 – электромоторы ходовых тележек; 8 – опорные тележки

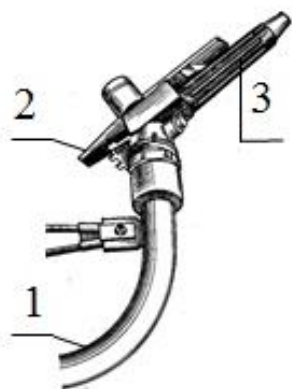
Рисунок 4.4 – Конструктивная схема дождевальной машины «Днепр» (по Н. В. Винниковой и др.)

Дождевальная (поливная) часть «Днепра» включает: водоподающий (дождевальный) трубопровод с системой трубопроводных открьлков и размещённых на них среднеструйных дождевальных аппаратов; систему самоходных электрифицированных (электроприводных) двухколёсных тележек-опор; систему синхронизации движения опорных тележек; водозаборное устройство; системы предаварийной (экстренной) остановки дождевателя; системы сигнализации и управления поливом; запорно-регулирующие средства; контрольно-измерительную аппаратуру и другие функциональные элементы.

Выполненный из фланцево соединённых девятиметровых звеньев коррозионно устойчивых труб водопроводящий («дождевальный») трубопровод, расположенный на высоте 2,1 м над поверхностью земли, опирается на систему самоходных тележек. Через каждые 27 м по длине водопроводящего трубопровода (в пределах колёсных опор) в обе его стороны и перпендикулярно к его оси устроены горизонтально расположенные тупиковые водоотводы (открьлки) длиной по 13,5 м каждый. Секционные надтележечные водоотводы-открьлки устроены с возможностью их поворота из перпендикулярного к напорному водоводу рабочего положения во вдольосевое транспортное положение (см. рисунки 4.1 и 4.3). Количество трубчатых («ферменно-трубчатых») открьлков определяется типоразмером дождевальной машины «Днепр» – протяжённостью водопроводящего («дождевального») трубопровода и соответствует удвоенному количеству

ву опорных ходовых тележек. Напорный водовод и водоотводы-открылки в горизонтальной и вертикальной плоскостях связаны с опорами, удерживающими и стабилизирующими их положение тросовыми вантами (растяжками «расчалками»).

На концах открылков размещены среднеструйные дождевальные аппараты кругового действия «Роса-3» (рисунок 4.5), а на концевых (торцевых) открылках устроены дождевальные аппараты секторного полива.



- 1 – концевая часть трубчатого водовода-открылка;
- 2 – крепление тросовой растяжки;
- 3 – дождеобразователь «Роса-3»

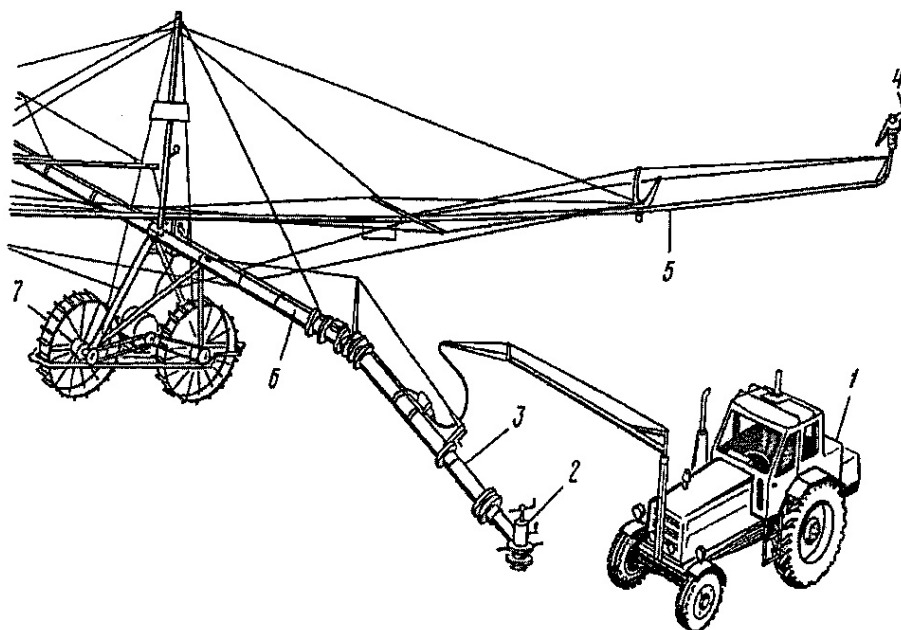
Рисунок 4.5 – Общий вид фрагмента трубчатого водовода-открылка с размещённым на нём трёхсопловым дождеобразователем (дождевальным аппаратом) кругового полива «Роса-3»

В соответствии с типоразмером ДМ «Днепр» (по количеству ходовых тележек) количество дождевальных аппаратов составляет: для 17-ти тележечной (базовой конструкции) машины (ДФ-120) количество дождевальных аппаратов кругового действия ($n_{\text{д/ап}}$) составляет 30 единиц, а для типоразмера ДФ-120-04 (13 тележек) $n_{\text{д/ап}} = 22$. Кроме этого, вне зависимости от типоразмера машины предусмотрена установка четырех дождевальных аппаратов секторного полива. Размещение среднеструйных дождевальных аппаратов полнокругового действия на открылках (патрубках) формирует геометрическую сетку их установки по квадрату с размером сторон 27×27 м.

Промежуточные опоры «Днепра» рамно-стоечной конструкции прикрепляются (закрепляются) к (на) платформе (раме) двухколёсной тележки (рисунки 4.1, 4.2). Самоходные электроприводные тележки оборудованы электромоторами-редукторами, питающимися электрической энергией от передвижной электростанции с механизмом передачи усилия на колёса. Работа механизма электропривода (включения и выключения) контролируется и управляется системой синхронизации, автоматически регулирующей включение или отключение электродвигателя-редуктора опережающей тележки, чем обеспечивается прямолинейность трубы дождевателя при его перемещении. При проявлении недопустимых изгибов водопроводящего трубопровода срабатывают системы сигнализации и предаварийной остановки функционирования дождевальной машины. Колёса опорных тележек устроены с возможностью их поворота на 90° в рабочее (перпендикулярно трубопроводу) и в транспортное (параллельное оси трубопровода) положение.

Водозаборное устройство, обеспечивающее механическое (физическое) и гидравлическое соединение напорного водовода с гидрантом оросительного трубопровода, выполнено из труб со сферическими шарнирами и имеет сливной клапан, регулирующий открытие и закрытие сливного отверстия.

В водозаборном узле ДМ «Днепр» размещена коробка подключения электро-системы дождевателя к передвижной электрической станции (рисунок 4.6).

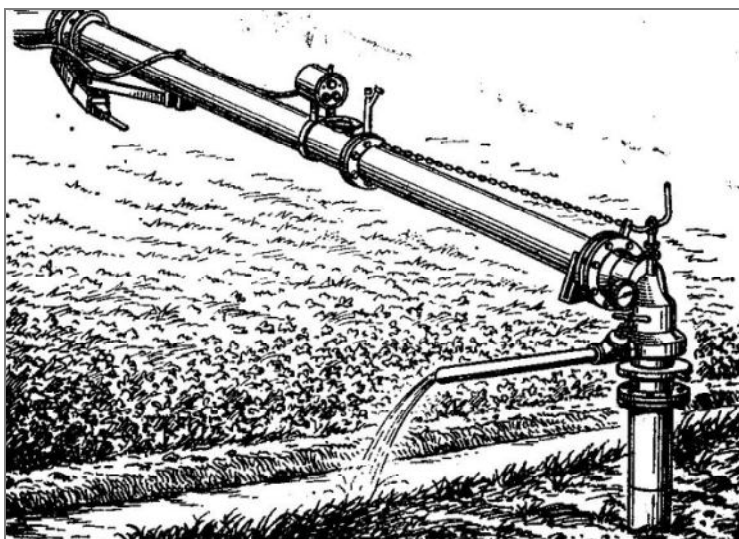


1 – тракторная электростанция; 2 – гидрант; 3 – узел соединения трубопровода с гидрантом; 4 – дождевальная машина; 5 – водовод-открылок; 6 – водопровод; 7 – опорная тележка

**Рисунок 4.6 – Приводозаборный фрагмент ДМ «Днепр»
(по Б. Б. Шумакову)**

Конструкция «Днепра» предусматривает наличие двух торцевых водозаборных устройств с возможностью подключения дождевальной машины к гидранту оросительной сети с любой стороны (любого конца) её водовода.

Водозаборный узел дождевальной машины «Днепр» предусматривает возможность слива воды из водопроводящего трубопровода (рисунок 4.7).



**Рисунок 4.7 – Общий вид водозаборного устройства
дождевальной машины «Днепр» в процессе слива воды
из водопроводящего трубопровода (по Б. Г. Штепа)**

Дождевальная машина «Днепр» буксируется трактором с одного поливного участка на другой, с переводом открылков и колёс опорных тележек в транспортное положение.

В кабине трактора предусмотрено размещение пульта дистанционного управления режимом работы электроприводов крайних тележек, системы сигнализации и других средств контроля и управления работой дождевателя.

Полив «Днепром» производится позиционно при периодическом фронтальном перемещении дождевальной машины от одного, питающего её поливной водой, гидранта напорной закрытой оросительной сети к другому.

Дождевальная машина «Днепр» выпускается в базовом исполнении (ДФ-120) и по четырём типоразмерам (от ДФ-120-01 до ДФ-120-04). Диапазоны технических характеристик и технологических параметров ДМ «Днепр», в зависимости от типоразмера, составляют: расход поливной воды $q_{д/м} = 120 \div 90$ л/с при напоре на гидранте $P_{д/а} = 0,45$ МПа и средней интенсивности дождя $\bar{I}_д = 0,29 \pm 0,05$ мм/мин; ширина и длина захвата (полосы) дождём с одной позиции $b_{зах} = 460 \div 352$ м и $l_{зах} = 54$ м; количество ходовых опорных тележек $n_{тел} = 17 \div 13$ ед.; количество среднеструйных дождевальных аппаратов – $30 \div 22$ ед. кругового действия (в зависимости от типоразмера) и четыре аппарата секторного полива (вне зависимости от типоразмера ДМ); скорость перемещения дождевальной машины при смене поливных позиций составляет 0,49 км/ч; расстояние между гидрантами – 54 м; поливаемая с одной позиции площадь составляет $2,5 \div 1,9$ га; орошаемая одной машиной площадь сельхозугодья за сезон составляет $130 \div 90$ га. Характеристики этой машины приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики и технологические параметры дождевальной машины «Днепр»

Наименование характеристики	Значение показателя по типоразмерам				
	ДФ-120	ДФ-120-01	ДФ-120-02	ДФ-120-03	ДФ-120-04
Ширина захвата, м	460	433	406	379	352
Количество опорно-ходовых тележек, ед.	17	16	15	14	13
Расход воды, л/с	120	113	106	99	92
Напор у гидранта, МПа	0,45				
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	$0,29 \pm 0,05$				
Общее количество дождевальных аппаратов, ед.	34	32	30	28	26
из них: кругового действия	30	28	26	24	22
секторного действия	4				
Поливаемая площадь за сезон, га	120 ± 10	110 ± 5	105 ± 5	100 ± 5	95 ± 5

Организация полей севооборотного участка для полива дождевальной машиной «Днепр» предусматривает учёт природно-хозяйственных усло-

вий, структуры культурооборота, размещения площадей, рельефных и почвенных условий отдельных полей и всего орошаемого массива, наличие коммуникаций и древесных насаждений, ситуационные и другие условия. Кроме этого, организация (плановая компоновка) сельскохозяйственного угодья под дождевальную машину «Днепр» при межевании (разбивке) полей севооборота предусматривает учёт технических характеристик и технологических показателей дождевальной машины, сезонную нагрузку дождевальной машины (от 90 до 130 га); необходимость устройства полей и поливных участков прямоугольной формы, одна сторона которых должна быть равна половине ширины захвата машины определённого типоразмера (от 352 до 460 м); длину поливной полосы увлажняемой машиной с одной позиции, так как размещение дождевальных аппаратов на открьлках дождевальной машины по сетке 27×27 м (дождевателей) предопределяет размещение гидрантов на оросительном трубопроводе через каждые 54 м, для соблюдения этого условия другая сторона поливного участка (поля) должна быть кратной 54 м. Схема поливного модуля приведена на рисунке 4.8.

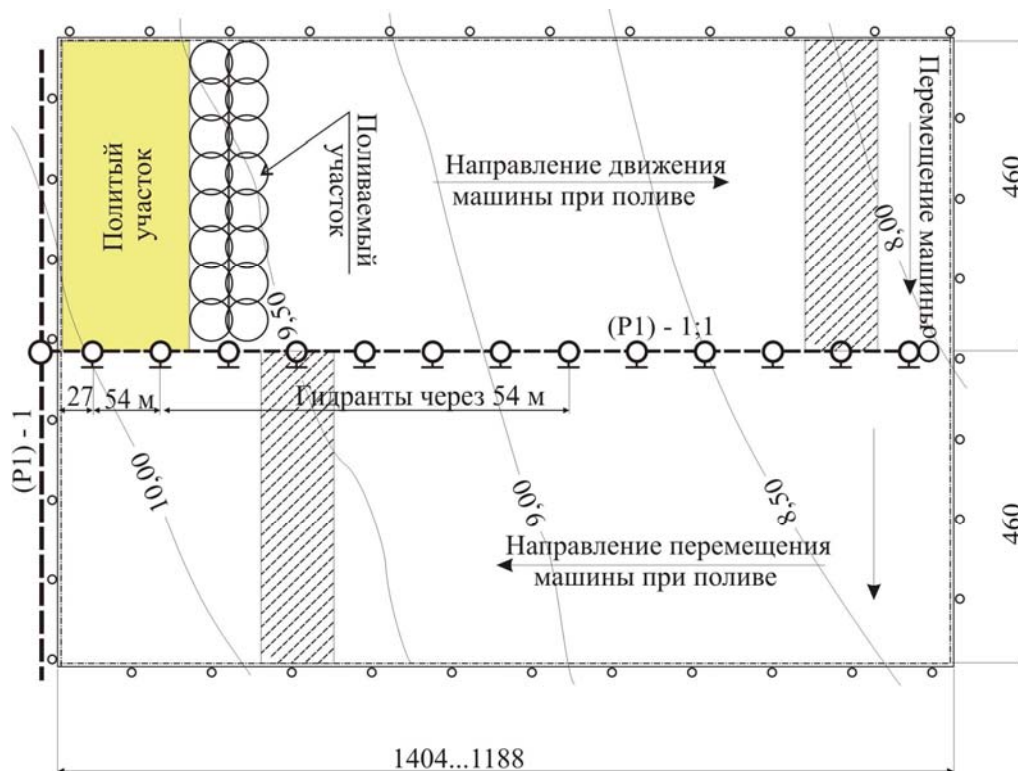


Рисунок 4.8 – Схема поливного участка (модуля) под дождевальную машину «Днепр»

Поливной модуль под ДМ «Днепр» по рисунку 4.8 предусматривает деление его оросителем на две равные части, площадь каждой из частей принимается равной половине сезонной нагрузки машины, соответствующей принятому её типоразмеру, в свою очередь определяемому размерами поля.

При определении размеров поливного участка (модуля) одну его сторону принимают равной длине её дождевателя, определяемой количеством опорных ходовых тележек (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Технические характеристики дождевальной машины «Днепр»

Типоразмер машины	ДФ-120	ДФ-120-01	ДФ-120-02	ДФ-120-03	ДФ-120-04
Количество опорных тележек, ед.	17	16	15	14	13
Ширина захвата дождём, м	460	433	406	379	352
Сезонная производительность, га	120 ± 10	110 ± 5	105 ± 5	100 ± 5	95 ± 5

Длина другой стороны поливного участка принимается кратной расстоянию между гидрантами на оросительном трубопроводе равному 54 м.

При проектировании орошаемого массива рекомендуется учесть, что один трактор с навесной электростанцией и один оператор-тракторист может обслуживать три-четыре одновременно работающих дождевальных машины. Пример орошаемых севооборотов, обеспечивающих их полив ДМ «Днепр», оросительной сети и другой инфраструктуры, приведен на рисунке 4.9.

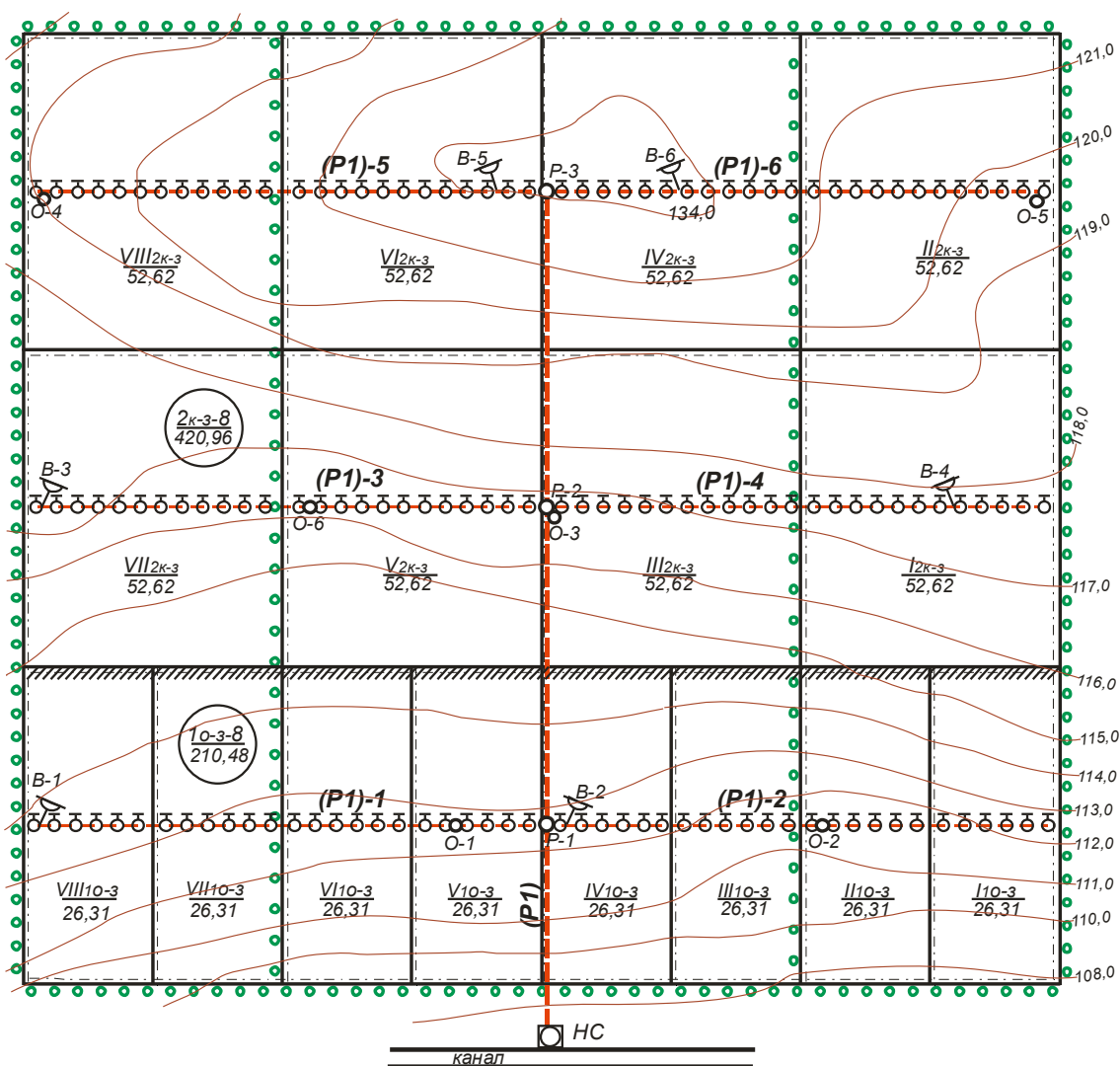


Рисунок 4.9 – План севооборотных участков и оросительной сети для полива дождевальной машиной «Днепр»

Параметры и технология полива. Технология перемещения ДМ «Днепр» с одной позиции на другую предусматривает параллельное перемещение с нею трактора и реализуется выполнением ряда операций: 1) перекрытие задвижки на гидранте (с уменьшением давления в трубопроводе автоматически открываются сливные клапаны и водовод освобождается от воды); 2) подсоединяется силовой кабель электростанции к электросети поливного крыла машины и к системам управления движением опорных тележек; 3) отсоединяется заборное устройство от гидранта оросительной сети и устанавливается в транспортное положение; 4) трактор и тележки приводятся в движение и при необходимости осуществляется управление движением крайних (1-й и 17-й) опор; 5) по подъезду машины в створ следующего гидранта на нём закрепляется водозаборное устройство; 6) открывается задвижка с одновременным контролем давления в водоводе (до 4,5 атм); 7) отключаются электросиловые кабели и линии систем управления; 8) производится полив части поля с очередной позиции. По мере осуществления полива на одном поливном участке дождевальная машина перемещается на следующий «модуль» или в головную часть ранее политого участка для проведения очередного полива закреплённого за одной дождевальной машиной поля.

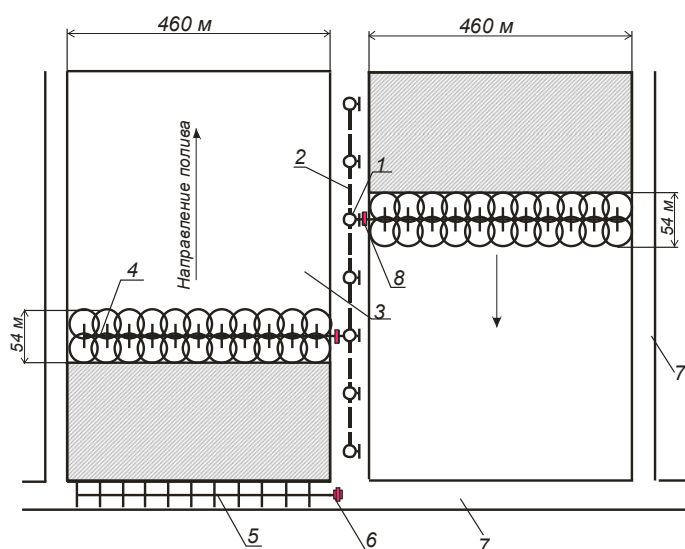
Продолжительность водоподачи (стояния машины) на одной позиции ($t_{\text{пол}}$, мин) определяется поливной нормой и устанавливается из соотношения:

$$t_{\text{пол}} = N_{\text{пол}} / \bar{I}_{\text{д/ср}},$$

где $N_{\text{пол}}$ – поливная норма в мм; $\bar{I}_{\text{д/ср}}$ – средняя интенсивность дождя, мм/мин ($\bar{I}_{\text{д/ср}} = 0,29$ мм/мин). Значение $t_{\text{пол}}$ (продолжительности непрерывной подачи воды на одной позиции – $t_{\text{в/п}}$) сопоставляется с допустимой его величиной для соответствующего вида почвы и условий ($t_{\text{пол/доп}}$) по соответствующей методике, приведенной в разделе 1 (по примеру с ДМ «Волжанка»). При $t_{\text{пол}} > t_{\text{пол/доп}}$ принимается решение о прерывистой подаче поливной воды или прибегают к снижению поливной нормы (поливом частью поливной нормы с дополивом при повторном проходе машины).

При поливе модулей применяются различные технологические схемы перемещения дождевателя по поливному участку, наибольшее распространение среди которых получила схема челночно-последовательного полива перемещением крыла дождевальной машины вдоль оросителя по рисунку 4.10.

Отметим, что при поливе дождевальной машиной «Днепр» имеет место сверхнормативная неравномерность выдачи поливной нормы по мере удаления зоны полива от трубопровода (от дождеобразующих аппаратов). Интенсивность, создаваемого этой дождевальной машиной, дождя возрастает от 0,2 до 0,35 мм/мин, при этом выделяются зоны крупно-, средне- и мелкокапельного искусственного дождя, что необходимо в перспективе устранить.



1 – гидрант; 2 – оросительный трубопровод; 3 – поливаемая площадь с одной позиции (460×54 м); 4 – дождевальная машина «Днепр» во время полива; 5 – то же, во время переезда на другой участок полива; 6 – трактор; 7 – полевая дорога; 8 – электростанция, навешенная на трактор

Рисунок 4.10 – Технологическая схема работы ДФ-120 (по Н. С. Ерхову)

Производительность базовой модели ДМ ДФ-120 «Днепр» по поливу сельхозугодий определяется на уровне часа, смены, суток и сезона.

Поливаемая площадь ($S_{\text{час}}$, га) за 1 час («чистой») работы (полива) при условии непрерывного дождевания зависит от величины поливной нормы и может быть определена по зависимости:

$$S_{\text{час}} = 21956 / e^{6,851 \sqrt{N_{\text{пол/бр}}}}, \text{ га.}$$

Сменная (семичасовая) производительность ($S_{\text{см}}$, га) дождевальной машины ДФ-120 «Днепр» на предварительной стадии расчётов может быть установлена из соотношения вида:

$$S_{\text{см}} = 23914 / e^{5,810 \sqrt{N_{\text{пол/бр}}}}, \text{ га.}$$

Сезонная производительность дождевальной машины ДФ-120 «Днепр» при круглосуточном поливе сельхозугодья ($S_{\text{сез}}$, га) определяется по зависимости:

$$S_{\text{сез}} = 1462531 / e^{1010 \sqrt{M_{\text{ор}}}}, \text{ га,}$$

где $M_{\text{ор}}$ – расчётное значение оросительного гидромодуля в диапазоне его изменения от 0,2 до 1,0 л/с·га.

Суточная (двух- или трёхсменная) производительность может быть определена по зависимости вида

$$S_{\text{сут}} = 3,6 q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} / k_{\text{пол/исп}} \cdot N_{\text{пол}},$$

а сезонная поливная площадь по формуле:

$$S_{\text{сез}} = (86,4 q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{ор}} \cdot k_{\text{сез}} \cdot k_{t, \text{ссу}}) / (N_{\text{пол.с/в}} \cdot k_{\text{пот.исп}})$$

при соответствующих значениях входящих в эти зависимости параметров и коэффициентов.

5 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ОКА»

Названия. В известных источниках информации используются различные названия дождевальной машины «Ока», среди которых: дождевальная машина ДКГ-80 «Ока»; дождеватель «Ока»; дождевальный колёсный трубопровод ДКГ-80 «Ока»; дождеватель колёсный гидроприводной ДКГ-80 «Ока»; ДМ «Ока»; дождеватель колёсный гидравлический ДКГ-80 «Ока»; дождеватель колёсный с гидроприводом; ДКГ-80 «Ока»; самоходный дождевальный трубопровод позиционного действия (ДКГ-80); колёсный гидрофицированный дождеватель ДКГ-80 «Ока»; ДМ ДКГ-80 «Ока» и ряд др.

Определения. 1 Дождевальная машина «Ока» – широкозахватная многоопорная самоперемещающаяся (самоходная) гидроприводная («гидродвигательная») дождевальная машина позиционного действия с фронтальным перемещением по поливному участку, питающаяся поливной водой от гидрантов напорной оросительной сети, обеспечивающая полив посредством системно расположенных на напорном трубопроводе среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия с управляемым режимом работы.

2 Дождеватель колёсный гидроприводной ДКГ-80 «Ока» – питающийся поливной водой из гидранта закрытой напорной оросительной сети дождевальный колёсный трубопровод, опирающийся на систему колёсных опор с центральной ведущей тележкой и размещённом на ней гидроприводным механизмом (гидродвигателем), обеспечивающим фронтальное перемещение дождевателя по поливному участку и обеспечивающий позиционный дождевой полив сельхозугодий посредством системы среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия с управляемым режимом работы.

Условия применения. Дождевальная машина «Ока» предназначена для полива всех видов низкостебельных (с высотой стебля до 0,9 м) сельскохозяйственных культур на полевых угодьях с общим уклоном до 0,02 и почвенным покровом, характеризующимся скоростью напорного впитывания воды в пределах от 5 до 30 см/час при скорости ветра не превышающей 5 м/с, во всех природно-климатических зонах ведения орошаемого земледелия.

Конструкция ДМ «Ока» состоит из: двух автономно функционирующих дождевальных трубопроводов (дождевальных крыльев) перемещающихся на жёстко соединённых с ними (на высоте 0,9 м) колёсных опорах; управляющего трубопровода; центральных (срединных) гидроприводных тележек; узла присоединения трубопровода к гидранту оросительной сети; систем контроля и управления работой машины; системно расположенных дождевальных аппаратов и других элементов крепления (рисунки 5.1–5.3).

Центральные ведущие (самоходные) тележки, обеспечивающие межгидрантное (от гидранта к гидранту) и свободное (вдольучастковое) перемещение (перекатывание) крыльев дождевального (водопроводящего) трубопровода с одной позиции на другую, оборудованы гидроприводными механизмами (гидродвигателями). Работа гидродвигателей обеспечивается подачей в исполнительный механизм (поршневой цилиндр двустороннего дейст-

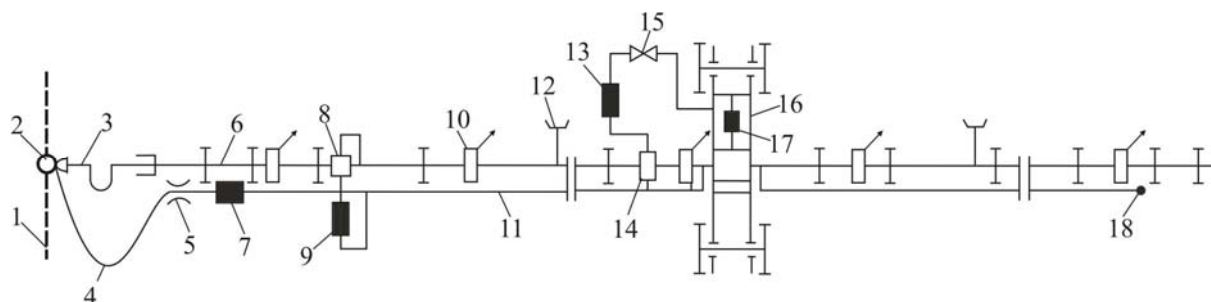
вия) поливной воды под определённым напором посредством размещённого вдоль основного водовода (трубопровода) «управляющего трубопровода».



Рисунок 5.1 – Вид фрагмента дождевальной машины «Ока» в процессе межпозиционного перемещения



Рисунок 5.2 – Вид фрагмента дождевальной машины «Ока» в процессе полива



1, 6, 11 – закрытый, дождевальный и управляющий трубопроводы; 2 – гидрант;
3 – узел присоединения; 4 – питающая секция; 5, 9 – механизм самоустановки, клапан включения и привод клапана управляющего трубопровода; 7 – привод клапана механизма самоустановки; 8 – переключатель групповой работы дождевальных аппаратов;
10 – дождевальный аппарат с механизмом самоустановки; 12 – противоветровые тормоза;
13, 18 – клапаны гидропривода и сливной; 14 – переходная муфта; 15 – вентиль;
16 – ведущая тележка; 17 – гидропривод тележки

Рисунок 5.3 – Конструктивная схема дождевателя ДКГ-80 «Ока»

На водопроводящем трубопроводе предусмотрены водосливные отверстия перекрывающиеся, автоматически действующими, сливными клапанами.

По четырехсот метровой длине каждого дождевального трубопровода (крыла) равномерно по длине водовода размещены среднеструйные дождевальные аппараты кругового действия с механизмами их самоустановки в вертикальное положение. Трёхсопловые (с разноразмерными диаметрами сопел 16, 7 и 4 мм) среднеструйные полноповоротные дождевальные аппараты управляются оператором или автоматически с пульта, размещённого на пригидрантном торце водоподающего трубопровода. Дождевальные аппараты («Роса-3») функционируют поочерёдно и периодически двумя группами (чётные или нечётные, т. е. через один), включаемыми в работу программатором подающим импульсы давления к соответствующим гидроуправляемым клапанам (переключателям) по управляющему трубопроводу. Продолжительность периодической работы каждой (чётной или нечётной) группы дождевальных аппаратов этой дождевальной машины составляет 15÷30 мин.

Дождевальный трубопровод питается поливной водой из гидрантов оросительной сети. Механическое и гидравлическое соединение водопроводящего трубопровода с гидрантом осуществляется посредством узла присоединения, состоящего из трубопроводной колонки и гибкого шланга (рисунок 5.3). Технические характеристики и технологические параметры дождевальной машины «Ока» по трём её типоразмерам приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики и технологические параметры дождевальной машины «Ока»

Наименование характеристики	Значение показателя по типоразмерам дождевальной машины		
	ДКГ-80	ДКГ-80-01	ДКГ-80-02
Ширина захвата дождём (ширина поливной полосы), м	800	600	400
Расход поливной воды, л/с	100	75	50
Давление (напор) на гидранте, МПа	0,5		
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,21		
Средний диаметр капель дождя, мм	1,0 ± 0,1		
Расстояние между позициями (гидрантами), м	36,0		
Сезонно орошаемая площадь, га	95 ± 5	75 ± 5	50 ± 5
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	2,88	2,16	1,44
Количество дождевальных аппаратов, ед.	16	12	8

Расход воды, поступающий в одно дождевальное крыло, составляет 50 л/с и распределяется на восемь дождевальных аппаратов с расходом до 6,3 л/с, что позволяет создать длину увлажняемой полосы (захвата дождём) до 36 м.

Скорость перемещения дождевальной машины при смене позиций (от одного гидранта к другому), в зависимости от рельефных условий и состояния (плотности) почвенного покрова, составляет 3,5÷9,0 м/мин.

Параметры поливных участков, размеры и расположение полей в севообороте принимаются с учётом топографических, ситуационных и хозяй-

ственно-экономических условий. При землеустройстве севооборотов и полей учитываются параметры дождевальной машины по линейным размерам и сезонно-поливаемой площади и то обстоятельство, что один оператор может обслуживать две-три одновременно используемых машины на близрасположенных полях. Фронтальное перемещение дождевателя предопределяет прямоугольную конфигурацию полей (поливных модулей). Схема поливного модуля (участка) и режима (схемы) фронтального перемещения дождевальных крыльев ДМ «Ока» в его пределах приведена на рисунке 5.4.

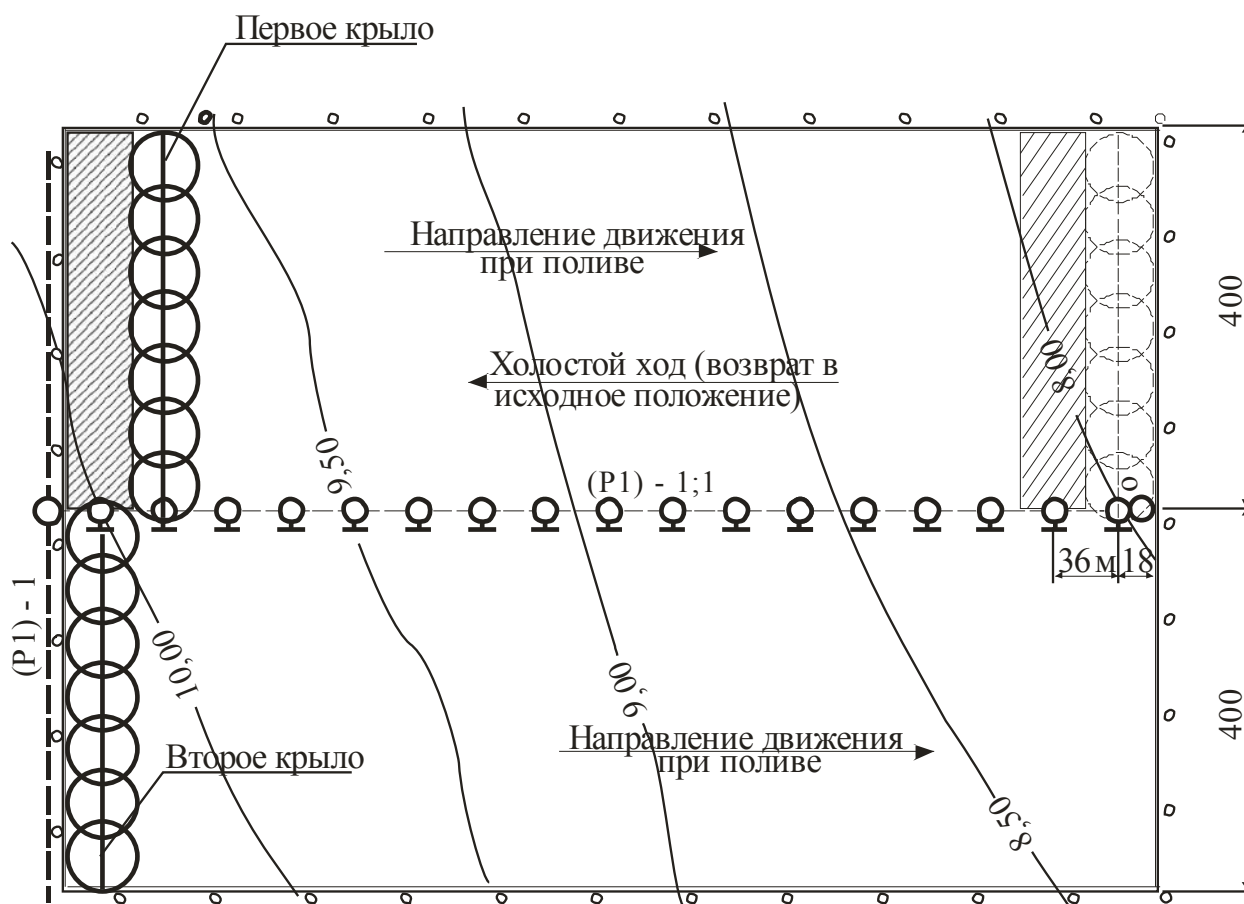


Рисунок 5.4 – Схема поливного модуля и режима перемещения дождевальных крыльев ДМ «Ока»

При организации полей и поливных участков прямоугольной формы протяжённость (длину) одной стороны поля принимают равной длине дождевального крыла, а длину другой стороны – кратной расстоянию между гидрантами оросительного трубопровода, составляющему для ДМ «Ока» 36 м.

Пример устройства полей (угодий) и оросительной сети на севооборотном участке под дождевальную машину «Ока» приведен на рисунке 5.5.

Технологическая схема работы ДМ «Ока» состоит из операций по: установке машины на первую (исходную) поливную позицию; проведению полива; перемещению дождевальных крыльев от одного гидранта к другому и холостого перегона машины с конца поливного участка к его началу для проведения последующего полива. Продолжительность стояния на одной позиции при выдаче расчётной (заданной) поливной нормы определяется с учё-

том почвенных характеристик (скорости безнапорного впитывания почвой поливной воды); топографических (по величинам уклонов поливного участка) и фенологических (по покрытию поверхности земли растительностью) условий по методике, рассмотренной на примере ДМ «Волжанка».

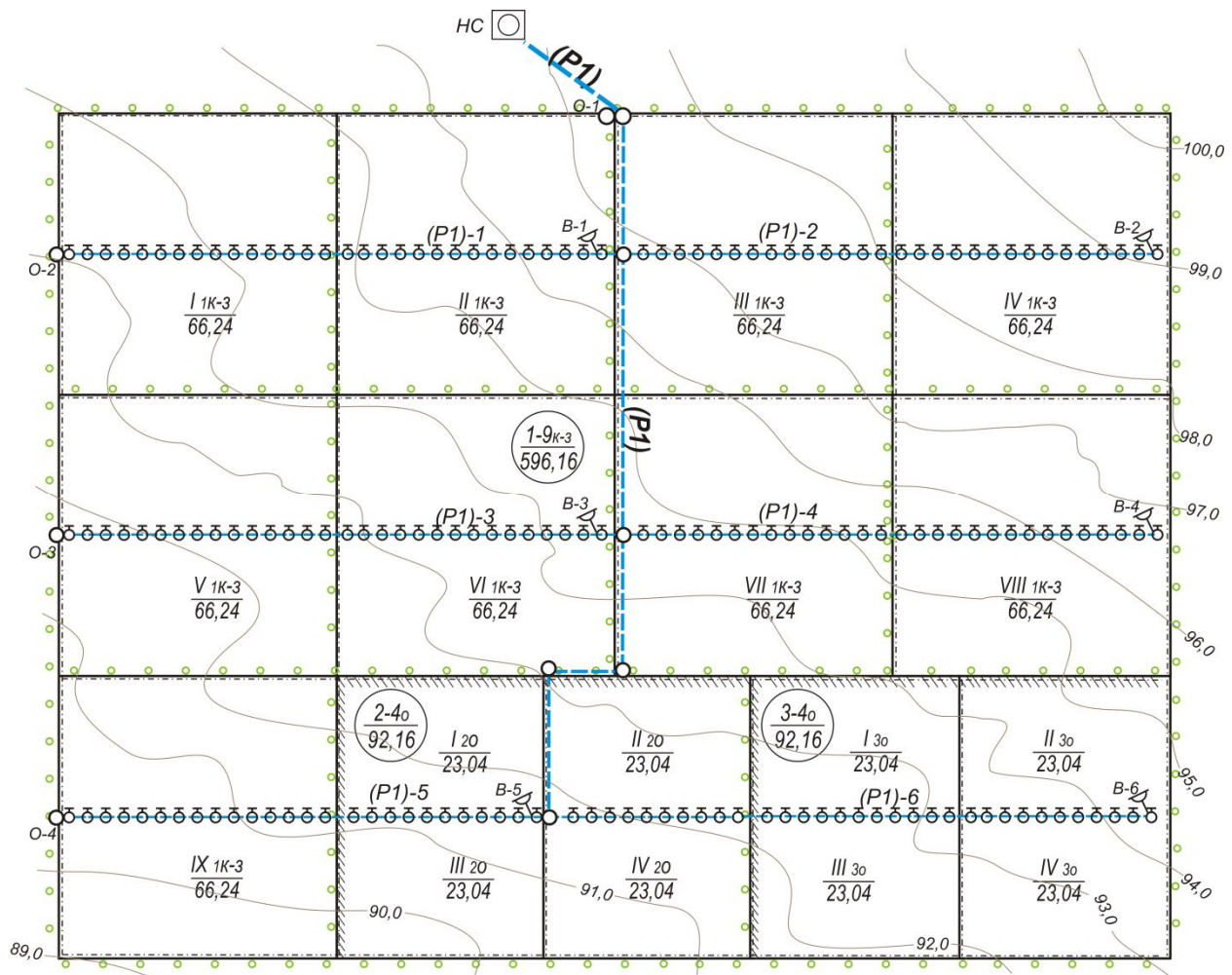


Рисунок 5.5 – План орошаемого массива и оросительной сети под дождевальную машину «Ока»

ДМ «Ока» (ДКГ-80) с интенсивностью искусственного дождя равной 0,208 мм/мин допустимо осуществлять без стокообразования непрерывный позиционный полив фитонепокрытых слабоуклонных ($i_n \leq 0,001$) сельскохозяйственных угодий (зябь, пашню или чёрный пар) с почвенным покровом, представлены: а) песчаными почвами (с показателями – $W_{\text{НВ}} = 4,0$ % МСП, $W_{\text{г/ч}} = 5$ % и $v_{\text{вп/нап}} = 3,0$ мм/мин) в течение $t_{\text{пол/доп}} = 376$ мин с выдачей поливной нормы равной 78,2 мм; б) супесчаными почвами (характеризуемыми показателями – $W_{\text{НВ}} = 12$ % МСП, $W_{\text{г/ч}} = 15$ % и $v_{\text{вп/нап}} = 1,7$ мм/мин) в течение $t_{\text{пол/доп}} = 250$ мин с допустимой поливной нормой $h_{\text{пол/доп}} = 52$ мм; в) суглинистыми почвами (с показателями $W_{\text{НВ}} = 20,0$ % МСП, $W_{\text{г/ч}} = 50$ % и $v_{\text{вп/нап}} = 0,85$ мм/мин) в течение $t_{\text{пол/доп}} = 78$ мин с допустимой нормой полива $h_{\text{пол/доп}} = 16,2$ мм (162 м³/га).

6 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА ДДА-100МА

Используемые названия: двухконсольный дождевальный агрегат; ДДА-100МА; двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА; агрегат ДДА-100МА; мобильный двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100 (ДДА-100М и ДДА-100МА); дождевальный агрегат ДДА-100МА; дождевальная машина ДДА-100МА; короткоструйная дождевальная машина ДДА-100МА, ДМ-ДДА-100МА и другие. Базовой моделью семейства двухконсольных дождевальных машин с тракторной опорой-двигателем поливающих позиционно и в движении с забором воды из открытого грунтового оросительного канала является двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100 и ДДА-100М, первые конструктивные решения которого были предложены и реализованы в 1939–1940 годах отечественным инженером М. С. Яншиным.

Определение. Дождевальная двухконсольная машина ДДА-100МА («дождевальный двухконсольный агрегат – ДДА-100МА») – короткоструйная, фронтально перемещающаяся по поливному участку и поливающая в движении дождевальная машина, дождевальная («поливной») агрегат которой выполнен в виде двукрылой ферменной конструкции, навешиваемой на трактор (как самоходную перемещающуюся опору, насосно-силовую, и движительную энергетическую установку) с двух его боковых сторон, питающуюся поливной водой из открытых грунтовых канальных оросителей и распределяющая оросительную воду в виде искусственного дождя, формируемого короткоструйными разноразмерными дождевальными насадками кругового действия, системно расположенными на водоводах дождевальных ферм и концевыми среднеструйными дождевателями (аппаратами).

Условия применения. Дождевальная машина ДДА-100МА предназначена для полива овощных, кормовых, технических и зерновых сельскохозяйственных культур с высотой стеблестоя менее 2 м, ягодников, плодовых питомников, сенокосных и пастбищных сельхозугодий во всех природно-климатических зонах их культивирования, в которых почвенно-климатические и гидрогеологические условия позволяют осуществлять надземный дождевой полив с высокой интенсивностью искусственного дождя самоперемещающимися поливными агрегатами с высокой (весовой) нагрузкой на поверхность их перемещения и на спланированных орошаемых участках (сельхозугодьях), допускающих устройство (малоуклонной – при уклоне менее 0,005) открытой (канальной) водоподающей оросительной сети (грунтовых оросителей, являющимися источником питания этой машины поливной водой) и не имеющих препятствий для прохождения крупных ферменных конструкций с шириной захвата (разворота), составляющей 110 м.

Дождевальная машина (двухконсольный дождевальная агрегат) может эксплуатироваться при скорости ветра до 6 м/с на сельскохозяйственных угодьях с почвенным покровом толщиной в 0,5÷1,5 м со скоростью напорного впитывания поливной воды в почву, составляющей 10÷30 см/ч за первый час стояния слоя воды и глубиной грунтовых вод, превышающей 1,5 м.

Конструкция. Дождевальная двухконсольная машина ДДА-100МА состоит из двух базовых элементов – дождевального (поливного) агрегата и обеспечивающего его функционирование движителя – трактора, а также из комплекса вспомогательного оборудования, средств контроля и управления. Общий вид дождевальной машины при поливе приведен на рисунке 6.1.



а) с дождевальной насадкой, обращённой вверх;
б) с дождевальной насадкой, обращённой вниз

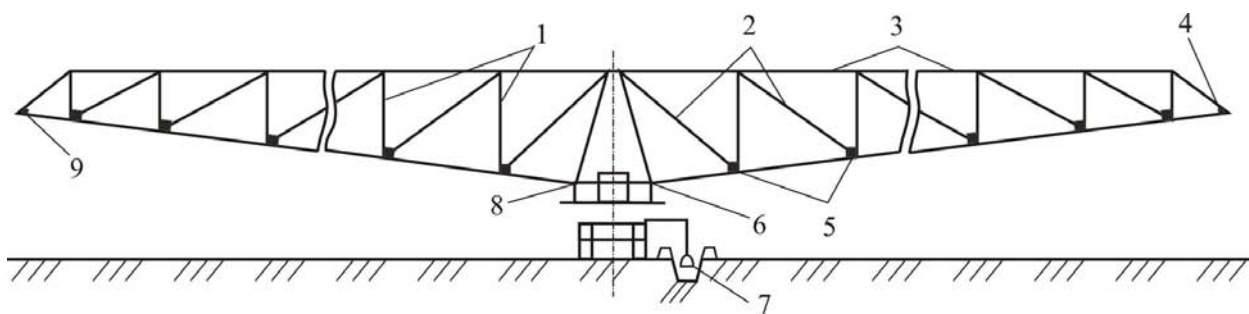
Рисунок 6.1 – Общий вид дождевальной машины ДДА-100МА

Движителем (самоходной энергетической установкой и опорой для дождевальных крыльев – консолей дождевальной машины ДДА-100МА) является гусеничный трактор мощностью в $75 \div 100$ л.с. с «ходоуменьшителем», позволяющим регулировать скорость перемещения дождевальной машины при поливе в широком диапазоне скоростей. Трактор (в составе дождевальной машины) является самодвижущейся (самоперемещающейся) центральной опорой поливной части дождевального агрегата, а его двигатель не только обеспечивает перемещение дождевальной машины, но и является источником энергии для работы насосно-силового оборудования дождевального агрегата и других её функциональных (двигательной, подъёмно-поворотной, осветительной, гидравлической и электрической) систем. Для размещения и закрепления поливных элементов в тыльной части (с тыльной стороны) трактора предусмотрена физически и функционально связанная с ним платформа (рама) с узлами крепления, соединения, размещения и присоединения функциональных элементов дождевального агрегата.

Дождевальная (агрегатируемая с трактором) часть машины включает: обеспечивающую забор воды из оросительного канала насосно-силовую установку; навешиваемую на трактор (агрегатируемую с трактором) и закрепляемую на специальной платформе (раме) двукрылую пространственно-ферменную конструкцию («дождевальную («дождеполивную») ферму»); гидроподкормщик; соответствующую дождевально-поливную арматуру (дождевальные насадки); средства регулирования, управления и контроля.

Насосно-силовое(ая) оборудование (установка) включает: соединённый (через вал отбора мощности (редуктор) с тракторным двигателем центробежный насос; заливочное устройство; гибко соединённую с насосом всасывающую линию, оборудованную поплавковым водозаборным оголовком; напорную линию насоса; запорно-регулирующие устройства (элементы) и контрольно-измерительную аппаратуру (манометр и «расходомер–водомер»).

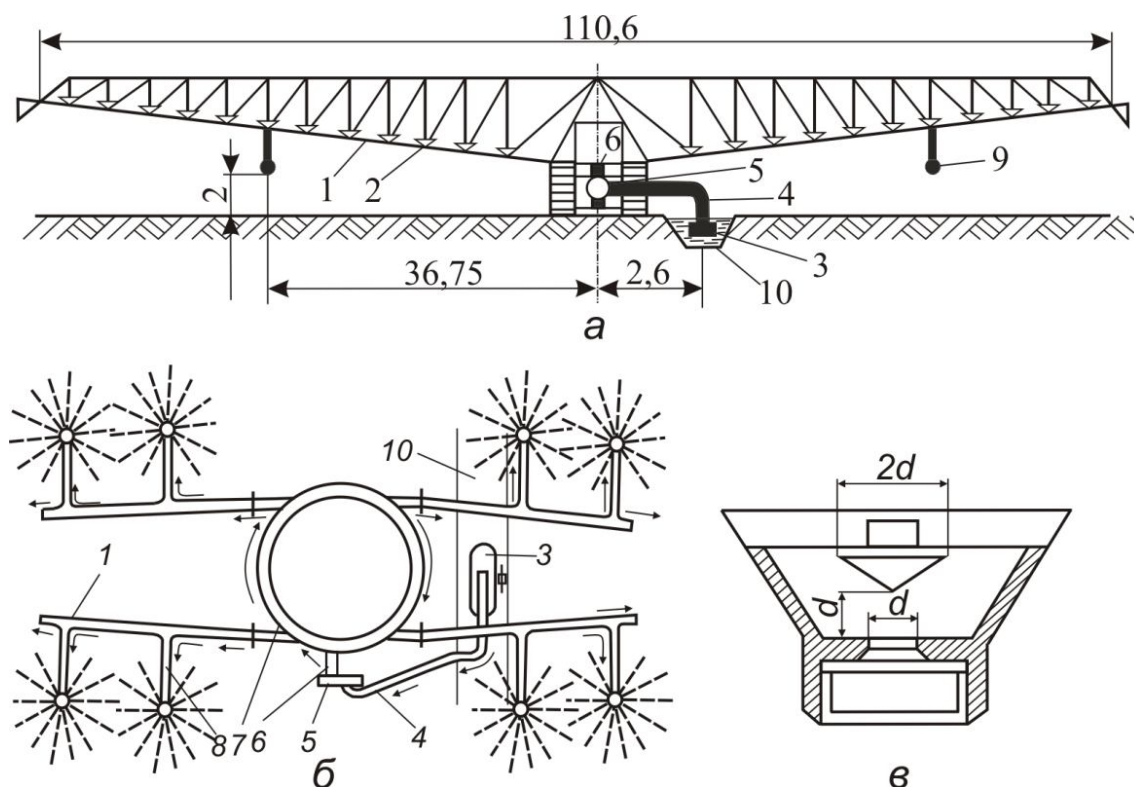
Поливная («дождеполивная») часть дождевального агрегата представляет собой навешиваемую и закрепляемую на тракторной платформе двукрылую (двухконсольную) пространственную трубчато-стержневую ферменную конструкцию (ферму), имеющую (в поперечном сечении) форму равнобедренного треугольника с вершиной, обращённой вверх. Дождевальные (поливные) консоли (крылья) физически закрепляются и функционально соединяются с движителем в узлах крепления тракторной платформы на высоте 1,5 м (с возможностью регулирования их положения по высоте и в плане) от поверхности земли и в рабочем положении располагаются перпендикулярно, а в транспортном состоянии – параллельно боковым сторонам трактора. Общая схема дождевального агрегата приведена на рисунке 6.2.



- 1 – стойки; 2 – раскосы; 3 – обвязка; 4 – концевая обвязка; 5 – дождевальные насадки;
6 – домкрат; 7 – плавучий поплавковый водозабор (водозаборное устройство);
8 – поворотный круг; 9 – концевая насадка

Рисунок 6.2 – Схема двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100МА (по Б. Б. Шумакову)

Высота расположения нижней (низовой) обвязки поливных крыльев (ферм) над поверхностью земли по мере удаления консоли (крыльев) от тракторной опоры увеличивается от 1,5 до 3,5 м. Протяжённость (левой и правой) дождеполивных консолей от точки их закрепления до их конца составляет 55 м. Крылья дождевального агрегата в пределах тракторной опорной платформы (рамы) скреплены «поворотным кругом», посредством которого обеспечивается их «гидравлическое единство» (рисунок 6.3).



- а) общий вид агрегата (разрез); б) схема части агрегата в плане;
 в) короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором;
 1 – ферма; 2 – короткоструйная дефлекторная насадка; 3 – всасывающий клапан;
 4 – всасывающая линия; 5 – насос; 6 – напорный патрубок; 7 – поворотный круг;
 8 – открывлок; 9 – дуга-амортизатор; 10 – ороситель

Рисунок 6.3 – Схема двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100МА (по Н. С. Ерхову)

Нижний (несущий) пояс ферменных консолей выполнен из двух раздельных и сходящихся к концу крыльев, металлических труб, являющихся водопроводящими трубопроводами, выполняющими функции напорных водоводов, обеспечивающих подачу поливной воды к дождевателям. Водоводы консолей гидравлически связаны в единую трубопроводную систему посредством водопроводного кольца, устроенного в составе поворотного круга. Поперечные геометрические параметры ферменных консолей и водоводов выполнены уменьшающимися в размерах по мере их удаления от платформы.

Дождевальные (поливные) крылья оборудованы системно расположенными по длине напорных водоводов и одновременно работающими 52-мя короткоструйными (промежуточными) дефлекторными дождевальными насадками с расходом воды $q_n = 2,3$ л/с каждая и двумя концевыми среднеструйными насадками с расходом поливной воды по 5 л/с каждая. Промежуточные дефлекторные дождевательные насадки размещены на тупиковых трубчатых водоводах («открылках»), перпендикулярно отходящих от двух напорных водоводов и выходящих за пределы каркасной части поливной фермы (в левую и правую стороны). Короткоструйные разноразмерные (по диаметру выходных отверстий от 12 до 15 мм) дождеватели (дождевательные насадки) кругового действия размещены по длине консолей с шагом в 4 м. При этом диаметр со-

пел дождевателей системно увеличивается по длине дождевальных крыльев, что способствует равномерности выдачи поливных расходов. Дефлекторные насадки закрепляются с возможностью их поворота для подачи поливной воды вверх (при безветренной погоде) и для выпуска воды вниз (при ветреной погоде – $v_b > 3$ м/с). Концевые струйные насадки, работающие по сектору, выполнены с выходным диаметром равным 19,5 мм. Применение разноразмерных дождевателей позволяет обеспечить относительно (приемлемо) равномерное распределение искусственного дождя по длине поливных консолей («дождевальных крыльев» машины).

Дождевальной машине ДДА-100МА соответствуют нижеприведенные технические характеристики и технологические показатели: расход поливной воды (расход дождевальной машины $q_{д/м} = 130$ л/с; напор в водопроводящей системе поливной фермы, создаваемый насосом, – 37 м (0,37 МПа); ширина зоны захвата искусственным дождём при поливе (в направлении перпендикулярном направлению перемещения трактора) – $b_{зах} = 120$ м; длина отлёта струй (капель) искусственного дождя от короткоструйных дождевателей (радиус полива) – $(9 \pm 0,5)$ м, а от торцевых среднеструйных насадок (радиус полива) – $(25 \pm 1,0)$ м; длина (протяжённость) зоны захвата дождём в направлении перемещения машины – $l_{зах} = 18$ м. Полив ДМ ДДА-100МА осуществляется в движении (вперёд и назад) с регулируемой скоростью в пределах от 3,50 до 17,17 м/мин при движении вперёд и со скоростью 9,58 м/мин при движении задним ходом, что позволяет регулировать интенсивность искусственного дождя при движении вперёд в пределах от 1,85 до 3,02 мм/мин, а при движении назад $\bar{I}_д = 2,36$ мм/мин (максимальная интенсивность дождя при позиционном поливе составляет $(\bar{I}_д)_{поз} = 60 q_{д/м} = (60 \cdot 30) / (120 \cdot 18) = 3,61$ мм/мин). При этом обеспечивается достаточно широкий диапазон выдаваемого слоя искусственного дождя за один проход дождевальной машины в пределах от 1,94 до 15,5 мм.

Наличие ходоуменьшителя позволяет регулировать скорость перемещения дождевального(ой) агрегата (машины) на разных уровнях системы механической передачи усилия от двигателя к ходовой части (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Данные по скоростям перемещения дождевального агрегата ДДА-100МА при поливе

Передача	Скорости движения агрегата при поливе на разных передачах ходоуменьшителя (м/мин)			
	I	II	III	IV
Первая	5,33	11,33	26,17	55,66
Вторая	5,83	12,67	29,33	62,17
Третья	6,67	14,00	32,50	69,17
Четвёртая	7,33	15,67	36,33	76,83
Задний ход	4,50	9,67	22,50	48,33

Конструкция дождевальной машины ДДА-100МА предусматривает: регулирование положения поливной фермы в вертикальной плоскости; дозированную подачу минеральных удобрений и агрохимических препаратов на

сельскохозяйственные угодья с поливной водой; перемещение (поворот на 90°) фермы в рабочее и транспортное (транспортируемое) положение (т. е. перпендикулярное и вдольосевое по отношению к трактору положение).

Землеустройство орошаемого участка. Организация территории орошаемого севооборота (орошаемого угодья) предусматривает учёт природно-климатических (почвенных, рельефных и др.), агрономических (фенологических, культурооборотных и др.), хозяйственно-экономических и ситуационных условий земельного массива; параметров и технологических режимов работы дождевальной машины ДДА-100МА. При плановом расположении полей (планировке) в севообороте учитывается возможность (условия) для устройства оросительной сети, обеспечивающей орошение сельскохозяйственного угодья в целом, отдельных поливных участков и обслуживающих их (обеспечивающих поливной водой) грунтовых канальных оросителей.

Оросители. Полив дождевальным агрегатом ДДА-100МА осуществляется в движении при фронтальном перемещении (вперёд и назад) дождевальной машины вдоль постоянного или временного канального (открытого) оросителя с забором поливной воды из него (посредством насоса) и подаче её через напорные водоводы поливных консолей (крыльев) к дождевателям (дождевальным аппаратам) и от них в виде микроструй и разноразмерных дождевых капель на поливаемую поверхность сельскохозяйственного угодья.

На орошаемом массиве прямолинейные и преимущественно моноуклонные, постоянные или временные оросители под ДДА-100МА нарезаются параллельно друг другу через каждые 120 м, что соответствует расчётной ширине зоны захвата искусственным дождём этой дождевальной машины.

Протяжённость (длина) канальных (грунтовых) оросителей под ДДА-100МА принимается с учётом размеров поливного участка (поля) от 150 до 1000 м (в наиболее приемлемом диапазоне от 500 до 1000 м) при наличии наиболее приемлемых уклонов поверхности земли орошаемых угодий составляющих $i_n = 0,0002 \div 0,002$. Ширина канальных оросителей по дну принимается равной 0,4÷0,6 м при общей глубине канала составляющей $1,0 \pm 0,1$ м, рабочей глубине воды более 0,40÷0,45 м и заложении откосов от 1:1 до 1:1,5. Вдоль оросителя (с левой по направлению течения воды в нём) устраивается грунтовая («грейдерная») дорога для перемещения по ней трактора, агрегирующего дождевальный агрегат.

Поливные участки. Организация территории орошаемого участка предусматривает трассировку границ длинных сторон полей вдоль временных оросителей и параллельно им. Край поля (поливного участка) трассируется на расстоянии 60 м от крайних оросителей орошаемого массива. Ширина полей принимается кратной 120 м (без учёта ширины дорог). Лесные полосы по границам орошаемых полей и поливных участков устраиваются с учётом обеспечения беспрепятственного перемещения и (или) разворота крупногабаритного дождевального агрегата. При проектировании оросительных систем и сетей, орошаемых массивов или полей под дождевальную машину ДДА-100МА учитывают: особенности рельефа земельного участка; се-

зонную производительность агрегата (порядка 100÷150 га орошаемых земель в зависимости от культур, поливных норм и числа поливов) по обеспечению сельхозугодий поливами; геометрические параметры поливного модуля и другие характеристики по конфигурации и размерам поливных участков (полей), обслуживаемых дождевальным двухконсольным агрегатом.

Оросительная сеть под ДДА-100-МА проектируется по модульному принципу. Схема модульного фрагмента оросительной сети, поливных модулей (участков) под одну дождевальную машину приведена на рисунке 6.4.

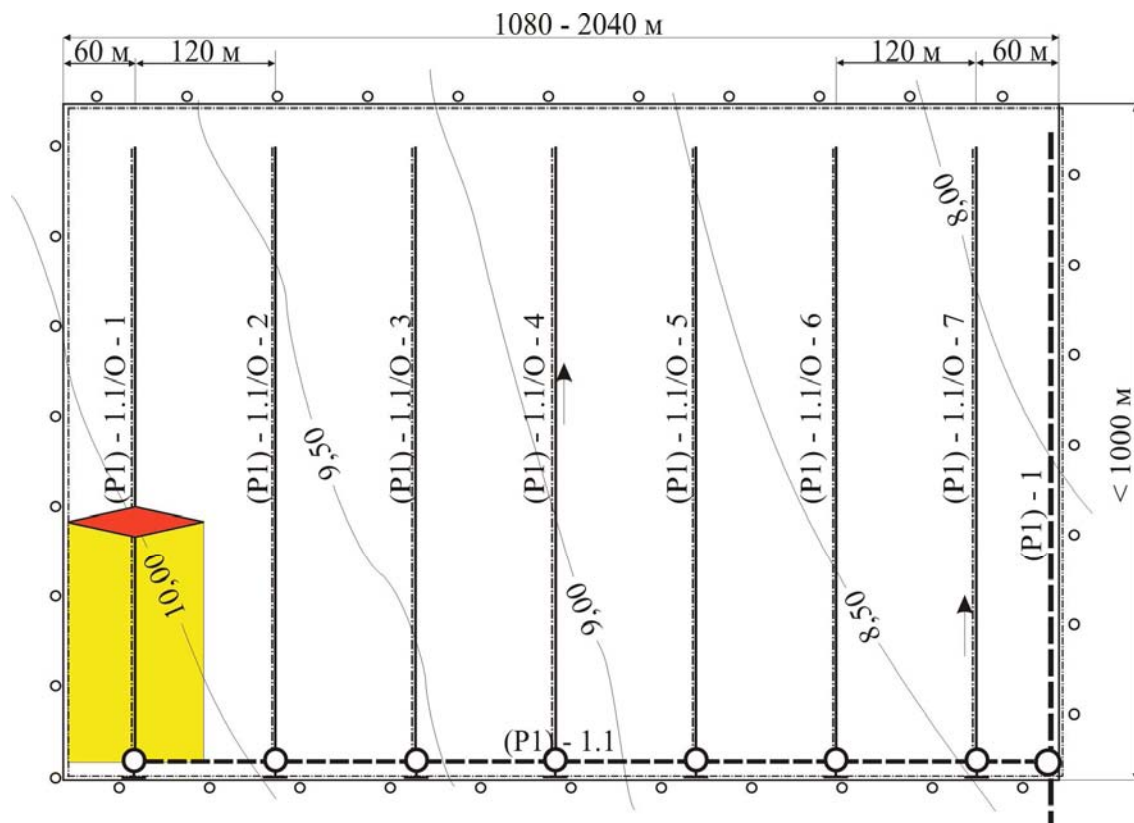


Рисунок 6.4 – Схема поливного модуля, обслуживаемого одной дождевальной машиной ДДА-100МА

Технология работы. Технология полива дождевальной машиной ДДА-100МА предусматривает выдачу расчётной поливной нормы при фронтальном поступательно-возвратном (челночном) её перемещении вдоль «питающего» оросителя или его определённого (рабочего) участка – бьефа. Полив начинают с головы оросителя побьефно при одно-, трёх-, пятикратном (в зависимости от величины поливной нормы и скорости перемещения машины) проходе* дождевальной машиной межбьефного пространства (участка). Выдача поливной нормы осуществляется как при проходе дождевальной машины вперёд (в направлении течения в оросителе), так и при перемещении (движении) её назад (задним ходом) по челночной (поступательно-возвратной) технологии. Количество рабочих проходов машины по бьефу

* Под проходом понимается единичное однонаправленное перемещение дождевальной машины в пределах поливного бьефа в одном направлении (например, только «вперёд» или только «назад») за определённое время (в единицу времени – м/мин, м/час).

(в пределах бьефа) зависит от величины поливной нормы, скорости перемещения дождевальной машины вдоль бьефа и интенсивности искусственного дождя. Для избежания холостых проходов рекомендуется принимать нечётное количество (число) проходов (по схеме – 1-й проход вперёд, 2-й проход назад, 3-й проход вперёд и т. д.), чтобы к концу полива на одном бьефе машина подходила к началу следующего бьефа. Количество проходов определяется соответствующим расчётом. По мере выдачи расчётной поливной нормы в пределах одного бьефа (на одном бьефе) за расчётное количество проходов дождевальная машина перемещается на следующий рабочий участок (бьеф) по направлению течения воды в оросителе. Необходимые глубины (более $0,35 \div 0,40$ м) воды в оросителе создаются подпором, создаваемым установкой на границе бьефа деревянных или брезентовых водопропускных уровне- и расходорегулирующих щитов-перегородок. Протяжённость рабочих бьефов принимается с учётом уклона дна, питающего машину, оросителя в наиболее приемлемых пределах их длины в диапазоне от 100 до 400 м.

При уклонах дна оросительных каналов (открытых оросителей) $i_{\text{ор}} \leq 0,001$ протяжённость одновременно поливаемых бьефов (межбьефных участков) принимается равной $200 \div 400$ м при соблюдении условия превышения глубины водного потока в них $0,35 \div 0,40$ м. При уклонах оросителей, превышающих $i_{\text{ор}} > 0,001$, длина поливного бьефа определяется по соотношению:

$$l_{\text{б}} = [h_{\text{ор}} - (\Delta h + h_{\text{мин}})] / i_{\text{ор}},$$

где $h_{\text{ор}}$ – полная (строительная) глубина оросителя, м ($h_{\text{ор}} = 1,0 \pm 0,1$ м); $h_{\text{мин}}$ – минимальная глубина воды в оросителе, при которой обеспечивается её забор в дождевальную машину, м ($h_{\text{мин}} = 0,40 \div 0,45$ м); Δh – минимально допустимое превышение поверхности земли над максимальным уровнем воды в оросителе, м ($\Delta h = 0,15 \div 0,20$ м).

Поливные бьефы формируются переносными или позиционными (деревянными, металлическими или пластмассовыми) щитами-перемычками, устанавливаемыми на границах поливных бьефов. В процессе полива «с головы оросителя» грунтовые оросители заполняются водой побьефно с учётом продолжительности полива на каждом предшествующем поливном бьефе.

По мере прохождения всех поливных бьефов в пределах одного оросителя дождевальная машина перемещается в голову следующего (соседствующего) оросителя и весь технологический процесс полива повторяется.

Возможны и иные технологические схемы работы ДДА-100МА при поливе, когда полив начинают с конца («хвоста») оросителя при перемещении машины к его началу («голове») и когда полив на соседствующих оросителях проводится попеременно (например – с головы на одном и с хвоста на другом или наоборот). Каждая из схем полива имеет свои определённые достоинства и недостатки. В определённых условиях необходимый подпор воды перед водозаборным поплавком может осуществляться закреплённой на платформе передвижной перемычкой (брезентовым и другим фартуком).

В соответствии с рисунком 6.4 для машины ДДА-100МА размер стороны поливного модуля вдоль оросительного трубопровода принимается кратным захвату машины (120 м), но не менее 500 м, а размер другой стороны модуля, – соответствующим длине оросителя, но не более 1000 м. Оросители нарезаются с уклонами $0,0002 \div 0,002$ с учётом допускаемой скорости на размыв. Первый и последний оросители располагаются на расстоянии 60 м от границы поля, а остальные – через 120 м. С левой стороны в направлении движения вдоль оросителя предусматривается дорога для прохода агрегата. Площадь поливного модуля рекомендуется увязывать с сезонной производительностью дождевальной машины (от 100 до 150 га).

Примеры компоновочных схем расположения поливных участков (модулей) оросительных систем (орошаемых севооборотных участков) под дождевальную машину ДДА-100МА приведены на рисунках 6.5–6.7.

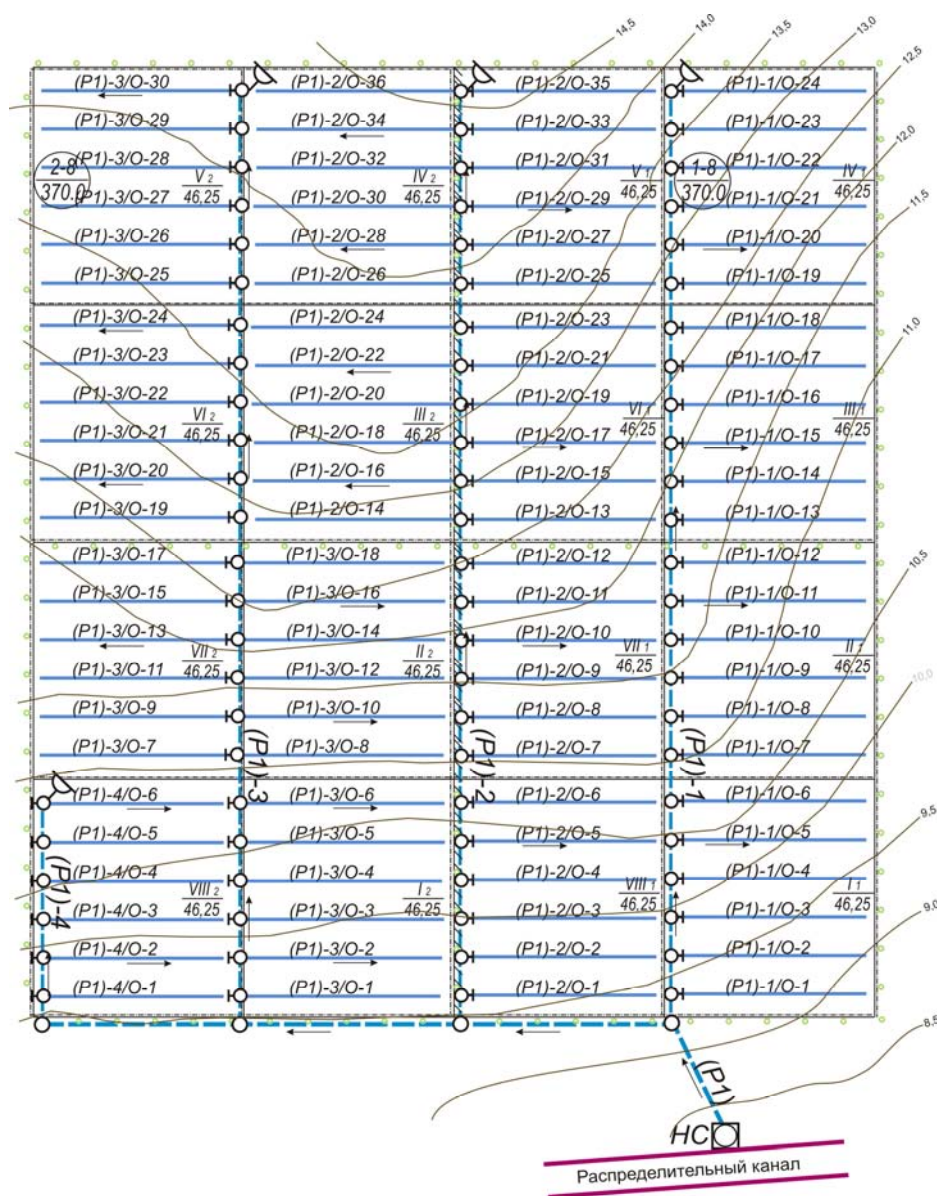


Рисунок 6.5 – План двухсевооборотного (восьмипольного) орошаемого массива и обеспечивающей его оросительной сети для дождевальной машины ДДА-100МА

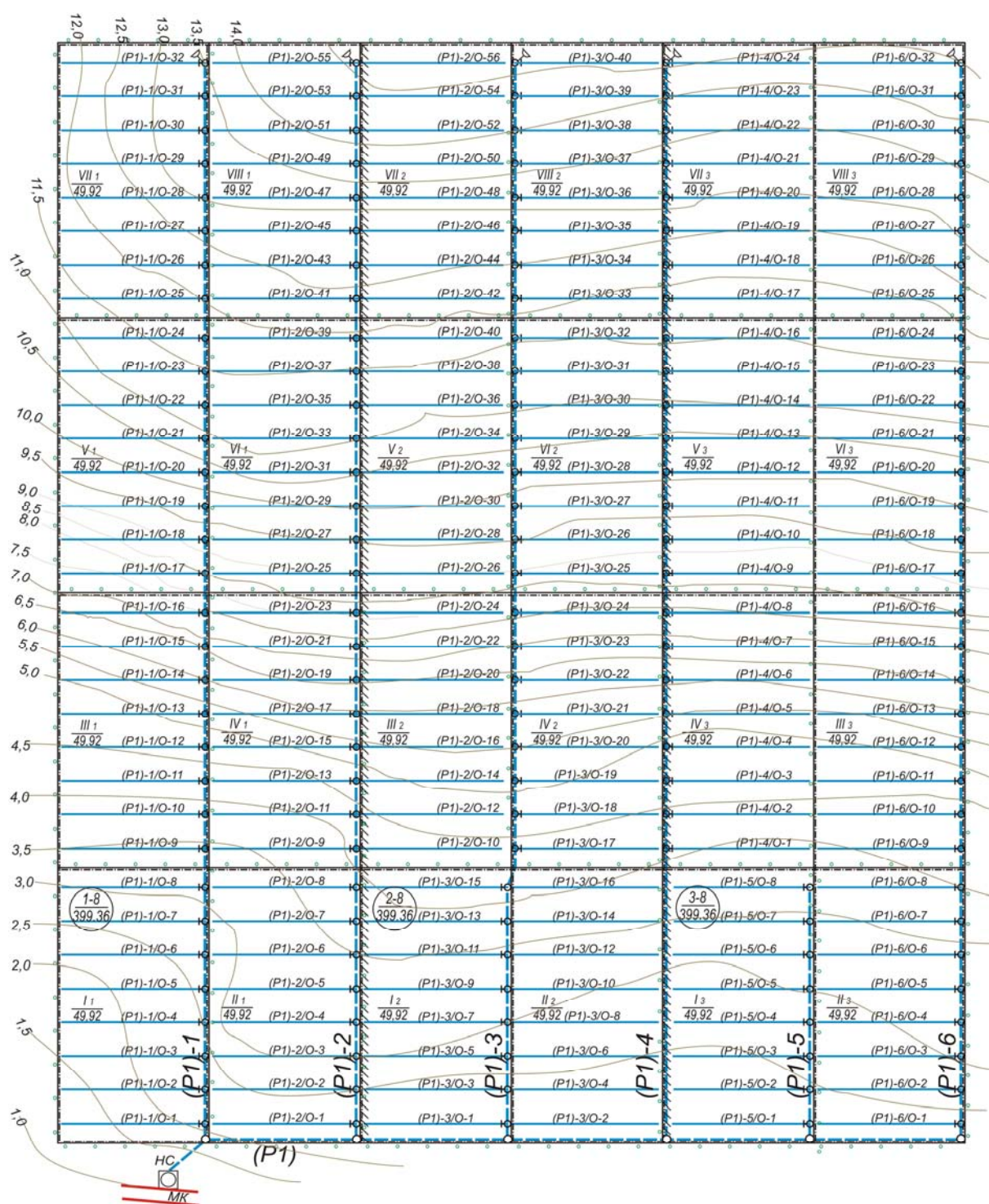


Рисунок 6.6 – План трёхсевооборотного (восьмипольного) орошаемого массива и оросительной сети под дождевальную машину ДДА-100МА

В соответствии с площадью сельхозугодий, обслуживаемой одной дождевальной машиной за поливной сезон ($S_{\text{сез}}$, га), на этом орошаемом массиве предусмотрено задействовать шесть дождевальных машин ДДА-100МА.

В приведённом на рисунке 6.6 примере орошаемого массива, в зависимости от топографических условий, реализованы варианты одностороннего и двустороннего командования распределительных каналов. Орошение этого массива обеспечивается девятью дождевальными машинами ДДА-100МА.

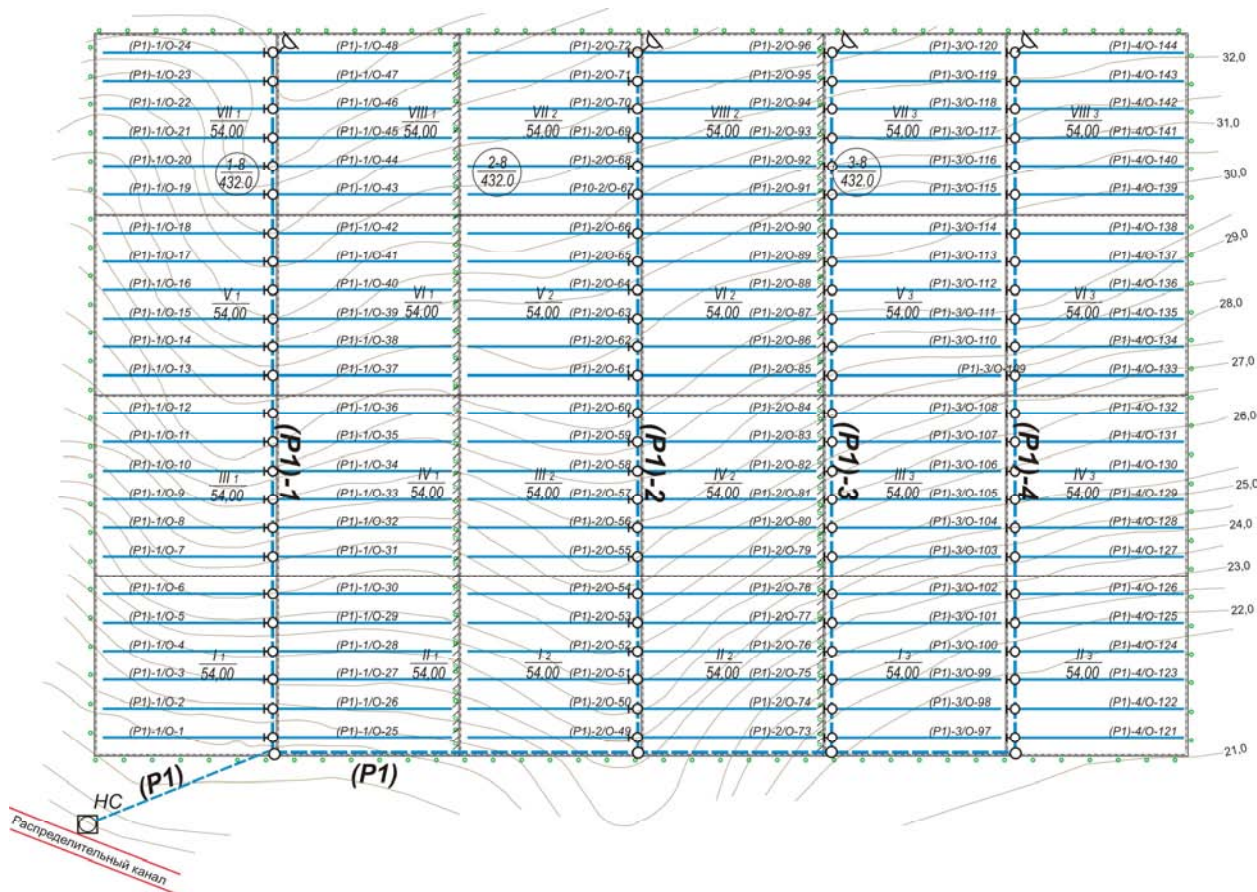


Рисунок 6.7 – План трёхсевооборотного (восьмипольного) орошаемого массива и оросительной сети под дождевальную машину ДДА-100МА

Технологические параметры. К технологическим параметрам полива дождевальной машиной ДДА-100МА относят: 1) выбранную скорость перемещения поливного (дождевального) агрегата вдоль оросителя; 2) продолжительность периода непрерывной подачи поливной воды в определённую точку поливаемой поверхности земли при определённой скорости перемещения поливного агрегата; 3) среднюю интенсивность искусственного дождя при определённой скорости перемещения дождевальной машины; 4) средний слой поливной воды, выдаваемый дождевальным агрегатом («слой дождя») в любой точке зоны полива за период непрерывной подачи поливной воды; 5) протяжённость поливного бьефа; 6) количество проходов дождевальной машины вдоль бьефа, обеспечивающее выдачу расчётной поливной нормы.

При принятии решений по определению параметров дождевого полива ДДА-100МА определяется средняя интенсивность дождя с использованием зависимости: $\bar{I}_{д/ср} = (60q_{д/м}) / [b_{зах} \cdot (l_{зах} + l_{пр})]$ (мм/мин), где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины в л/с ($q_{д/м} = 130$ л/с); $b_{зах}$ – ширина фронта захвата дождём поливной полосы при фронтальном перемещении агрегата, м ($b_{зах} = 120$ м); $l_{зах}$ – длина увлажняемой полосы (протяжённость полосы, захватываемой дождём) при стационарном положении агрегата, м ($l_{зах} = 18$ м); $l_{пр}$ – путь, пройденный агрегатом за 1 минуту при определённой скорости ($v_{пер}$, м/мин)

его перемещения ($l_{\text{пр}} = v_{\text{пер}} \cdot t_{1\text{мми}}$, м). При предельных значениях регламентной скорости перемещения дождевальная машина ДДА-100МА «ходом вперёд» равной 17,17 м/мин и $v_{\text{пер}} = 3,5$ м/мин и скорости «ходом назад» равной $v_{\text{пер}} = 9,58$ м/мин получаем соответствующие ей значения средней интенсивности искусственного дождя $[(\bar{I}_{\text{д/ср}})v_{\text{пер}}, \text{мм/мин}]$. При движении вперёд со скоростью $v_{\text{пер}} = 17,17$ м/мин средняя интенсивность дождя составит $(\bar{I}_{\text{д/ср}})' = (60 \cdot 130) / [120 \cdot (18 + 17,17)] = 1,85$ мм/мин, а со скоростью $v_{\text{пер}} = 3,50$ м/мин – $(\bar{I}_{\text{д/ср}})'' = (60 \cdot 130) / [120 \cdot (18 + 3,5)] = 3,02$ мм/мин. При движении назад со скоростью $v_{\text{пер}} = 9,58$ м/мин – $(\bar{I}_{\text{д/ср}})''' = (60 \cdot 130) / [120 \cdot (18 + 9,58)] = 2,36$ мм/мин. При других значениях скорости движения дождевальной машины ДДА-100МА соответствующая определённой скорости средняя интенсивность искусственного дождя может быть определена по соотношению $(\bar{I}_{\text{д/ср}})v_{\text{пер}} = 65 / (18 + v_{\text{пер}})$ или по рисунку 6.8.

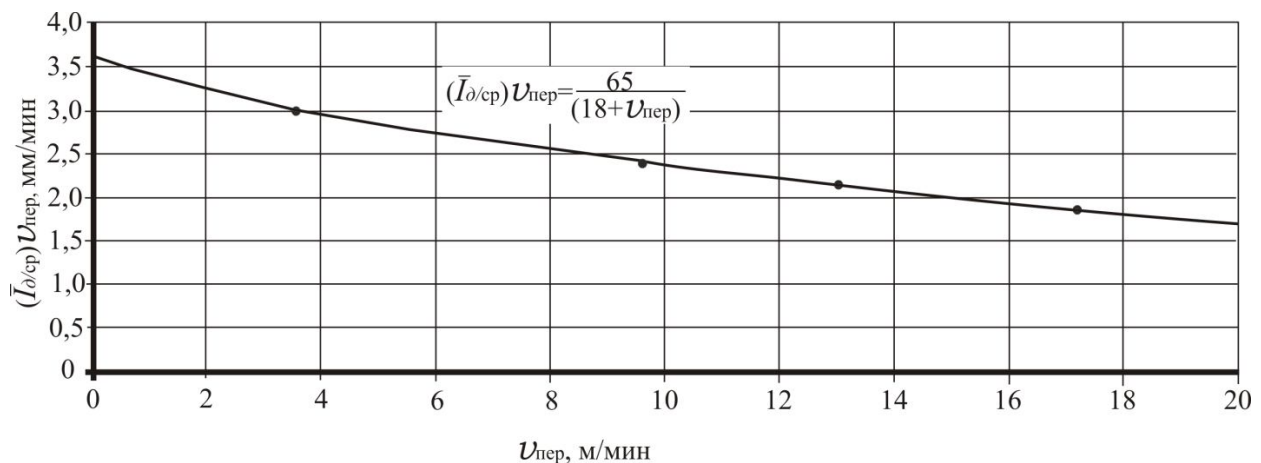


Рисунок 6.8 – График изменения интенсивности искусственного дождя в зависимости от скорости перемещения дождевальной машины ДДА-100МА в процессе полива

Приведенные выше величины интенсивности искусственного дождя $[(\bar{I}_{\text{д/ср}})', (\bar{I}_{\text{д/ср}})'' \text{ и } (\bar{I}_{\text{д/ср}})''']$ сопоставляются с допустимым значением $(\bar{I}_{\text{д/доп}}, \text{мм/мин})$ при соответствующих значениях $(t_{\text{пол}}, \text{мин})$ для реальных условий сельхозугодья. Значения продолжительности полива $(t_{\text{пол}})$ – продолжительности периода непрерывного увлажнения любой точки одновременно поливаемой зоны (продолжительности непрерывной подачи поливной воды в любую точку зоны полива) зависят от скорости перемещения машины и определяются из соотношения:

$$t_{\text{пол}} = l_{\text{зах}} / v_{\text{пер}}. \quad (6.1)$$

При $v_{\text{пер}} = 17,17$ м/с величина $t_{\text{пол}} = 18,0 / 17,17 = 1,05$ мин, при $v_{\text{пер}} = 9,58$ м/с – $t_{\text{пол}} = 1,88$ мин, а при $v_{\text{пер}} = 3,50$ м/с – $t_{\text{пол}} = 5,14$ мин. При соблюдении условия $\bar{I}_{\text{д/ср}} \leq \bar{I}_{\text{д/доп}}$, при соответствующих значениях определённой

скорости движения дождевальной машины по орошаемому участку, определённой интенсивности искусственного дождя и значениях продолжительности полива, определяются остальные (слой осадков) параметры технологии дождевого полива ДДА-100МА.

На последующем этапе определяются величины слоя искусственного дождя, выдаваемого дождевальной машиной за один проход при определённой скорости перемещения $[(\bar{h}_{д/ср})v_{пер}, \text{мм}]$ с использованием соотношения вида:

$$(\bar{h}_{д/ср})v_{пер} = (\bar{I}_{д/ср})v_{пер} \cdot t_{в/п}, \quad (6.2)$$

где $(\bar{I}_{д/ср})v_{пер}$ – средняя интенсивность дождя при определённой скорости перемещения машины, мм/мин; $t_{в/п} = t_{пол} = l_{зах} / v_{пер}$ – продолжительность подачи дождя в любую точку увлажняемой полосы, мин; $l_{зах}$ – длина полосы (захвата), захватываемой искусственным дождём в направлении перемещения дождевальной машины ($l_{зах} = 18 \text{ м}$); $v_{пер}$ – скорость перемещения машины, м/мин. В соответствии с техническими характеристиками дождевальной машины ДДА-100МА при движении вперёд предусмотрено два скоростных режима при скорости движения $v_{пер} = 17,17 \text{ м/мин}$ и $v_{пер} = 3,50 \text{ м/мин}$, а при перемещении и поливе «задним ходом» $v_{пер} = 9,58 \text{ м/мин}$. Соответствующие им значения периодов (продолжительности непрерывного полива) увлажнения любой точки поливной полосы составляют – $t_{в/п} = 18 / 17,17 = 1,05 \text{ мин}$; $t_{в/п} = 18 / 3,50 = 5,14 \text{ мин}$ и $t_{в/п} = 18 / 9,58 = 1,88 \text{ мин}$.

При известных значениях $[(\bar{I}_{д/ср})v_{пер}]$ и $(t_{в/п})$ высоты слоя искусственного дождя, определённые по зависимости (6.2), составят: $(\bar{h}_{д/ср})v_{пер=17,17 \text{ м/мин}} = 1,85 \times 1,05 = 1,94 \text{ мм}$; $(\bar{h}_{д/ср})v_{пер=3,58 \text{ м/мин}} = 3,02 \cdot 5,14 = 15,5 \text{ мм}$ и $(\bar{h}_{д/ср})v_{пер=9,58 \text{ м/мин}} = 2,36 \cdot 1,88 = 4,44 \text{ мм}$. Значения $[(\bar{h}_{д/ср})v_{пер}]$ для любых регламентных значений

$(v_{пер})$ могут быть определены по зависимости вида $(\bar{h}_{д/ср})v_{пер} = \frac{1170}{(18 + v_{пер}) \cdot v_{пер}}$,

мм/мин при $v_{пер} \rightarrow \text{м/мин}$ или по графику на рисунке 6.9.

По полученным значениям $[(\bar{h}_{д/ср})v_{пер}]$ устанавливается необходимое количество проходов дождевальной машины вдоль оросителя (в пределах поливного бьефа), обеспечивающее выдачу расчётной поливной нормы.

При разработке технологической схемы работы дождевальной машины на поливном участке (поливном бьефе) технические и технологические параметры и возможности агрегата по интенсивности искусственного дождя сопоставляются с допустимой скоростью безнапорного впитывания поливной воды в почву без образования луж и стока воды по поверхности орошаемой зоны сельхозугодья. При этом фактическая интенсивность дождя ($I_{д/факт}$, мм/мин) должна быть меньшей или равной скорости безнапорного впитыва-

ния поливной воды в почву ($v_{\text{вп.б/н}}$, мм/мин), то есть должно соблюдаться («безлуговое» и «бесстоковое») условие – $I_{\text{д/факт}} \leq v_{\text{вп.б/н}}$.

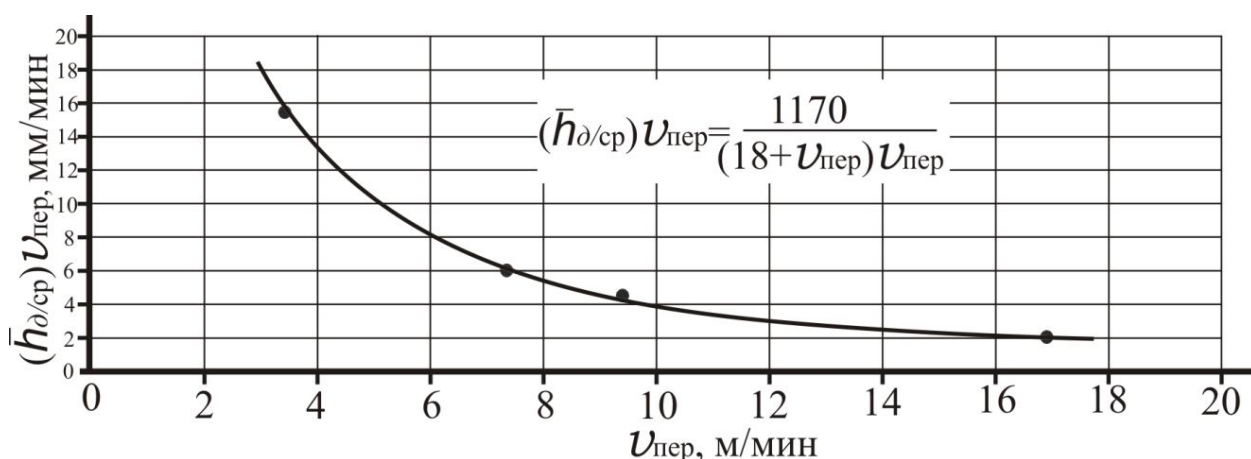


Рисунок 6.9 – График изменения слоя искусственного дождя от скорости движения дождевальной машины ДДА-100МА в процессе полива

При определении и сопоставлении регламентных и допустимых технологических параметров дождевого полива дождевальной машиной фронтального перемещения рекомендуется следовать нижеприведенному алгоритму.

1 Для определённого вида почвенного покрова и регламентных режимов работы агрегата устанавливаются значения: фактической и допустимой интенсивности искусственного дождя; величины выдаваемой и допустимой поливной нормы. При расчёте регламентных характеристик дождевальной машины для каждого скоростного режима её перемещения вдоль оросителя ($v_{\text{пер}}$, м/с) определяются: продолжительность непрерывного полива одной точки зоны увлажнения при определённой скорости движения дождевального агрегата ($t_{\text{пол}}$, мин); соответствующая скоростному режиму фактическая (технологическая) интенсивность дождя ($I_{\text{д/факт}}$, мм/мин) и фактически «выдаваемая» поливная норма (слой искусственных дождевых осадков) ($N_{\text{пол}}$, мм). Для этих же условий по продолжительности непрерывного увлажнения любой точки увлажняемой зоны ($t_{\text{пол}}$, мин) по зависимостям раздела 1 определяется соответствующая величина скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву ($v_{\text{вп.б/н}}$, мм/мин). При этом значение ($v_{\text{вп.б/н}}$, м/с) принимается соответствующим допустимой интенсивности искусственного дождя ($I_{\text{д/доп}}$, мм/мин). Полученные значения искомых параметров представляются в табличной форме, вид предлагаемой формы таблицы для условий полива песчаных почв (с показателями – $W_{\text{НВ}} = 5\%$ МСП; $V_{\text{г/ч}} = 5\%$; $(v_{\text{вп/нап}})_{t_{\text{пол}}=1 \text{ час}} = 3,0$ мм/мин) приведен в таблице 6.2.

2 По данным таблицы 6.2 производится сопоставление значений технической (технологической) интенсивности дождя с допустимой. Отметим, что в рассматриваемом случае фитонепокрытого слабоуклонного угодья с естественно сложившимся (невзрыхлённым) почвенным слоем, представленным песчаной почвой (при $i \leq 0,00 \div 0,01$) с начальной влажностью, соответ-

вующей $0,65 \div 0,70 W_{\text{нв}}$ (наименьшей влагоёмкости), для всех скоростных режимов регламентная (технологическая) интенсивность искусственного дождя значительно меньше её допустимых значений (скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву), что упрощает выбор параметров и разработку технологической схемы перемещения дождевальной машины по поливному участку (бьефу) при «выдаче» определённых норм полива.

Таблица 6.2 – Технологические параметры полива ДДА-100МА

Направление перемещения дождевальной машины	Регламентная (предельная) скорость перемещения $v_{\text{пер}}$, м/с	Продолжительность непрерывного полива $t_{\text{пол}}$, мин	Значение технологических параметров полива			
			интенсивность дождя, мм/мин		поливная норма, мм	
			техническая	допустимая	техническая	допустимая
Ходом «вперёд»	17,17	1,05	1,85	15,6	1,94	16,4
	3,50	5,14	3,02	7,10	15,52	36,5
Ходом «назад»	9,58	1,88	2,36	11,8	4,44	22,2

Приведенные в таблице 6.2 данные позволяют рассматривать ряд технологических схем, обеспечивающих выдачу дождевальной машиной различных поливных норм. Так, поливная норма в 15 мм ($150 \text{ м}^3/\text{га}$) может быть обеспечена одним проходом – ходом «вперёд» с регламентной скоростью 3,50 м/с; поливная норма в 20 мм (точнее – 19,96 мм) обеспечивается проходом дождевальной машины ходом «вперёд» со скоростью её движения равной 3,50 м/с и ходом «назад» с регламентной скоростью в 9,58 м/с; поливная норма в 25 мм обеспечивается проходом «вперёд» со скоростью $v_{\text{пер}} = 3,50 \text{ м/с}$, последующим проходом «назад» с регламентной скоростью $v_{\text{пер}} = 9,58 \text{ м/с}$, следующим ходом «вперёд» со скоростью 17,17 м/с и завершающим ходом «назад», что позволяет выдать поливную норму в сумме $N_{\text{пол}} = 15,52 + 4,44 + 1,94 + 4,44 = 26,3 \text{ мм}$ (то есть $\approx 250 \text{ м}^3/\text{га}$); расчётная поливная норма в 35 мм обеспечивается по технологической схеме: ход «вперёд» + ход «назад» + ход «вперёд» (с выдачей слоя дождя: $15,52 + 4,44 + 15,52 = 35,48 \text{ мм}$); расчётная поливная норма в 40 мм выдаётся за четыре прохода дождевальной машины по схеме: ход «вперёд» (при $v_{\text{пер}} = 3,50 \text{ м/с}$) + ход «назад» (при $v_{\text{пер}} = 9,58 \text{ м/с}$) + ход «вперёд» (при $v_{\text{пер}} = 3,50 \text{ м/с}$) + ход «назад» (при $v_{\text{пер}} = 9,58 \text{ м/с}$), что обеспечивает слой дождя $h_{\text{д}} = 15,52 + 4,44 + 15,52 + 4,44 = 39,92 \text{ мм}$. Аналогично описанному выше определяется количество проходов дождевальной машины и для других значений поливной нормы. Более точные технологические схемы и скоростные режимы могут быть установлены с учётом скоростных режимов работы трактора (см. таблицу 6.1) при отсутствии ограничений по допустимым значениям интенсивности искусственного дождя и продолжительности дождевого полива песчаных почв дождевальной машиной ДДА-100МА.

Вышеописанная методика приемлема для разработки технологической схемы полива и супесчаных почв. Данные по допустимым значениям интенсивности искусственного дождя для этих почв приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Допустимые значения технологических параметров полива дождевальными машинами ДДА-100МА супесчаных почв с показателями $W_{\text{НВ}} = 12 \text{ \% МСП}$, $V_{\text{г/ч}} = 15 \text{ \%}$, $(v_{\text{вп/нап}})_{t_{\text{пол}} = 1 \text{ час}} = 1,7 \text{ мм/мин}$

Направление перемещения машины при поливе	Регламентная скорость перемещения машины $v_{\text{пер}}$, м/с	Допустимый параметр полива супесчаных почв ДДА-100МА		
		продолжительность полива в одной точке $t_{\text{пол}}$, мин	интенсивность искусственного дождя $I_{\text{д/доп}}$, мм/мин	максимально допустимая поливная норма $N_{\text{пол}}$, мм
Ходом «вперёд»	17,17	1,05	11,5	12,1
	3,50	5,14	4,35	22,4
Ходом «назад»	9,58	1,88	8,05	15,1

Судя по приведенным в таблице 6.3 данным, для супесчаных почв допустимая интенсивность искусственного дождя, формируемого дождевальной машиной, для всех регламентных скоростных режимов превышает значения фактически создаваемой дождевальным агрегатом ДДА-100МА интенсивности дождя, что позволяет составлять технологические схемы полива по выдаче расчётных поливных норм без учёта ограничений, приведенных в таблице 6.3, по аналогии с вышеописанной методикой для песчаных почв.

Несколько иное соотношение технологической интенсивности искусственного дождя и допустимой скорости безнапорного впитывания поливной воды в почву имеет место при поливе дождевальной машиной ДДА-100МА сельскохозяйственного угодья с суглинистой почвой (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Данные по технологическим и допустимым значениям интенсивности искусственного дождя ДМ ДДА-100МА при поливе безуклонного фитонепокрытого сельхозугодья с естественно сложившимся суглинистым почвенным покровом с нижеследующими почвенными характеристиками: $W_{\text{НВ}} = 20 \text{ \% МСП}$, $V_{\text{г/ч}} = 50 \text{ \%}$, $(v_{\text{вп/нап}})_{t_{\text{пол}} = 1 \text{ час}} = 0,85 \text{ мм/мин}$ и дополивной влажностью почвы, составляющей $0,7 \div 0,75 W_{\text{НВ}}$

Направление перемещения дождевальной машины при поливе	Регламентная скорость перемещения $v_{\text{пер}}$, м/с	Продолжительность непрерывного полива $t_{\text{пол}}$, мин	Значение параметра полива			
			интенсивность дождя, мм/мин		поливная норма $N_{\text{пол}}$, мм	
			техническая	допустимая	техническая	допустимая
Ходом «вперёд»	17,17	1,05	1,85	4,87	1,94	4,81
	3,50	5,14	3,02	1,65	15,52	8,48
Ходом «назад»	9,58	1,88	2,36	3,30	4,42	7,79

По данным таблицы 6.4, для полива суглинистых почв скорость перемещения дождевальной машины ДДА-100МА $v_{\text{пер}} = 3,50$ м/с неприемлема в связи с превышением фактической интенсивности дождя $I_{\text{д/факт}} = 3,02$ мм/мин её допустимого значения $I_{\text{д/доп}} = 1,65$ мм/мин. Минимально допустимая скорость перемещения дождевальной машины ДДА-100МА при поливе суглинистых почв с характеристиками: $W_{\text{НВ}} = 20,0$ % МСП; $V_{\text{г/ч}} = 50$ % объёма и $(v_{\text{вп/нап}})_{t_{\text{пол}}=1 \text{ час}} = 0,85$ мм/мин составляет 6,9 м/с.

При скорости движения дождевальной машины ДДА-100МА в процессе полива ходом «вперёд» $v_{\text{пер}} = 6,9$ м/с (регулируемой и устанавливаемой механизмом коробки передач трактора) продолжительность непрерывной подачи поливной воды в любую точку увлажняемой зоны составляет 2,61 мин при фактической и допустимой интенсивности дождя $I_{\text{д/факт}} = I_{\text{д/доп}} = 2,61$ мм/мин. При этом поливная норма (слой формируемых искусственным дождём осадков) составляет $N_{\text{пол}} = h_{\text{ос}} = 2,61 \cdot 2,61 = 6,81$ мм (или $68,1 \text{ м}^3/\text{га}$), что и является «допустимой поливной нормой».

Технологическая схема полива ДДА-100МА суглинистых почв по выдаче заданной поливной нормы предусматривает определённое (соответствующее суммарной поливной норме и слою осадков, выдаваемых за один проход дождевального агрегата) количество проходов дождевальной машины ходом «вперёд» и ходом «назад» с соответствующей скоростью её движения по поливному участку. С учётом приведенных выше данных далее приведены предварительные схемы (без корректировки скорости движения трактора) по предельным скоростным режимам. При выдаче расчётной поливной нормы в 10 мм предусматривается два прохода машины по поливному участку: ходом «вперёд» с регулируемой скоростью $v_{\text{пер}} = 6,9$ м/с и ходом «назад» с регламентной скоростью перемещения $v_{\text{пер}} = 9,58$ м/с. При этом слой дождевого осадка составит $h_{\text{ос}} = 6,81 + 4,42 = 11,23$ мм, что несколько превышает расчётную поливную норму $h_{\text{ос}} = 10$ мм. Более точную выдачу поливной нормы можно получить при соответствующем увеличении скорости движения дождевальной машины ходом «вперёд». По аналогии с вышеприведённым производится набор проходов машины для любых расчётных поливных норм. При этом учитывается, что минимальная скорость перемещения дождевального агрегата при поливе глинистых почв с вышеуказанными характеристиками почвенного покрова и угодья не может быть меньше 6,9 м/с.

Технологические показатели полива ДДА-100МА безуклонного фито-непокрытого сельхозугодья с невзрыхлёнными глинистыми почвами ($W_{\text{НВ}} = 25,5$ % МСП; $V_{\text{г/ч}} = 70$ % и $v_{\text{вп/нап}} = 0,3$ мм/мин) приведены в нижеследующей таблице 6.5. Судя по данным таблицы 6.5, глинистые почвы с характеристиками – $W_{\text{НВ}} = 25,5$ % МСП; $V_{\text{г/ч}} = 70$ % и $(v_{\text{вп/нап}})_{1 \text{ час}} = 0,3$ мм/мин дождевальной машиной ДДА-100МА поливать без образования луж и без обра-

зования стока поливной воды даже при $v_{\text{пер}} = 17,17$ м/с не представляется возможным, так как фактическая интенсивность искусственного дождя, создаваемая агрегатом, превышает допустимое значение $(\bar{I}_{\text{д/факт}})v_{\text{пер}=17,7 \text{ м/с}} = 1,85$ мм/мин, что превышает значение $(\bar{I}_{\text{д/факт}})t_{\text{пол}=1,05 \text{ мин}} = 1,385$ мм/мин.

Таблица 6.5 – Технологические параметры полива дождевальной машиной ДДА-100МА глинистых почв

Направление перемещения дождевальной машины при поливе	Регламентная скорость перемещения $v_{\text{пер}}$, м/с	Продолжительность непрерывного полива, $t_{\text{пол}}$, мин	Значение параметра полива			
			интенсивность дождя, мм/мин		поливная норма, мм	
			техническая	допустимая	техническая	допустимая
Ходом «вперёд»	17,17	1,05	1,85	1,39	1,94	1,46
	3,50	5,14	3,02	0,44	15,52	2,26
Ходом «назад»	9,58	1,88	2,36	0,91	4,42	1,71

Расчётные значения слоя искусственного дождя корректируются с учётом возможностей дождевальной машины по регулированию скорости её перемещения по полю (т.е. с учётом данных, приведенных в таблице 6.6).

Таблица 6.6 – Значения средних слоёв искусственного дождя, формируемые при движении дождевальной машины ДДА-100МА на разных уровнях передачи ходоуменьшителя и коробки переключения (по Н. К. Шульге)

Передача коробки переключения скоростей		Значение слоя дождя, мм	
		При передачах ходоуменьшителя	
		первой	второй
При движении «вперёд»	первая	12,0	6,0
	вторая	11,0	5,0
	третья	10,0	4,5
	четвёртая	9,0	4,0
При поливе ходом «назад»		14,0	7,0

Продолжительность полива всего поливного участка (поливного модуля) определённой протяжённости устанавливается расчётом и зависит от поливной нормы, протяжённости участка (поливаемого «бьефа»), скорости движения поливного агрегата и количества проходов (челночного перемещения) дождевальной машины (в соответствии с принятой технологической схемой) и количества поливных бьефов на одном оросительном канале.

Производительность ДДА-100МА в гектарах политой площади угодья ($S_{\text{час}}$, га) за один час зависит от выдаваемой поливной нормы, количества проходов по участку, скорости движения и длины [протяжённости гона (оросителя или поливного участка)]. Примерные значения площади полива за один час непрерывной работы дождевальной машины для диапазона поливных норм $N_{\text{пол}} = 15 \div 70$ мм (без учёта потерь поливной воды на испарение, её расхода на формирование микроклимата) и длине гона $L_r = 150 \div 1000$ м для

среднесуглинистых почв сельхозугодья могут быть определены по соотношению $S_{\text{час}} = [20,4/(N_{\text{пол}})^{-0,874}] \cdot (L_{\text{г}}/300)^{0,1}$. Вид вышеприведенной зависимости $S_{\text{час}} = f(N_{\text{пол}}, L_{\text{г}})$ проиллюстрирован рисунком 6.10.

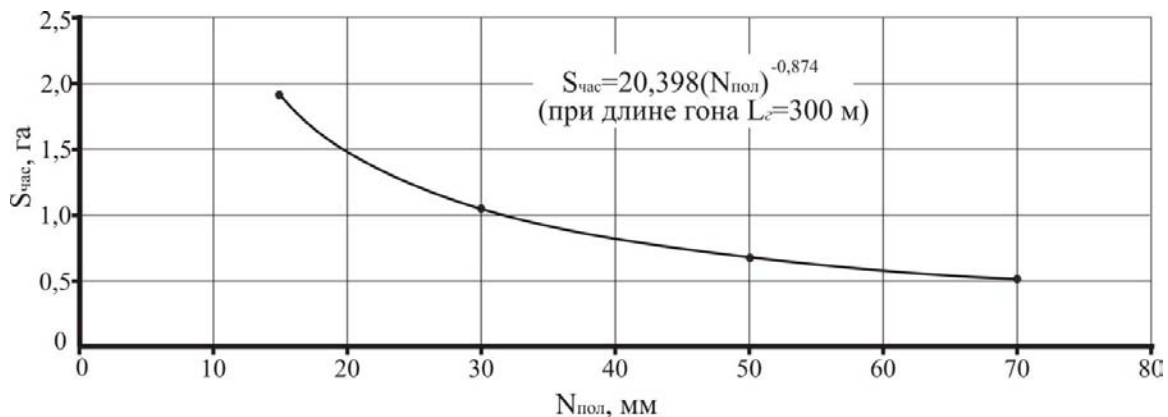


Рисунок 6.10 – Графическая зависимость функциональной связи $S_{\text{час}} = f(N_{\text{пол}}, L_{\text{г}})$ для ДДА-100МА

Сменная (семичасовая) производительность ($S_{\text{см}}$, га) дождевальной машины ДДА-100МА может быть ориентировочно определена по зависимости вида:

$$S_{\text{см}} = 9,065 L_{\text{г}}^{0,49} \cdot N_{\text{пол}}^{-0,49 \sqrt[10]{L_{\text{г}}}},$$

где $L_{\text{г}}$ – длина гона (поливного бьефа), м; $N_{\text{пол}}$ – поливная норма брутто (с учётом испарения поливной воды из дождевого облака), мм.

Более точно часовая и сменная производительность дождевальной машины ДДА-100МА может быть определена по данным технологической схемы её работы, учитывающей размер поливной нормы, скорости перемещения агрегата по поливному участку (бьефу), количество проходов машины по межбьефному пространству и длину гона (протяжённость поливных бьефов). При определении сменной нормы полива учитывают возможные технологические потери рабочего времени, а также потери поливной воды на испарение с дождевого облака соответствующими опытными коэффициентами.

Сезонная производительность дождевальной машины зависит от ряда факторов (режима орошения сельскохозяйственной(ых) культуры (культур), почвенных, фенологических и топографических условий и ограничений).

Сезонная производительность ($S_{\text{сез}}$, га) дождевальной машины ДДА-100МА на предварительной стадии расчётов при круглосуточном её использовании (без перемещения на другое поле) может быть определена по зависимости:

$$S_{\text{сез}} = 34,95 L_{\text{г/ср}}^{0,09} + 292,4 \cdot (e^{0,00044 L_{\text{г/ср}}}) \cdot (1 - M_{\text{г/м}})^2,$$

где $L_{\text{г/ср}}$ – средняя по поливному участку длина (протяжённость) гона (бьефа), м (изменяемая в пределах от 100 до 1000 м); $M_{\text{г/м}}$ – величина гидро модуля, изменяющегося в диапазоне значений от 0,20 до 1,0 л/с·га.

Достоинства и недостатки. Очевидными достоинствами ДМ ДДА-100МА являются: высокий уровень мобильности и простота конструктивного решения; приемлемость её использования в относительно широком спектре природно-климатических и почвенно-фенологических условий сельскохозяйственного года; простота и относительно низкая стоимость её оросительной сети.

Очевидными недостатками дождевальной машины ДДА-100МА являются: ограничения применения по рельефным показателям и необходимость проведения планировочных работ, устройства дороги и открытых оросителей; низкий уровень возможностей для регулирования параметров полива (скоростью перемещения агрегата) и высокая интенсивность дождя; относительно высокие эксплуатационные издержки; ниже нормативная равномерность распределения дождя по полосе полива ($k_{\text{нр}} \leq 0,65 \div 0,70$); ограничения по использованию дождевальной машины в ветреную погоду (при скорости ветра более 5 м/с); относительно высокие значения размеров дождевых капель; значительные непродуктивные потери поливной воды на фильтрацию из оросителей и физическое испарение. На устройство открытой оросительной сети отчуждается 5÷7 % сельскохозяйственных земель; потери поливной воды из сети на непродуктивную фильтрацию и испарение составляют не менее 5÷10 % от подаваемого объёма; часто (через 120 м) нарезаемые оросители ухудшают условия для проведения механизированных сельскохозяйственных работ; оросители и другие каналы оросительной сети нуждаются в постоянном уходе, ремонте, нарезке и (или) засыпке и (или) восстановлении.

Известен ряд модификаций дождевальных машин ДДА-100МА, в определённой мере снижающих вышеуказанные недостатки в части качества полива, изменения интенсивности искусственного дождя, регулирования скорости перемещения поливного агрегата и расхода воды (рисунок 6.11).



Рисунок 6.11 – Варианты усовершенствованных конструкций дождевальной машины ДДА-100МА

Среди улучшенных конструкций базовой модели этого семейства дождевальных машин – «двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100В» (ДДА-100ВХ; ДДА-100ВЧ), технические характеристики которого приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Технические характеристики двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100В

Наименование характеристики	Значение показателя по уровням регулирования			
	1	2	3	4
Подаваемый расход воды, л/с	60	80	100	130
Давление в системе, МПа	0,45	0,45	0,43	0,37
Слой искусственного дождя за один проход, мм	2,31	3,08	3,85	5,00

Общий вид дождевального агрегата ДДА-100ВХ приведен на рисунке 6.12.



Рисунок 6.12 – Общий вид дождевальной машины ДДА-100ВХ

Определённые достоинства имеет разработанный на основе дождевальной машины ДДА-100МА двухконсольный дождеватель фронтального действия – ДКДФ «Ростовчанка», в которой предусмотрено тросовое закрепление каждой из пяти секций поливной консоли к центральной стойке. Конструктивное решение консолей значительно облегчает фермы и упрощает технологию их перевода в транспортное и рабочее положение; автономные поливные крылья машины легко собираются, заменяются и демонтируются; высота поливных консолей может изменяться в пределах от 0,9 до 2,1 м; ширина полосы захвата дождём перпендикулярно оросителю и направлению перемещения «дождевателя» составляет 110 м; расход машины – 80÷100 л/с; средняя интенсивность искусственного дождя – 2,12÷6,07 мм/мин при величине слоя дождя за один проход равной 1,50÷6,80 мм (рисунок 6.13).

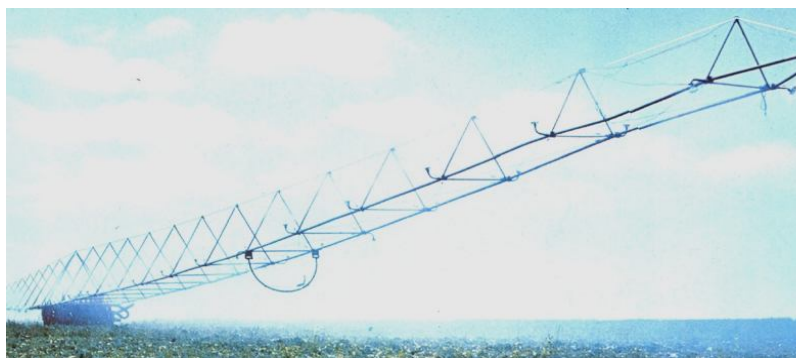


Рисунок 6.13 – Общий вид дождевальной машины ДКДФ (по Ю. Ф. Снопич)

Конструкция дождевальной машины предусматривает возможность использования дефлекторных насадок конструкции РосНИИПМ и (или) среднеструйных дождевальных аппаратов секторного и (или) кругового действия. ДМ «Ростовчанка» обеспечивает полив при рабочем давлении в дождевальных крыльях 0,4 МПа и более при среднем диаметре капель искусственного дождя менее 2,1 мм. При поливной норме равной 300 м³/га производительность этой дождевальной машины составляет 0,8÷0,9 га/ч.

Двухконсольный агрегат ДДА-100Т (двухконсольная дождевальная машина ДДА-100Т) производства ОАО «Херсонские комбайны» (Украина) является усовершенствованным аналогом ДДА-100МА и характеризуется нижеприведенными техническими и технологическими показателями: энергетическая установка – трактор Т-150-0,5; расход поливной воды (дождевальной машины) – 120 л/с; ширина фронта (захвата) дождём – 120 м; давление в напорной линии насоса – 0,30 МПа; рабочая скорость перемещения машины в процессе полива – 12,0÷17,2 м/мин ходом «вперёд» и 16,8 м/мин – ходом «назад»; средний слой дождя за один проход – 3,3÷4,2 мм; характер распределения площадей зоны увлажнения со средней поливной нормой – 61 %; с недоувлажнённой до поливной нормы площадью – 18 % и избыточно увлажнённой (переувлажнённой) зоной, составляющей 21 %; средний диаметр капель искусственного дождя – 1,1 мм.

По аналогии с двухконсольным дождевальным агрегатом ДДА-100МА дождевальная машина ДДА-100Т осуществляет полив в движении в процессе фронтального перемещения по поливному участку вдоль открытого оросителя, являющегося источником водного питания для дождевального агрегата.

Известны и другие разработки дождевальных агрегатов конструктивно подобных дождевальной машине ДДА-100МА, например, дождевальный агрегат ДДА-200, состоящий из двух последовательно соединённых двухконсольных ферм с шириной захвата равной 245 м и длиной захвата искусственным дождём с одной позиции равной 35 м. При расходе машины $q_{д/м} = 203$ л/с и напорах в начале водовода – 25 м, а в конце её фермы – 13 м средняя интенсивность дождя составляет $\bar{I}_{д/ср} = 1,5$ мм/мин.

На основе ДДА-100М разработан дождевальный агрегат ДДА-145 с показателями: расход – 145 л/с; давление – 0,35 МПа; ширина захвата – 120 м; слой дождя за один проход – 5 мм; сезонно обрабатываемая площадь 130÷150 га. В отличие от базовой модели используют размещаемые на трубопроводе «центробежные» насадки с бóльшей производительностью.

Известна конструкция двухконсольного дождевально-поливного агрегата ДДПА-130/140, на котором, кроме дождевателей, предусмотренных на ДДА-100МА, устроено 160 шланговых водовыпусков, расположенных по дождевальным крыльям с шагом в 0,7 м, закрепляемых посредством штуцеров на нижней стороне водопроводящих труб. Шланговые водовыпуски оборудованы кранами и разбрызгивателями, позволяющими осуществлять дождевание на высоте 30÷70 см от поверхности земли или подавать воду в поливные борозды с одной позиции или при движении машины.

Известны предложения по устройству подобных ДДА дождевальных машин с бóльшей шириной захвата, основанных на использовании дополнительных (концевых или срединных) поддерживающих фермы колёсных опор.

Известно предложение специалистов ФГБНУ ВНИИ «Радуга» по модернизации дождевальных агрегатов семейства «ДДА» с заменой используемых дождевальных насадок кругового (полнокругового) действия на усовершенствованные малоинтенсивные секторные насадки (секторного действия).

Для дождевальной машины ДДА-100МА во ВНИИ «Радуга» разработано три схемы расстановки предложенных (конструктивно отработанных) низконапорных, короткоструйных дождевальных насадок: первая схема предусматривает размещение 54 насадок по типовой системе размещения дождеобразователей (для почв со средней водопроницаемостью); для почв с низкосредней водопроницаемостью предложена шахматная (вторая) схема размещения 54 насадок; третья схема предусматривает размещение на дождевальных крыльях 102 короткоструйных насадок (для почв с низкой водопроницаемостью). Соответственно вышеуказанным схемам разработано два комплекта дождевальных устройств (КДУ-54-100 и КДУ-102-100), позволяющих модернизировать дождевальный агрегат ДДА-100МА. При модернизации этой дождевальной машины предлагается предусмотреть изменение её расхода в пределах от 80 до 120 л/с и использовать разработанную систему автоматического управления её перемещением и управления поливом.

По заключению специалистов ВНИИ «Радуга» улучшение качества структуры искусственного дождя, достигаемое применением усовершенствованных секторных дождевальных насадок, позволяет: увеличить равномерность распределения поливной воды на 60 %; снизить интенсивность искусственного дождя на 40 %, а крупность его капель на 30 % при уменьшении ударного воздействия капель на почву и растительный покров на 33 %; повысить достоковую норму полива на 27 %.

Улучшение структуры искусственного дождя позволяет получить агрономелиоративный и хозяйственно-экономический эффект, выражающийся в: снижении, а в определённых условиях и не проявлении коркообразования на поверхности почвы; отсутствии вымыва семян при постпосевных поливах и сокращения на 18÷20 % сроков их произрастания; отсутствии мелкозёмных образований на листовой поверхности растений; снижении расхода топлива и поливной воды на 20 и 23 % соответственно при увеличении выхода товарной продукции корнеплодов на 14÷16 % и прибавке урожайности основных овощных культур на 20 %.

Широкий спектр разработанных облегчённых и высокоэффективных конструкций дождевателей (дождевальных аппаратов и дождевальных насадок) вкуче с глубокими проработками РосНИИПМ рациональных схем их установки на напорных водоводах (дождевальных крыльев) и возможностью изготовления ферменных (ферменно-тросовых) конструкций консолей открывают широкие возможности для дальнейшего совершенствования двухконсольных дождевальных агрегатов типа ДДА-100, работающих в автоматическом режиме или при дистанционном управлении функционированием.

Учитывая известные наработки по подобным консольным широкозахватным дождевальным машинам, представляется целесообразным использование облегчённых конструкций движителя и главной опоры вкуче с применением вспомогательных одноколёсных опор облегчённых конструкций.

7 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ СЕМЕЙСТВА «ФРЕГАТ»

Используемые названия. В известных источниках информации используются различные названия дождевальной машины «Фрегат», среди которых: ДМ «Фрегат»; многоопорная дождевальная машина «Фрегат»; многоопорная автоматизированная дождевальная машина «Фрегат»; ДМУ «Фрегат»; самоходная многоопорная дождевальная машина «Фрегат» и др.

Базовой моделью семейства дождевальных машин «Фрегат» является модель ДМ-454-100 или ДМ-454/100 (с длиной «дождевального» (поливного) трубопровода равной 454 м и потребляемым расходом поливной воды – 100 л/с), выполненной в широком спектре типоразмеров. В последующем на её базе была разработана универсальная модель – ДМУ «Фрегат» и др.

Дождевальная машина «Фрегат» осуществляет полив в процессе кругового перемещения дождевального трубопровода (дождевального крыла) вокруг неподвижной опоры (рамной металлической конструкции, закреплённой на бетонном фундаменте), устраиваемой (размещаемой) в середине квадратного по форме поливного участка. Питание поливной водой дождевальной машины осуществляется из гидрантов напорной оросительной сети или из водозаборных скважин. Поливной участок классической конструкции ДМ «Фрегат» представляет собой круг с радиусом равным радиусу захвата дождём (длине дождевального крыла), увеличенного на длину отброса поливной струи концевым струйным дождевальным аппаратом секторного действия.

Определение. Дождевальная машина ДМУ «Фрегат» – широкозахватная самоперемещающаяся (самоходная) автоматизированная среднеструйная многоопорная колёсная гидроприводная дождевальная машина кругового перемещения, поливающая в движении, питающаяся водой из гидрантов напорной закрытой оросительной сети или из оборудованных насосами водозаборных скважин и распределяющая оросительную воду посредством устроенных на её напорном трубопроводе систем среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия в виде искусственного дождя. **Комментарий.** Конструктивно ДМ «Фрегат» представляет собой линейнопротяжённый напорный водоподающий («дождевальный») трубопровод, шарнирно (механически и гидравлически) соединённый с гидрантом напорной закрытой оросительной сети, опирающийся на систему рамных самодвижущихся гидроприводных колёсных тележек и оборудованный системой среднеструйных и концевым дальнеструйным аппаратами кругового действия.

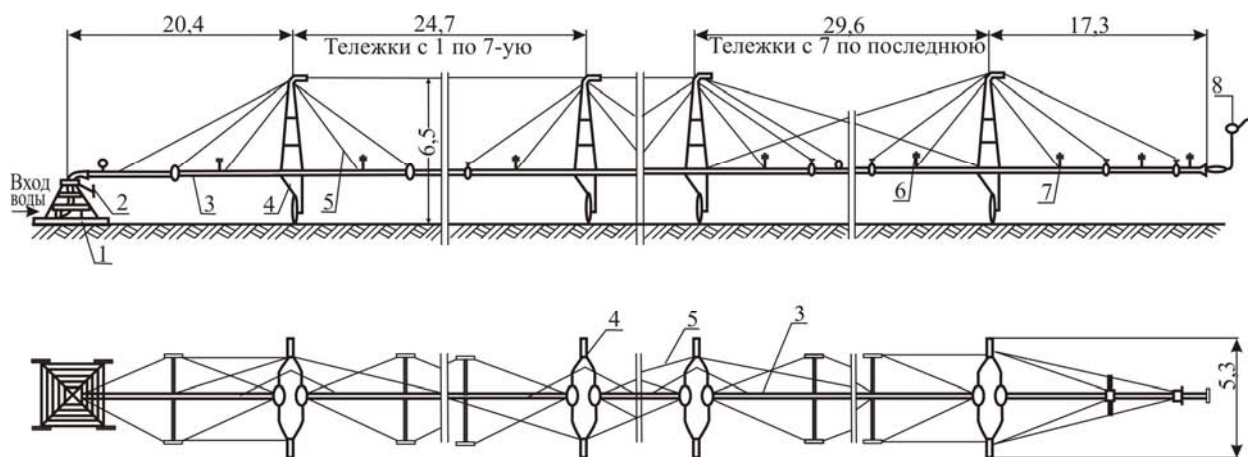
Условия применения. Дождевальные машины «Фрегат» используются для полива всех видов сельскохозяйственных культур (кроме садов и виноградников) с высотой стеблестоя до 2,2 м на неспланированных (или «грубоспланированных») участках угодий с общим уклоном до $\pm 0,03$, а в пределах локального межтележечного участка – до $\pm 0,05$ для модификации «Б» (без гибких вставок) и до $i_{\text{пов}} \leq 0,10$ для ДМ серии «А» с гибкими вставками на водопроводящем трубопроводе при скорости ветра не превышающей 8 м/с (при повторяемости таких ветров, не превышающей 20 % от числа наблюдений (суток) за поливной период), на почвах со скоростью напорного впитыва-

вания поливной воды за первый час в диапазоне от 5 до 30 см/час. Поливная вода не должна содержать взвеси размером, превышающем $2\div 3$ мм, а содержание твёрдого осадка в оросительной воде не должно превышать 5 г/л.

Конструкция «Фрегата» включает: центральную неподвижную опору с узлом физического и гидравлического соединения дождевального (поливного) трубопровода с источником питания машины поливной водой (гидрантом закрытой оросительной сети или водозаборной скважиной); водопроводящий (дождевальный или поливной) трубопровод; ферменные самоходные опоры-тележки; систему размещаемых на поливном трубопроводе средне-струйных дождевальных аппаратов кругового действия и концевой дальне-струйного, поливающего по сектору, дождевателя; систему синхронизации (автоматического регулирования) скорости перемещения (движения) самоходных тележек; систему экстренной аварийной (предаварийной) остановки дождевальной машины; средства регулирования скорости вращения поливного крыла; запорно-регулирующую и контрольно-измерительную арматуру и аппаратуру; гидроприводные механизмы движения опорных тележек; водосливные клапаны; фильтр очистки воды и другие элементы. Общий вид машины и её конструктивная схема приведены на рисунках 7.1 и 7.2.



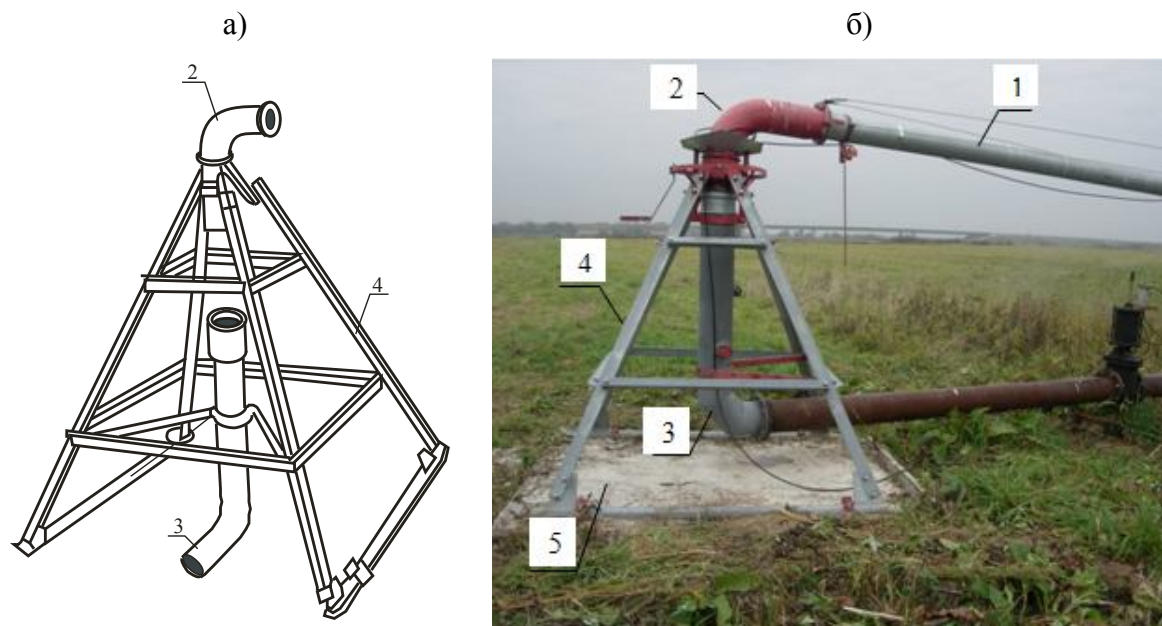
Рисунок 7.1 – Общие виды дождевальной машины «Фрегат»



- 1 – центральная неподвижная опора; 2 – регулирующее устройство;
3 – водопроводящий (дождевальный) трубопровод; 4 – самоходная колёсная опора-тележка; 5 – система тросов; 6 – дождевальные аппараты; 7 – сливные клапаны; 8 – концевой дождевальный аппарат

**Рисунок 7.2 – Схема дождевальной машины «Фрегат»
(по В. М. Краковец)**

Центральная неподвижная опора ДМ «Фрегата» представляет собой закрепляемую на массивном бетонном фундаменте пространственную сборную металлическую конструкцию в форме усечённой четырёхгранной пирамиды, во внутреннем пространстве центральной части (в центре) которой внизу располагается выходной оголовок обсадной трубы-скважины или гидрант оросительной сети (или отводы от них), а сверху – поворотное (шарнирное) трубчатое колено (для подсоединения дождевального трубопровода машины). При подключении ДМ «Фрегат» патрубок поворотного колена входит в раструб гидранта (трубы скважины) посредством шарнирного соединения с возможностью вращения (поворота машины) на 360° (рисунок 7.3).



- 1 – водопроводящий (дождевальный) трубопровод; 2 – поворотное трубчатое колено;
3 – патрубок, соединяющий трубу (гидрант) с дождевальным трубопроводом;
4 – опорная стойка неподвижной опоры; 5 – фундамент центральной опоры

Рисунок 7.3 – Конструктивная схема (а) и общий вид (б) неподвижной центральной опоры дождевальной машины «Фрегат»

Водоподающий («водопроводящий») или дождевальный трубопровод, устраиваемый из секций взаимно соединённых металлических труб с антикоррозийным покрытием, располагается на высоте 2,2 м над поверхностью земли и опирается на узел его шарнирного соединения с системой (гидрантом или водозаборной скважиной) питания (центральную неподвижную опору) и систему посекционно расположенных самоходных двухколёсных опорных (ходовых) тележек. Длина первых 7-ми секций (расстояние между ходовыми опорными тележками) составляет 24,7 м и по 29,6 м последующие секции. Дождевальный трубопровод для повышения надёжности и предотвращения его деформаций (прогибов) дополнительно скрепляется с ходовыми опорами посредством системы вантов («тросовых растяжек»).

В зависимости от конструктивного решения дождевального (водоподающего) трубопровода ДМ «Фрегат» выпускаются в двух модификациях: модификация ДМУ-А («Фрегат-1») предусматривает наличие на дождевальном трубопроводе гибких вставок, позволяющих использовать дождеваль-

ную машину на поливных участках с относительно сложным микрорельефом без проведения качественной планировки поверхности сельхозугодий; модификация ДМУ-Б («Фрегат-2») гибких ставок не имеет и рекомендуется к использованию при соответствующей планировке поверхности земли на орошаемом участке. ДМ «Фрегат» марки ДМУ-А с гибкой вставкой может применяться при абсолютной (с учётом знаков) разности уклонов в пределах отдельных пролётов или секций – до и после (перед и за) ходовой тележки(ой), превышающей 0,05 и достигающей 0,22. Гибкие вставки при чётном числе тележек не предусматриваются на первой, второй, третьей и последней тележках, а местные уклоны на этих тележках не должны превышать 0,08, что предусматривается конструкцией дождевальной машины «Фрегат-1».

Ходовые (самоходные) тележечные опоры поливного трубопровода имеют А-образную форму ферменной (рамной) конструкции, нижняя часть которой оборудована несущей платформой, опирающейся на два колеса. Колёса ходовых тележек приводятся в движение гидроприводным механизмом, работающим за счёт энергии (создаваемого насосом напора) поливной воды, подаваемой в него (под давлением) из дождевального трубопровода. Ходовые опорные фермы оборудованы тросовыми закреплениями дождевального трубопровода, устройствами синхронизации движения секций дождевального крыла и их аварийной (предаварийной и экстренной) остановки. В зависимости от количества ходовых тележек (секций дождевального крыла) выпускаются 12-ти, 13-ти, 14-ти, 15-ти, 16-ти и более «тележечные» ДМ «Фрегат».

Ходовые тележки оборудованы регуляторами скорости, позволяющими изменять (настраивать) скорости их линейного перемещения по полю. На последней ходовой тележке устроен кран – задатчик скорости, посредством которого задаётся (устанавливается) скоростной режим дождевального крыла ДМ «Фрегата», при котором обеспечивается допустимая интенсивность искусственного дождя и выдача расчётного слоя поливной воды (поливной нормы).

Дождевальная машина «Фрегат» оборудуется системой среднеструйных (посекционных) и одним концевым дальнеструйным дождевателями (дождевальными аппаратами). Концевой двух- или трёхсопловый дальнеструйный дождевальный аппарат работает по кругу и (или) сектору с расчётным радиусом полива (по крайним каплям) равным $25,0 \div 35,5$ м с расходами воды от 2,8 до 14,2 л/с. Дождевальные среднеструйные аппараты кругового действия посекционно размещаются на дождевальном трубопроводе (крыле). Для обеспечения равномерного распределения искусственного дождя (по интенсивности и слою) по поливаемой «площади» предусмотрено применение одно- и двухсопловых дождевальных аппаратов пяти типоразмеров с широким спектром диаметров их сопел (от 2,8 до 9,5 мм), с широким диапазоном технологических характеристик по расходу поливной воды (от 0,092 до 3,9 л/с) и радиусу отлёта крайних (наиболее удалённых) капель искусственного дождя (от 11 до 30 м). Базовая модель ДМ «Фрегат» оборудована 49-ю среднеструйными дождевальными аппаратами, схема размещения которых по конструкциям, типоразмерам и месту установки определена регламентной инструкцией изготовителя. При соответствующем регламентном подборе параметров (типоразмеров) и размещении дождевальных аппаратов по длине дождевального крыла

обеспечивается приемлемое (по равномерности) увлажнение поливаемой машиной «Фрегат» площади сельхозугодья (поля).

Слив поливной воды из водопроводящего трубопровода дождевальной машины осуществляется через систему оборудованных клапанами-автоматами сливных отверстий, размещаемых под каждым дождевателем.

Для регулирования и «выравнивания» скорости перемещения отдельных ходовых тележек-опор в конструкции ДМ «Фрегат» предусмотрена система синхронизации их движения, а для предотвращения изломов напорного дождевального (поливного) трубопровода и аварий дождевальная машина оснащена механической и электрической системами противоаварийной защиты.

Дождевальная машина «Фрегат» приводится в транспортируемое (буксируемое трактором) положение при отсоединении дождевального крыла от основной опоры и повороте колёс опорно-ходовых тележек на 90° с расположением их вдоль водовода (водопроводящего трубопровода).

За продолжительную историю использования «Фрегатов» разработан достаточно широкий спектр типоразмеров классической конструкции этой машины, позволяющие использовать её в различных по размерам и топографии условиях сельхозугодий. Разработано, выпускалось и использовалось более 20 типоразмеров классической конструкции «Фрегата» (ДМ, ДМУ-А и ДМУ-Б) с количеством ходовых тележек от 7 до 20 единиц, с соответствующими типоразмеру техническими характеристиками и технологическими параметрами. Всего разработано 48 типоразмеров и модификаций ДМ «Фрегат», что позволяет подобрать соответствующий (по размерам дождевального крыла и расходам воды) реальным условиям вид дождевальной машины.

Технические и технологические показатели ДМ «Фрегат». Дождевальной машине ДМУ «Фрегат» соответствуют нижеприведенные диапазоны изменения её технических характеристик и технологических показателей. 1) Количество ходовых тележек – от 7 до 20. 2) Конструктивная протяжённость дождевального трубопровода – от 199 до 571,9 м. 3) Радиус полива (захвата дождём) при неработающем концевом дождевальном аппарате – от 211 до 582 м. 4) Каждому типоразмеру дождевальной машины соответствует определённая величина потребляемого и выдаваемого расхода поливной воды, изменяющегося в пределах от 20 до 90 л/с, при этом в пределах одного типоразмера дождевальной машины предусмотрено регулирование (снижение) расхода поливной воды в пределах 20÷30 %. 5). В зависимости от типоразмера «Фрегата» принимаются соответствующие им напоры в дождевальном трубопроводе в диапазоне их изменения от 0,47 до 0,66 МПа с возможностью коррекции давления в водоводе с учётом перепада отметок местности по длине дождевального крыла. 6) Каждому типоразмеру и модификации дождевальной машины соответствуют определённое количество, вид и размер дождевальных аппаратов, поставляемых заводом-изготовителем в комплекте и с инструкцией по их установке и регулированию, что позволяет изменять величину интенсивности дождя, слой и расход водоподачи для каждой модификации и каждого типоразмера дождевальной машины, соответственно условиям полива сельхозугодья). 7) При соответствующих типоразмеру расходу и давлению в водоподающем водоводе средняя интенсивность

дождя по длине поливного крыла (по Б. Б. Шумакову) составляет $\bar{I}_d = 0,17 \div 0,31$ мм/мин. Судя по Б. Г. Штепа, средняя интенсивность у базовой модели ДМ «Фрегат» составляет – $\bar{I}_{д/ср} = 0,28$ мм/мин, по расчёту Е. С. Маркова и др. $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м}/R \cdot a = 60 \cdot 100/453,5 \cdot 40 = 0,33$ мм/мин; (где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с ($q_{д/м} = 100$ л/с); R – радиус захвата, м; a – средняя по длине дождевального крыла ширина контура увлажнения, м ($a = 40$ м)). При относительно приемлемых средних значениях интенсивности искусственного дождя для ДМ «Фрегат» характерна её значительная неравномерность по площади зоны полива и во времени. По данным Н. С. Ерхова интенсивность дождя вдоль дождевального крыла для обеспечения равного слоя осадков должна изменяться от 0,1 мм/мин у опоры до $0,5 \div 0,8$ мм/мин в конце дождевального трубопровода, что не соблюдается и неприемлемо по почвозащитным требованиям. По Б. П. Фокину и А. К. Носову (2011) для базовой модели ДМ «Фрегат» средняя интенсивность дождя составляет $0,23 \div 0,47$ мм/мин при колебаниях на отдельных участках дождевального крыла от 0,18 до 0,60 мм/мин. При этом средний диаметр капель концевых участков струй (8÷16) тележек находятся в пределах от 1,5 до 5,1 мм. Судя по Б. П. Фокину и А. К. Носову (2011), «по данным ВолжНИИГиМа с удалением от центра круга с пятой до двенадцатой тележки интенсивность дождя изменяется от 0,29 до 0,72 мм/мин, а по оси дождевального аппарата увеличивается до 1,7 мм/мин». 8) Максимальная площадь полива на одной позиции ДМ «Фрегат», в зависимости от типоразмера дождевальной машины, составляет $15,8 \div 111,3$ га, а сезонная производительность изменяется в пределах от 31 до 144 га. 9) Минимальная продолжительность одного полного оборота ДМ «Фрегат» составляет – $21 \div 65$ ч (с возможностью регулирования) с выдачей минимума слоя искусственного дождя в пределах от 9,8 до 22,0 мм. 10) Продолжительность периода непрерывно находящейся под поливом зоны искусственного увлажнения ($t_{пол.н/пр}$, мин) при выдаче минимальной поливной нормы за один оборот изменяется в пределах от 61 до 80 мин. Сопоставление данных по фактической средней интенсивности характерной для дождевальной машины «Фрегат» и продолжительности периода выдачи минимального слоя дождевых осадков ($h_{д/мин}$, мм) при максимальной скорости вращения дождевального крыла (минимальной продолжительности одного оборота) позволяет заключить о приемлемости всех моделей и типоразмеров этой дождевальной машины для полива песчаных, супесчаных, легко- и среднесуглинистых почв, а тяжёлосуглинистых и глинистых почв – при предварительном проведении мероприятий по повышению их водовпитывающей способности. 11) Максимальная продолжительность одного полного оборота может достигать 240 ч с выдачей поливной нормы в $1000 \text{ м}^3/\text{га}$. Основные технические характеристики и технологические параметры части классических моделей и типоразмеров дождевальных машин семейства «Фрегат» приведены в таблицах 7.1, 7.2.

Таблица 7.1 – Технические характеристики и технологические показатели высоконапорных ДМ «Фрегат»

Наименование характеристики	Значения показателей по типоразмерам дождевальных машин																				
	ДМУ-А199-28	ДМУ-А229-32	ДМУ-А253-38	ДМУ-А283-45	ДМУ-А308-30	ДМУ-А308-55	ДМУ-А337-45	ДМУ-А337-65	ДМУ-А362-50	ДМУ-А392-50	ДМУ-А417-55	ДМУ-Б379-75	ДМУ-Б409-80	ДМУ-Б434-90	ДМУ-Б463-60	ДМУ-Б463-90	ДМУ-Б488-65	ДМУ-Б488-90	ДМУ-Б518-90	ДМУ-Б542-90	ДМУ-Б572-90
Количество тележек, ед.	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14	15	13	14	15	16	16	17	17	18	19	20
Длина, м	199	229	253	283	308	308	337	337	362	392	417	379	409	434	463	463	488	488	518	542	572
Расход поливной воды, л/с	28	32	38	45	30	55	45	65	50	50	55	75	80	90	60	90	65	90	90	90	90
	20	25	28	30	–	45	35	55	40	40	45	68	72	80	50	80	55	80	80	80	80
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60	65	70	–	72	–	–	72	72	72
Давление на гидранте, МПа	0,47	0,48	0,50	0,51	0,48	0,54	0,52	0,59	0,54	0,55	0,57	0,57	0,58	0,62	0,54	0,63	0,56	0,64	0,64	0,65	0,66
	0,46	0,47	0,47	0,48	–	0,52	0,50	0,55	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,59	0,51	0,59	0,53	0,60	0,61	0,61	0,62
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,53	0,54	0,56	–	0,57	–	–	0,58	0,58	0,59
Интенсивность дождя, мм/мин	0,20	0,22	0,24	0,25	0,16	0,27	0,21	0,29	0,21	0,20	0,21	0,29	0,29	0,31	0,20	0,29	0,21	0,27	0,26	0,25	0,24
	0,17	0,18	0,19	0,18	–	0,23	0,17	0,25	0,18	0,17	0,17	0,27	0,26	0,28	0,18	0,26	0,18	0,25	0,23	0,23	0,22
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,24	0,24	0,24	–	0,23	–	–	0,21	0,21	0,20
Минимальный слой за один оборот, мм	12,2	14,2	15,6	17,0	10,6	19,5	14,7	21,3	15,5	14,5	15,2	22,2	22,3	23,8	15,0	22,5	15,6	21,6	20,5	19,4	18,8
	9,8	11,1	11,4	11,3	–	15,9	11,4	18,0	12,4	11,6	12,4	20,1	20,0	21,2	12,5	20,0	13,2	19,2	18,2	17,3	16,8
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17,8	18,1	18,5	–	18,0	–	–	16,4	15,5	15,1
Поливаемая площадь, га	15,8	20,2	24,4	29,8	34,8	34,8	41,3	41,3	47,1	54,6	61,2	51,3	59,1	66,1	74,9	74,9	82,6	82,6	92,5	102,2	111,3
Ширина захвата, м	217	246	270	300	325	326	354	356	379	409	434	393	425	450	476	477	500	502	532	556	586
	213	244	266	298	–	–	353	–	378	408	433	392	423	448	475	–	–	–	–	555	585
Время оборота (min), ч	21,4	24,9	27,8	31,3	34,2	34,2	37,6	37,6	40,5	44,0	46,9	42,3	45,7	48,7	52,2	52,2	55,0	55,0	58,5	61,4	65,0
Время выдачи минимального слоя, мин	61,0	64,5	65,0	68,0	66,3	72,2	70,0	73,5	73,8	72,5	72,4	76,6	76,9	76,8	75,0	77,6	74,3	80,0	78,8	77,6	78,3
	57,6	61,7	60,0	62,8	–	69,1	67,1	72,0	68,9	68,2	72,9	74,4	76,9	75,7	69,4	76,9	73,3	79,1	76,8	75,2	76,4
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74,2	75,4	77,1	–	78,3	–	–	78,1	73,8	76,5

Таблица 7.2 – Технические характеристики и технологические показатели низконапорных модификаций и типоразмеров ДМУ «Фрегат»

Номенклатурное обозначение машины	Количество тележек	Длина машины, м	Расход воды, л/с	Давление на входе, МПа (при $i_b = 0$)	Максимальная площадь полива, га
ДМУ-Бнм 379-50	13	379,2	50	0,41	50,0
ДМУ-Бнм 409-57	14	408,8	57	0,41	57,8
ДМУ-Бнм 434-63	15	433,6	63	0,41	64,7
ДМУ-Бнм 463-72	16	463,2	72	0,41	73,3

Судя по таблице 7.1, для ряда типоразмеров дождевальной машины предусмотрены разные значения потребляемых расходов поливной воды, регулирование величиной которых обеспечивается установкой соответствующих комплектов дождевальных аппаратов и соответствующей их настройкой. Напор воды в водоводе ДМ «Фрегат» регулируется (увеличивается) с учётом геодезического (положительного) перепада отметок трубопровода на первой неподвижной опоре и концевой самоходной опоре, то есть $H_{\text{рег}} = H_{\text{норм}} + \Delta h$, м, где $H_{\text{рег}}$ – регулируемый (необходимый) напор в трубопроводе, м; $H_{\text{норм}}$ – нормативный напор в водоводе по техническому регламенту (паспорту машины) при уклоне поверхности поливаемого угодья вдоль дождевального крыла равном нулю (при горизонтальном положении водовода), м.

Скорость перемещения дождевальной машины «Фрегат» по полю определяется скоростью движения последней (концевой) тележки, регулируемой посредством задатчика скорости. Данные по технологическим параметрам полива при различной скорости движения машины на примере типоразмера ДМ-454/100 с постоянно включенным концевым дождевальным аппарате при радиусе его действия равном 15 м приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Технологические показатели ДМ-454/100* при разноскоростных режимах перемещения

Положение регулятора	Открыто	А	Б	В	Г	Д	Е
Скорость движения, об./сут	0,47	0,45	0,39	0,34	0,21	0,11	0,014
Выдаваемая поливная норма, мм	25,0	26,0	30,0	34,0	56,0	102,0	8390

Достоинства классических конструкций дождевальных машин семейства «Фрегат»: высокая производительность труда на поливе (при групповом использовании машин) и высокая надёжность машины при поливе участков со сложным микро- и нанорельефом; возможность круглосуточной работы в автоматическом режиме; относительно приемлемое качество дождевого полива; широкие пределы регулирования поливных норм; отработанность конструктивных решений и широкий спектр типоразмеров, позволяющих подоб-

*Технические характеристики ДМ-454/100: расход воды – 90÷100 л/с при напоре равном 0,65 МПа; средняя интенсивность дождя – 0,31 мм/мин; радиус полива при отключённом концевом дождевателе – 468 м (при 16 тележках и 50 дождевателях при длине машины – 453,5 м); минимальная площадь полива на одной позиции при включённом концевом аппарате – 72 га.

рать соответствующую условиям полива модель и размер машины; возможность полива всех видов полевых сельскохозяйственных культур; высокие показатели использования рабочего времени, надёжности и ремонтпригодности; простота и большой опыт технического обслуживания и другие.

Недостатки ДМ «Фрегат» заключаются в: недополиве угловых участков полей [$12 \div 15$ % площади]; ограничениях по качеству поливной воды; проблематичности качественного полива в ветреную погоду; высоких показателях по металло- и энергоёмкости; нерешённости проблем с равномерностью распределения дождевых осадков по поливаемой площади и другие.

Классические модели ДМ «Фрегат» дополнялись их различными модификациями и усовершенствованиями (модернизациями). Так, на почвах с низкой несущей способностью используют ДМ «Фрегат» повышенной проходимости (с колёсами на пневмошинах низкого давления). Для «фертигационного» (удобрительного) или «гербицидного» орошения (полива) используется пять модификаций дождевальной машины «ДМУ-А» с расходом от 30 до 55 л/с, оборудованных гидроподкормщиком. Известны и используются конструкции ДМУ «Фрегат», дооборудованные: системой низковисящих дождевателей с регуляторами давлений для приземного полива сельскохозяйственных угодий; дождевальные машины «Фрегат» с системой «сухих колёс», то есть с поливом приколёсных зон сегментными дождевателями, подающими воду в заколёсную зону (обратную направлению перемещения дождевального крыла) и переоборудованные из высоконапорных ДМ «Фрегат» в низконапорные.

Кроме гидроприводных «Фрегатов» в СССР до 1990 года были разработаны различные конструкции электроприводной дождевальной машины серии ДМФ и ДМФЕ «Фрегат». Широкий спектр значимо усовершенствованных модификаций этой дождевальной машины из семейства «Фрегатов» был в последующем разработан украинскими специалистами.

Усовершенствованная конструкция ДМФЕ «Фрегат» – ферменная реверсивная низконапорная дождевальная машина ипподромного типа с электрическим приводом на каждой опорно-ходовой тележке кругового и фронтального действия (или фронтального полива с круговым перемещением) с забором воды из гидранта оросительной сети или открытого канала (оросителя) является универсальной дождевальной машиной своего класса.

Технические характеристики и технологические параметры подсемейства ДМФ «Фрегат» представлены нижеприведенными диапазонами показателей: количество опорно-ходовых тележек от 1 до 20; длина машины от 42,35 до 1100 м; рабочее давление на входе в дождевальную машину при нулевом уклоне её дождевального крыла – $0,19 \div 0,52$ МПа; потребляемый (выдаваемый) расход поливной воды от 20 до 300 л/с; минимальный слой дождя за один проход – $2,9 \div 14,2$ мм; клиренс – 3,1 м.

Из всего спектра модификаций и типоразмеров дождевальных машин этого подсемейства ДМФ «Фрегат» широкое применение получила multifunctionальная модификация ДМФЕ «Фрегат» – электрифицированная или дизель-генераторная самоперемещающаяся многопролётная реверсивная широкозахватная дождевальная машина ипподромного типа кругового и фронтального

тального действия с возможностью кругового движения по внутренней или внешней части орошаемого участка, с поливом или без полива, перемещающаяся в любом направлении и питающаяся от гидрантов напорной оросительной сети или из открытого канального оросителя, обеспечивающая полив полей линейной и сложноконтурной («нерегулярной») конфигурации.

Электропитание дождевальной машины ДМФЕ «Фрегат» осуществляется от дизель-генератора (дизельной электрической станции) или от электрической сети (через трансформаторную подстанцию и электрокабель).

Дождевальные машины этого подсемейства оборудованы самоходной (перемещающейся) четырёхколёсной (или двухколёсной) центральной опорной тележкой, имеющей гибкое соединение с дождевальным крылом (трубопроводом) и оборудованы гибким шлангом (или двумя шлангами) для подсоединения к источнику водного питания – гидранту оросительного трубопровода. На центральной тележке устанавливается электрощит для подсоединения к электрической сети или дизельному электрогенератору и размещаются средства управления работой дождевальной машины (рисунок 7.4).



Рисунок 7.4 – Общий вид центральной мобильной опорной тележки с энергетической установкой и гибким водоподающим шлангом ДМФЕ «Фрегат»

Базовая 4-х колёсная и двухколёсные опорно-ходовые электроприводные тележки с пневмоободом (пневмоколёсные) оборудованы индивидуальными мотор-редукторами, обеспечивают прямое и реверсивное перемещение (движение) дождевальной машины в широком диапазоне рабочих скоростей.

Дождевальный трубопровод (водовод) многосекционной ферменной конструкции опирается на систему опорных рам (опорно-ходовых двухколёсных тележек – ферм) и поддерживается системой тросов (рисунок 7.5).

На напорном водоводе системно размещены (подвешены) дождевальные аппараты (дождеватели) кругового действия фирмы «Senninger» WobStandart или дождеватели Nelson R 3000 Rotator и концевой дождеватель (дождевальная насадка) секторного действия Komet TwinMax (рисунок 7.6).



**Рисунок 7.5 – Общий вид фрагмента
дождевального крыла ДМФЕ «Фрегат»**



а – дождеобразователь Senninger; б – дождеобразователь Komet

Рисунок 7.6 – Виды дождевателей, используемых на ДМФЕ «Фрегат»

Концевой дальнеструйный дождеватель секторного полива автоматически включается при поливе угловых участков квадратного поля и может работать постоянно. Промежуточные короткоструйные дождеобразователи (аппараты) подвешиваются к ферменному водоводу посредством гибких шлангов, обеспечивающих приземный (надстебельный) полив сельскохозяйственных угодий с определённой регулируемой высоты (рисунок 7.7).

Подача воды в водоприёмный трубопровод центральной тележки дождевальной машины от гидрантов оросительной сети осуществляется посредством гибких облегчённых шлангов с быстроразъёмными соединениями.

Диапазоны технических характеристик и технологических параметров ДМФЕ «Фрегат» составляют: длина многопролётного дождевального крыла ферменной конструкции до 442 м (семь тележек) и более; скорость движения (перемещения) при поливе – $0,167 \div 1,5$ м/мин; рабочее давление при нулевом

уклоне водовода – $0,25 \div 0,30$ МПа; расход до $80 \div 90$ л/с при заборе из канала-оросителя и более и до $50 \div 75$ л/с и более при заборе воды из гидранта; средняя интенсивность дождя вдоль машины – до 0,65 мм/мин.



Рисунок 7.7 – Общие виды полива сельскохозяйственных угодий ДМФЕ «Фрегат»

Норма полива зависит от подаваемого расхода поливной воды и скорости перемещения дождевальной машины. Так, для семиопорной иппотромной модели ДМФЕ «Фрегат» с длиной дождевальной крыла равной 442 м при расходе $q_{д/м} = 50 \div 75$ л/с и скорости перемещения равной 1 м/мин слой дождя за один проход машины составляет $6,7 \div 10,0$ мм.

Технические характеристики и технологические параметры дождевальных машин ДМФЕ «Фрегат», выпускаемых заводом «Фрегат» (Украина) по различным модификациям и типоразмерам, приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Данные по техническим и технологическим параметрам ДМФЕ «Фрегат»

Аббревиатура модификации и типоразмер машины	Количество пролётов	Длина машины, м	Максимальная площадь полива, га	Масса машины без воды, т
1	2	3	4	5
Дождевальные машины фронтального перемещения с забором поливной воды из гидрантов оросительной сети*				
ДМФ-Ф-А3-202	3	202	—	9,6
ДМФ-Ф-А4-262	4	262	—	12,3
ДМФ-Ф-А5-322	5	322	—	15,0
ДМФ-Ф-А6-382	6	382	—	17,8
ДМФ-Ф-А7-442	7	442	—	20,5
ДМФ-Ф-А-8-502	8	502	—	23,2
Двукрылые дождевальные машины фронтального перемещения с забором поливной воды из канального оросителя**				
ДМФ-Фк-2А3-404	6	404	—	20,0
ДМФ-Фк-2А4-524	8	524	—	25,2
ДМФ-Фк-2А5-644	10	644	—	30,9

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5
ДМФ-Фк-2А6-764	12	764	—	36,3
ДМФ-Фк-2А7-884	14	884	—	41,8
ДМФ-Фк-2А8-1004	16	1004	—	47,3
ДМФ-Фк-2Б6-694	12	694	—	36,3
ДМФ-Фк-2Б7-790	14	790	—	41,8
ДМФ-Фк-2Б8-886	16	886	—	47,3
ДМФ-Фк-2Б9-982	18	982	—	52,7
ДМФ-Фк-2Б-10-1078	20	1078	—	58,2
Однокрылые дождевальные машины фронтального перемещения с забором воды из канального оросителя***				
ДМФ-Фк-А3-202	3	202	—	11,3
ДМФ-Фк-А4-262	4	262	—	14,0
ДМФ-Фк-А5-322	5	322	—	16,7
ДМФ-Фк-А6-382	6	382	—	19,5
ДМФ-Фк-А7-442	7	442	—	22,2
ДМФ-Фк-А8-502	8	502	—	24,9
ДМФ-Фк-Б6-347	6	347	—	19,5
ДМФ-Фк-Б7-395	7	395	—	22,2
ДМФ-Фк-Б8-443	8	443	—	24,9
ДМФ-Фк-Б9-491	9	491	—	27,7
ДМФ-Фк-Б10-539	10	539	—	30,4
ДМФ-Фк-Б11-587	11	587	—	33,1
ДМФ-Фк-Б12-635	12	635	—	35,8
ДМФ-Фк-Б13-683	13	683	—	38,6
ДМФ-Фк-Б14-732	14	732	—	41,3
ДМФ-Фк-Б15-780	15	780	—	44,0
ДМФ-Фк-Б16-828	16	828	—	46,8
ДМФ-Фк-Б17-871	17	876	—	49,5
ДМФ-Фк-Б18-924	18	924	—	52,2
ДМФ-Фк-Б19-972	19	972	—	55,0
ДМФ-Фк-Б20-1020	20	1020	—	57,7
Дождевальные машины ДМФЕ «Фрегат» кругового перемещения****				
ДМФ-К-А3-202	3	202	15,5	9,0
ДМФ-К-А4-262	4	262	25,0	11,6
ДМФ-К-А5-322	5	322	36,7	14,2
ДМФ-К-А6-382	6	382	50,7	16,9
ДМФ-К-А7-442	7	442	67,0	19,5
ДМФ-К-А8-502	8	502	85,6	22,1
ДМФ-К-Б6-347	6	347	42,3	16,9
ДМФ-К-Б7-395	7	395	54,1	19,5
ДМФ-К-Б8-443	8	443	67,3	22,1
ДМФ-К-Б9-491	9	491	82,0	24,8
ДМФ-К-Б10-539	10	539	98,1	27,4
ДМФ-К-Б11-587	11	587	115,7	30,0
Дождевальные машины ДМФЕ «Фрегат» кругового перемещения****				
ДМФ-К-Б12-635	12	635	134,7	33,8
ДМФ-К-Б13-683	13	683	155,2	36,6
ДМФ-К-Б14-762	14	732	177,6	39,3

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5
ДМФ-К-Б15-780	15	780	201,0	42,0
ДМФ-К-Б16-828	16	828	225,8	44,8
ДМФ-К-Б17-876	17	876	252,1	47,5
* Давление на гидранте $P_{\Gamma} = (0,4 \div 0,5)$ МПа; расход дождевальной машины $q_{\text{д/м}} = 50 \div 75$ л/с; ** Расход двукрылых машин до $280 \div 300$ л/с; *** Расход однокрылых дождевальных машин модификации серии «А» до $80 \div 90$ л/с, а для модификации «Б» до $140 \div 150$ л/с; **** Расход для модификаций «А» $q_{\text{д/м}} = 80 \div 90$ л/с, а для модификации дождевальной машины серии «Б» $q_{\text{д/м}} = 140 \div 150$ л/с.				

Разработаны и применяются низконапорные ДМ «Фрегат» с давлением на входе в машину равном 0,41 МПа, а в конце поливного трубопровода – 0,24 МПа, технические характеристики базовой модели которого составляют: расход поливной воды – 72,3 л/с; количество тележек – 16 единиц при длине крыла – 463,2 м и радиусе полива – 488 м. Машина обеспечивает среднюю по длине крыла интенсивность дождя $\bar{I}_{\text{д.ср.}} = 0,533$ мм/мин при минимальной продолжительности одного оборота машины, составляющего $82 \div 86$ ч. Эта машина оборудована 35-ю среднеструйными и 136-ю короткоструйными дождевальными аппаратами, позволяющими формировать за один проход машины слой дождя в пределах от 20 до 100 мм. Разработано четыре типоразмера этой модификации «Фрегата» с длиной крыла равной 379, 409, 434 и 463 м с расходами – 50, 57, 63 и 72 л/с (см. таблица 7.2).

Известно конструктивное решение дождевальной машины ДМУ «Фрегат-Н» с модернизированным дождевальным поясом для работы при пониженном напоре, предусматривающее использование дождевальных короткоструйных насадок секторного действия с улучшенными, по сравнению с используемыми, технологическими характеристиками (рисунки 7.8, 7.9).

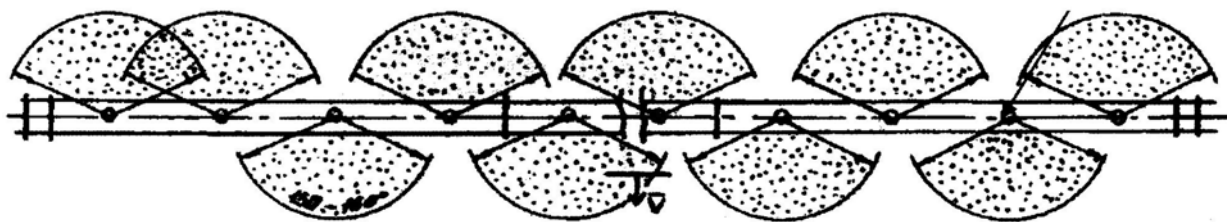
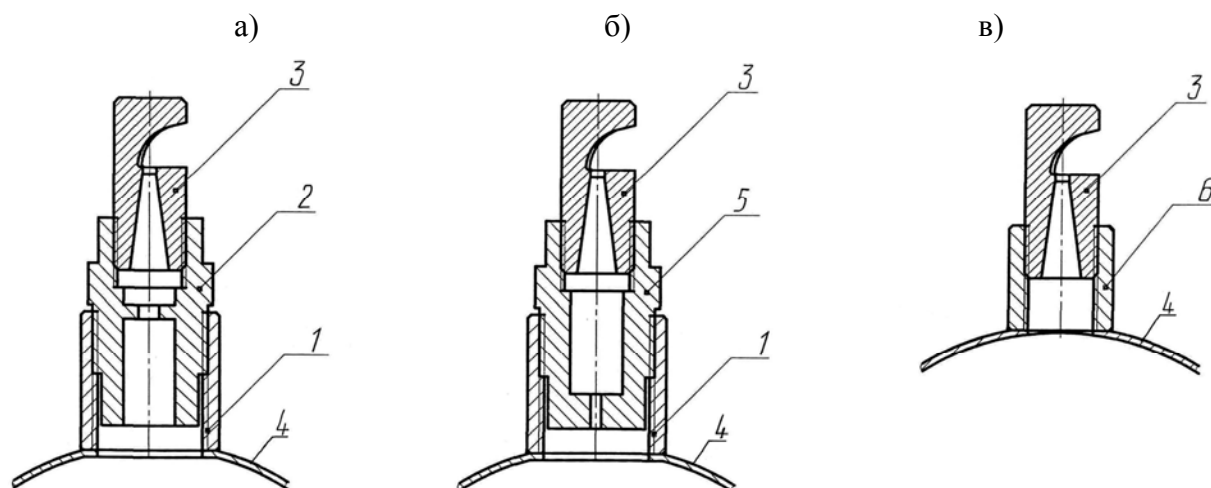


Рисунок 7.8 – Схема расстановки дождеобразующих устройств (дождевальных насадок) секторного действия по дождевальному крылу ДМУ «Фрегат-Н» и формируемого ими дождевого облака (по ВНИИ «Радуга»)

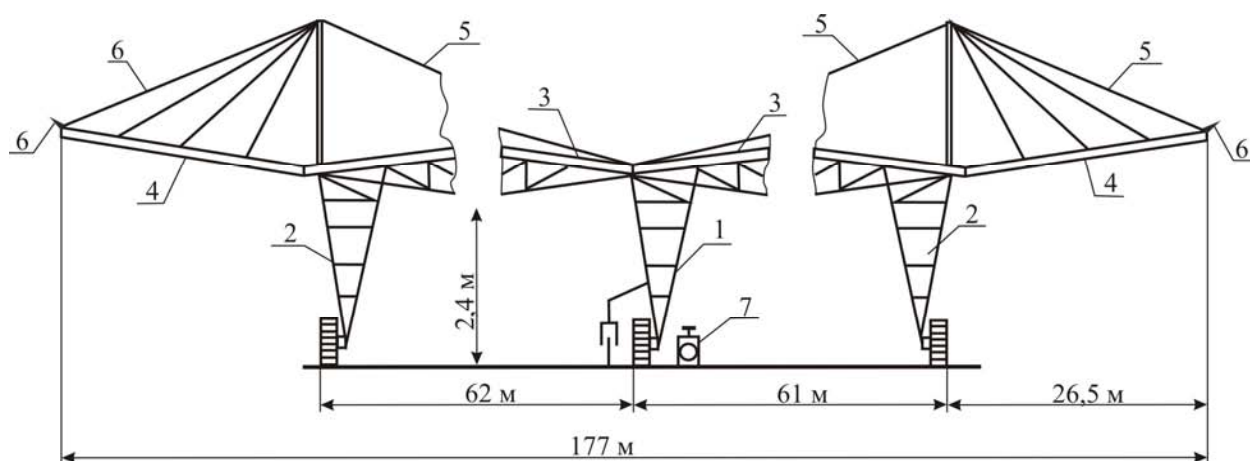


а – с дросселем типа «П»; б – с дросселем типа «Д»; в – без дросселирующего элемента;
 1 – муфта 1"; 2 – дросселирующий элемент типа «П»; 3 – короткоструйная секторная насадка; 4 – водопроводящий трубопровод ДМ «Фрегат»;
 5 – дросселирующий элемент типа «Д»; 6 – муфта 1/2"

Рисунок 7.9 – Дождеобразующие устройства, рекомендуемые специалистами ВНИИ «Радуга» для установки на ДМ «Фрегат»

Предложенные конструкции дождевальных насадок, изготавливаемых из полимерных материалов, отличаются высокой надёжностью, низкой стоимостью, «антивандальной защищённостью», быстрой и простой заменяемостью; они формируют мелкокапельный дождь при снижении высоты дождевого облака до 3 м (при 5÷7 м у серийных дождевальных аппаратов), что снижает испарение влаги и снос дождевого облака ветром.

Известно конструктивное решение дождевальной машины фронтального полива (перемещения машины по поливному участку) ДМ «Мини-Фрегат-ФШ», общеконструктивная схема которого приведена на рисунке 7.10.

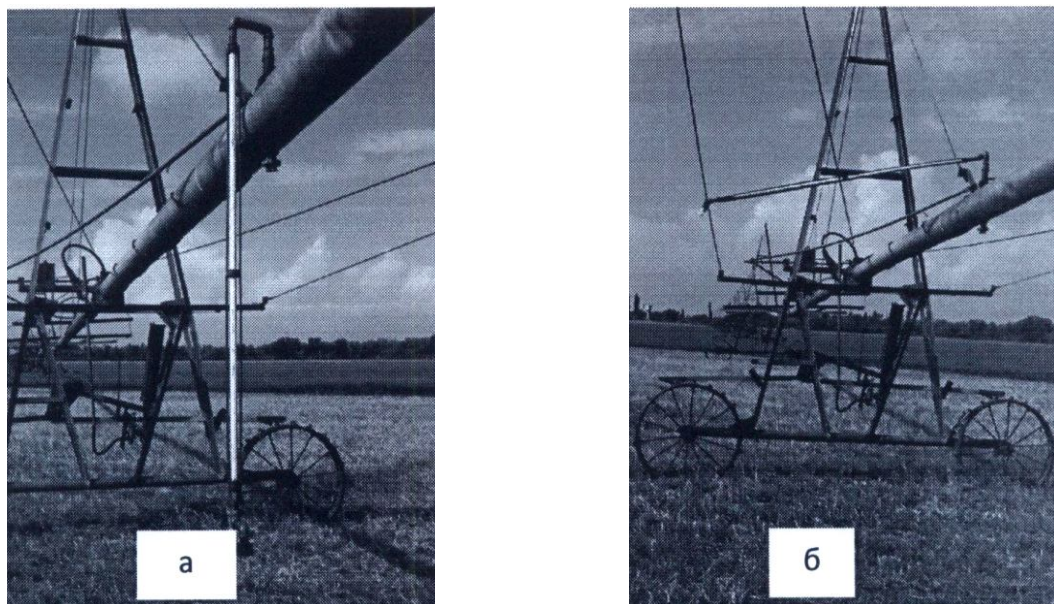


1 – центральная опорно-ходовая тележка; 2 – пролётные опорно-ходовые тележки;
 3 – пролётные фермы дождевального трубопровода; 4 – консоли дождевального трубопровода; 5 – ванты (тросовые растяжки); 6 – консольные (концевые) дождеватели; 7 – «питающий» гидрант напорной оросительной сети

Рисунок 7.10 – Схема (продольный разрез) ДМ «Мини-Фрегат-ФШ»

По заключению специалистов ФГБНУ ВолжНИИГиМа (В. А. Щадских, Н. Ф. Рыжко) устанавливаемые на ДМ «Фрегат» серийные дождевальные аппараты не соответствуют современным требованиям в части: низкой равномерности полива при ветре [коэффициент эффективного полива $k_{\text{пол/эф}}$ составляет $0,45 \div 0,55$]; значительных потерь поливной воды на испарение и снос (в среднем до $10 \div 15$ %, а в жаркие и суховейные дни – до 30 %), что объясняется $4 \div 8$ -метровой высотой подъёма дождевого облака над поверхностью земли. Концевые дождевальные аппараты формируют среднюю и истинную (действительную) интенсивность дождя на уровне $0,6 \div 0,8$ мм/мин и $2,5 \div 3,5$ мм/мин соответственно при крупности выпадающих на почву дождевых капель в концевой части струй, достигающей $2,5 \div 3,5$ мм.

Для снижения потерь поливной воды на испарение и снос на дождевальных машинах «Фрегат» в ВолжНИИГиМе предложено использовать устройства приповерхностного дождевания (УПД) из сборных трубчатых металлических штанг или гибких шлангов вкупе с металлическими прутками и с соответствующими конструкциями дождеобразователей (рисунок 7.11).



а) с нижним расположением устройства приповерхностного дождевания;
б) с верхним расположением УПД

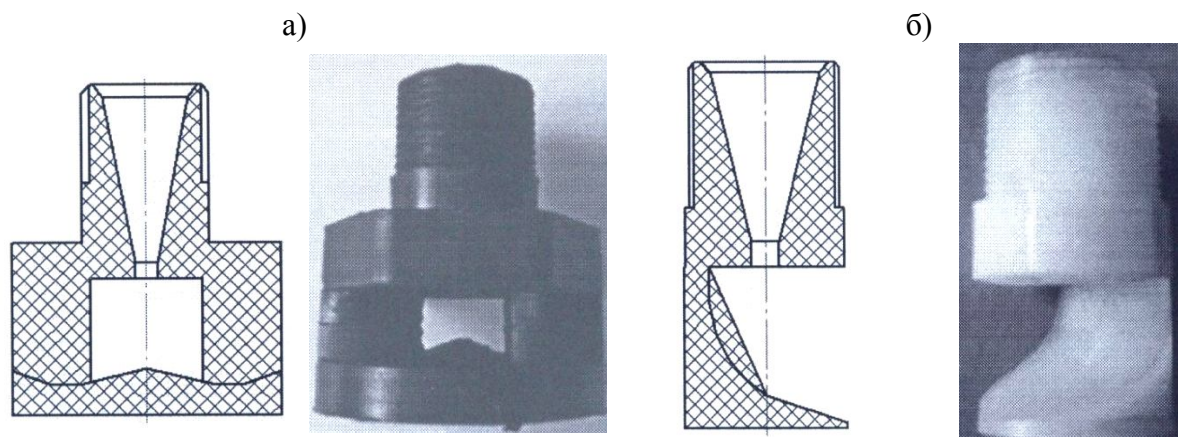
Рисунок 7.11 – Виды установки устройств приповерхностного дождевания на ДМ «Фрегат» по разработке ВолжНИИГиМа

Устройства приповерхностного (приземного) дождевания позволяют регулировать высоту размещения дождеобразователя в пределах от 1,0 до 2,5 м от поверхности почвенного покрова (над стеблестоем).

Конструкции короткоструйных дождевальных насадок, рекомендуемых ВолжНИИГиМ для установки на дождевальных машинах «Фрегат» взамен серийных дождеобразователей, приведены на рисунке 7.12.

По данным ВолжНИИГиМа предлагаемые дефлекторные насадки кругового действия с обратным конусным отражателем (по рисунку 7.12а) при напоре в трубопроводе равном 0,2 МПа для различных диаметров сопел

(от 4 до 10 мм) обеспечивают радиус захвата искусственным дождём в пределах от 5,0 до 7,5 м соответственно. Радиус захвата секторной дефлекторной насадки (по рисунку 7.12б) при рабочем напоре в 0,2 МПа и диаметрах сопел от 3 до 10 мм составляет 6÷12 м, что и определяет частоту (шаг) их размещения (установки) на дождевальном трубопроводе ДМ «Фрегат».



а) дефлекторная полнокруговая насадка с обратным отражающим конусом;
б) дефлекторная секторная насадка с низовым расположением отражателя

Рисунок 7.12 – Дефлекторные насадки ВолжНИИГиМа, рекомендуемые для установки на устройствах приповерхностного дождевания ДМ «Фрегат»

Испытания опытного образца низконапорной ДМ «Фрегат», оборудованной УПД с короткоструйными дождеобразователями при соответствующей системе их расположения и соответствующими диаметрами их сопел, показали реальную возможность повышения качества дождевого полива.

Известны исследования и конструктивные разработки ВолжНИИГиМа по устройству двухниточного водовода на ДМ «Фрегат» из металлических и полиэтиленовых труб различного диаметра и полиэтиленового водовода, заключённого в несущий нагрузки металлический каркас (корсет). Конструктивное решение такого металлического каркаса (корсета), предложенное специалистами ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», приведено на рисунке 7.13.

Известен ряд конструкций (конструктивных решений) ДМ «Фермер Фрегат» с длиной поливного крыла равной 175, 145, 120, 90, 65 и 35 м с расходом поливной воды равным 22, 18, 14, 11, 8 и 5 л/с соответственно.

В «ВолжНИИГиМе» разработана конструкция реверсивной дождевальной машины «Фрегат» и опытный образец ДМ «Фрегат» фронтального действия. Дождевальная машина предназначена для орошения полей площадью до 26 га со «спокойным» рельефом (грубо спланированной поверхностью земли). Полив осуществляется в процессе фронтального (челночного) движения в прямом и обратном направлениях) перемещения дождевальной машины по поливному участку вдоль гидрантов оросительной сети.

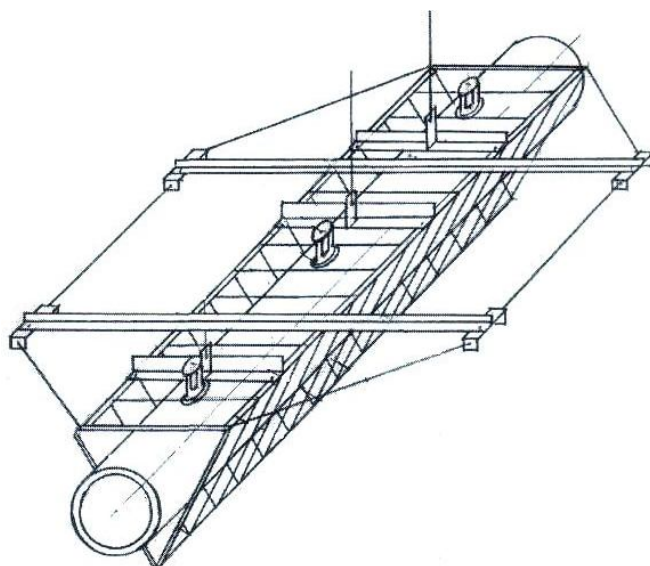
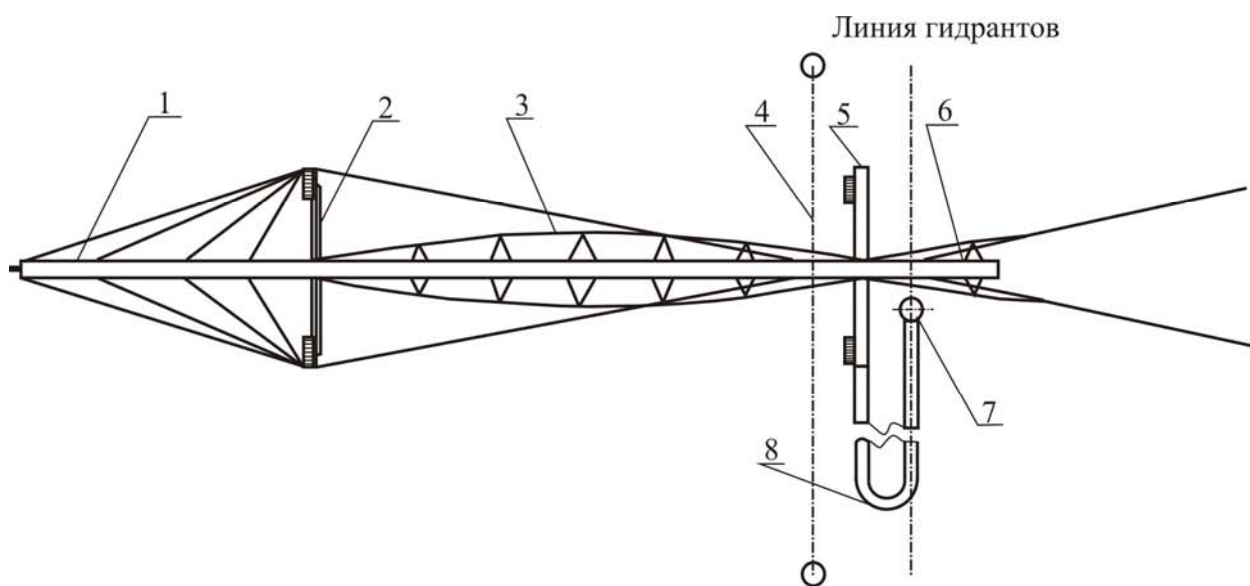


Рисунок 7.13 – Конструктивная схема фрагмента дождевального водопроводящего полиэтиленового трубопровода для ДМ «Фрегат», заключённого в металлический каркас – «корсет» (по патенту ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» № 2497348. «Дождевальная машина»)

Конструктивно ДМ «Мини-Фрегат-ФШ» фронтального перемещения (действия) включает: центральную и две пролётных опорно-ходовых тележки; двухпролётный дождевальный трубопровод ферменной конструкции с консолями, опирающийся на три двухколёсных опоры (рисунок 7.14).



1 – консольная часть (консоль) дождевального трубопровода; 2 – пролётная опорно-ходовая тележка; 3 – пролётная ферма дождевального трубопровода; 4 – направляющий трос системы отслеживания курса перемещения дождевальной машины при поливе; 5 – центральная опорно-ходовая тележка; 6 – приопорная часть фермы; 7 – питающий гидрант закрытой оросительной сети; 8 – водоподводящий шланг

Рисунок 7.14 – Плановая схема фрагмента ДМ «Мини-Фрегат-ФШ»

Дождевальный ферменный трубопровод ДМ «Мини-Фрегат-ФШ» оснащается 21 среднеструйным дождевальным аппаратом кругового действия,

двумя короткоструйными низконапорными дождевателями и двумя концевыми дальнеструйными аппаратами секторного полива (действия).

ДМ «Мини-Фрегат-ФШ» характеризуется нижеследующими техническими и технологическими параметрами: расход поливной воды – 26 л/с; рабочее давление на гидранте – 0,56÷0,58 МПа; ширина захвата дождём – 200 м; клиренс фермы – 2,7 м; орошаемая площадь за поливной сезон – 12÷26 га; скорость движения машины при поливе – 0,16÷0,64 м/с; поливная норма за один проход машины – 11,0÷45,0 мм; средний диаметр капель искусственного дождя не превышает 1,5 мм.

Известна конструкция «ДМУ-Асс» для дождевания чистой поливной водой и разбавленными жидкими стоками животноводческих комплексов.

Очевидными достоинствами семейства дождевальных машин «Фрегат» являются: простота, надёжность и высокая степень отработанности конструкции; широкий спектр разработанных модификаций и типоразмеров; широкие возможности для регулирования скоростного и поливного режимов; широкий спектр условий применения машины на сельскохозяйственных угодьях с различными почвенно-рельефными условиями и выращиваемыми культурами; высокая степень автоматизации полива и круглосуточный режим работы при отсутствии оператора; автоматическое отключение машины; широкий диапазон варьирования выдаваемой нормы полива; возможность работы в любых почвенно-климатических зонах и в широком спектре топографических условий орошаемых угодий; возможность внесения с поливной водой растворённых в ней удобрений и агрохимических препаратов; высокая производительность труда при поливе (один оператор может обслуживать до трех-четырех машин); регулируемая и относительно низкая интенсивность искусственного дождя (до 0,31 мм/мин); простота эксплуатации при высокой надёжности и ремонтпригодности; отработанность конструкции и продолжительный срок службы; учёт антивандализма; высокая степень оборудованности машины системами предаварийной защиты и средствами управления, учёта и контроля (водомер, электрозадвижка, электрический датчик давления и таймер и другое); высокий уровень возможностей для дооборудования или переоборудования машины (средствами приповерхностного дождевания: низковисящими дождевателями с регуляторами давления, гидроприводом под низкое давление – до 0,25÷0,35 МПа, устройство реверса) и ряд др.

К недостаткам ДМУ «Фрегат» относятся: ограниченность возможностей планировки сельхозугодий квадратной формы полей (поливных участков); недополив около 15 % площади полей в угловых зонах квадратов без применения дополнительных устройств и технологий полива (применение для этих целей концевого дальнеструйного аппарата автоматически изменяет (уменьшает) величину выдаваемого слоя дождя в зоне, соответствующей поливу угла квадрата); относительно высокие требования к очистке поливной воды (размер взвешенных и твёрдых частиц не должен превышать 0,5 мм при содержании твёрдого осадка в поливной воде (её мутности) до 5 г/л).

Технология полива. Полив ДМ «Фрегат» производится в движении дождевального крыла по кругу (по направлению движения часовой стрелки) вокруг неподвижной (торцевой) опоры и закреплённой на ней (подающей воду из скважины или гидранта) водоподающей трубы, шарнирно соединённой с дождевальным трубопроводом. Вода в дождевальный трубопровод подаётся под создаваемым насосом напором, соответствующим по величине модификации и типоразмеру дождевальной машины. Величина напора и расхода поливной воды регулируется соответствующей запорно-регулирующей арматурой, размещаемой на гидранте или обсадной трубе скважины. Скорость движения поливного крыла подбирается (регулируется) с учётом величины поливной нормы и допустимой интенсивности искусственного дождя.

При разработке технологических схем работы дождевальной машины «Фрегат» учитываются приведенные в таблице 7.1 её технические и технологические параметры: расход дождевальной машины ($q_{д/м}$, л/с); средняя интенсивность искусственного дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин); минимальный слой дождевых осадков, выпадающих на зону полива за один оборот, осуществляемый с максимальной скоростью вращения (поворота дождевального крыла относительно центральной опоры) – ($h_{д/мин}$, мм); минимальная продолжительность одного оборота дождевальной машины ($t_{об/мин}$, мин); время (продолжительность) выдачи (подачи) минимального слоя осадков ($t_{пол/мин}$, мин).

Отметим, что приведенные в таблице 7.1 значения средней интенсивности искусственного дождя определены для стационарного режима работы дождевальной машины при поливе, тогда как, реально, полив осуществляется в движении. Расчёт значений ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) произведён для однопозиционного и стационарного полива с использованием соотношения: $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м} / \omega_{зах} = 60q_{д/м} / R_{зах} \cdot l_{зах}$, тогда как для дождевальных машин, поливающих в движении, более приемлемо использование зависимости вида – $\bar{I}_{д/ср} = 60q_{д/м} / (\omega_{зах} + \Delta\omega_{зах}) = 60q_{д/м} / R_{зах} (l_{зах} + \Delta l_{зах})$, где $\Delta\omega_{зах}$ – увеличение площади захвата дождём, имеющее место при перемещении дождевального крыла за время полива ($t_{пол} = 1$ мин); $\Delta l_{зах}$ – увеличение средней длины зоны увлажнения за $t_{пол} = 1$ мин. При этом значение ($\bar{I}_{д/ср}$) будет несколько меньшим значения средней интенсивности дождя, приведенного в таблице 7.1. Выполненные расчёты для ДМУ-А199-28 и ДМУ-Б572-90 (для более быстрого поворота крыла) показали фактическое снижение соответствующих значений ($\bar{I}_{д/ср}$) на 1,3 % и 1,5 %. Для больших значений продолжительности одного оборота (то есть при уменьшении скорости вращения дождевального крыла) значения ($\Delta\bar{I}_{д/ср}$) уменьшаются до 0,3÷0,5 %, что значительно меньше предела точности выполняемых расчётов. Указанное обстоятельство позволяет в расчётах использовать в основном табличные, а не уточнённые значения интенсивности искусственного дождя.

Осреднённая по площади полива величина слоя искусственного дождя (h_d , мм) в общем случае определяется по зависимости: $h_d = \bar{I}_{д/ср} \cdot t_{пол}$, где $t_{пол}$ – продолжительность непрерывной подачи (непрерывного выпадения искусственных дождевых осадков) поливной воды в любую точку зоны увлажнения (полива), мин. Продолжительность непрерывного полива (увлажнения) любой точки в зоне захвата искусственным дождём зависит от скорости вращения дождевального крыла (времени (продолжительности) одного оборота). Значения ($t_{пол/мин}$), установленные для минимальной продолжительности одного оборота дождевальной машины, приведены в таблице 7.1 и рекомендуются к использованию при разработке технологических схем полива.

В сложившейся практике разработки технологии полива дождевальными машинами типа «Фрегат» исходят из посыла о том, что расчётная «поливная норма должна быть вылита за один оборот» (Е. С. Марков). Исходя из этого, в зависимости от величины поливной нормы, задача установления технологических параметров полива сводилась к определению продолжительности одного оборота ($t_{об}$, мин) с использованием соотношения: $t_{об} = (\omega_{пол} \cdot N_{пол}) / (10 \cdot 60 q_{д/м})$, где $\omega_{пол}$ – поливаемая площадь на одной позиции дождевальной машины, м²; $N_{пол}$ – подлежащая выдаче (расчётная) поливная норма, м³/га; $q_{д/м}$ – расход машины, л/с (по Е. С. Маркову). Такой подход приемлем только в том случае, когда условие бессточности и безлужеобразования соблюдается (т. е., когда $I_{д/ср} < v_{вп}$; $t_{пол} < t_{пол/доп}$; $N_{пол} < N_{пол/доп}$). При реальных значениях интенсивности искусственного дождя этот подход может быть реализован на сельскохозяйственных угодьях с почвами лёгкого гранулометрического состава (т.е. на песчаных, лёгко- и среднесупесчаных почвах). При использовании дождевальной машины «Фрегат» на почвах «среднего» и «тяжёлого» гранулометрического состава (суглинистых и плотных супесчаных почвах) условие бессточного полива при определённых значениях поливных норм не выполняется, что требует разработки соответствующих технологических режимов (схем) полива и определения соответствующих им значений технологических параметров.

Методика разработки технологической(го) схемы (режима) полива определённой моделью и типоразмером дождевальной машиной «Фрегат» соответствующего ему поливного участка предусматривает нижеследующее.

1 Выбор соответствующей почвенным, топографическим, фенологическим и организационно-хозяйственным условиям полива модели и типоразмера дождевальной машины семейства «Фрегат». Отметим, что до настоящего времени подбор дождевальных машин преимущественно осуществлялся по геометрическим параметрам полей севооборота (их площади и линейным размерам сторон). Варианты выбора машин с использованием моделей и типоразмеров машины с разной интенсивностью искусственного дождя практически не рассматривались, что должно быть в перспективе учтено.

2 Для выбранной модели и типоразмера дождевальной машины «Фрегат» по её паспортным данным рассматриваются и анализируются нижесле-

дующие технические и технологические характеристики: средняя интенсивность искусственного дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин); минимальный средний слой дождя (искусственных осадков), выдаваемый(ых) машиной за один проход по поливному участку (полю) при максимальной скорости поворота (вращения) дождевального крыла ($h_{д/мин}$, мм); минимальная продолжительность одного полного оборота дождевального крыла ($t_{об/мин}$, мин) машины.

3 По известному значению средней интенсивности дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) для конкретных условий полива определяется величина допустимой продолжительности полива ($t_{пол/доп}$, мин), соответствующей величине ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) с использованием зависимостей $I_d = f(t_{пол})$, приведенных в разделе 1, или опытными данными с участка полива. По значениям ($t_{пол/доп}$) и ($\bar{I}_{д/ср}$) устанавливается величина допустимой поливной нормы: $N_{пол/доп} = \bar{I}_{д/ср} \cdot h_{пол/доп}$, мм. Полученное значение ($N_{пол/доп}$) сопоставляется со значением ($h_{д/мин}$). При условии $h_{д/мин} \leq N_{пол/доп}$ выбранная модель и типоразмер дождевальной машины «Фрегат» считаются приемлемыми для полива в конкретных почвенных и других условиях орошаемого участка.

4) По имеющимся паспортным данным для выбранной модели и типоразмера дождевальной машины определяется значение продолжительности непрерывного полива любой точки в пределах зоны увлажнения при максимальной скорости вращения (оборота) дождевальной машины по зависимости: $(t_{пол/поз})_{мин} = h_{д/мин} / \bar{I}_{д/ср}$ (мин) и соотношение: $k_t = t_{об/мин} / t_{пол/поз}$.

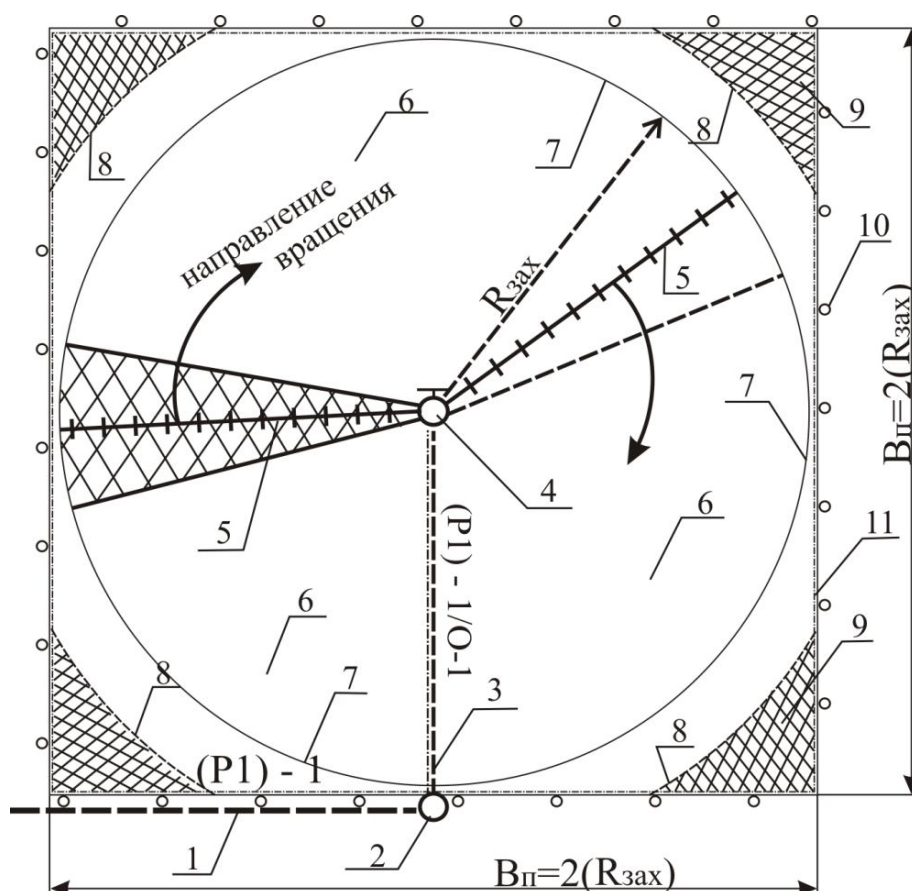
5) Для заданной (расчётной) поливной нормы ($N_{пол/расч}$, мм) находят соотношение $(t_{пол/поз})_N = N_{пол/расч} / \bar{I}_{д/ср}$ (мин). При соблюдении условия $(t_{пол/поз})_N \leq t_{пол/доп}$ устанавливается продолжительность полного оборота дождевального (поливного) крыла, при которой обеспечивается выдача расчётной (заданной) поливной нормы по зависимости вида: $(t_{об})_N = k_t \cdot t_{об/мин}$.

6) В случае, когда $(t_{пол/поз})_N > t_{пол/доп}$ прибегают к дробному внесению полной (расчётной) поливной нормы за два оборота (а в отдельных случаях для почв тяжёлого гранулометрического состава и три оборота) дождевальной машины. При этом значения дробных величин поливных норм могут быть как равными, так и отличающимися по величине (например, $N_{пол/об} = 0,5 N_{пол/расч}$ или $N_{пол/расч} = N_{пол/об} + (N_{пол/расч} - N_{пол/доп})$ и др.).

При реализации установленных параметров и технологической схемы полива на задатчике (регуляторе) скорости устанавливается соответствующий (один из восьми) уровень скоростного режима (продолжительности оборота дождевального крыла), обеспечивающий бесстоковую («безлужеобразующую») выдачу расчётной поливной нормы дождевальной машиной.

Оросительная сеть. При проектировании орошаемого массива и обеспечивающей его оросительной сети за основную единицу организации полей и поливных участков принимается севооборотный (культурооборотный) уча-

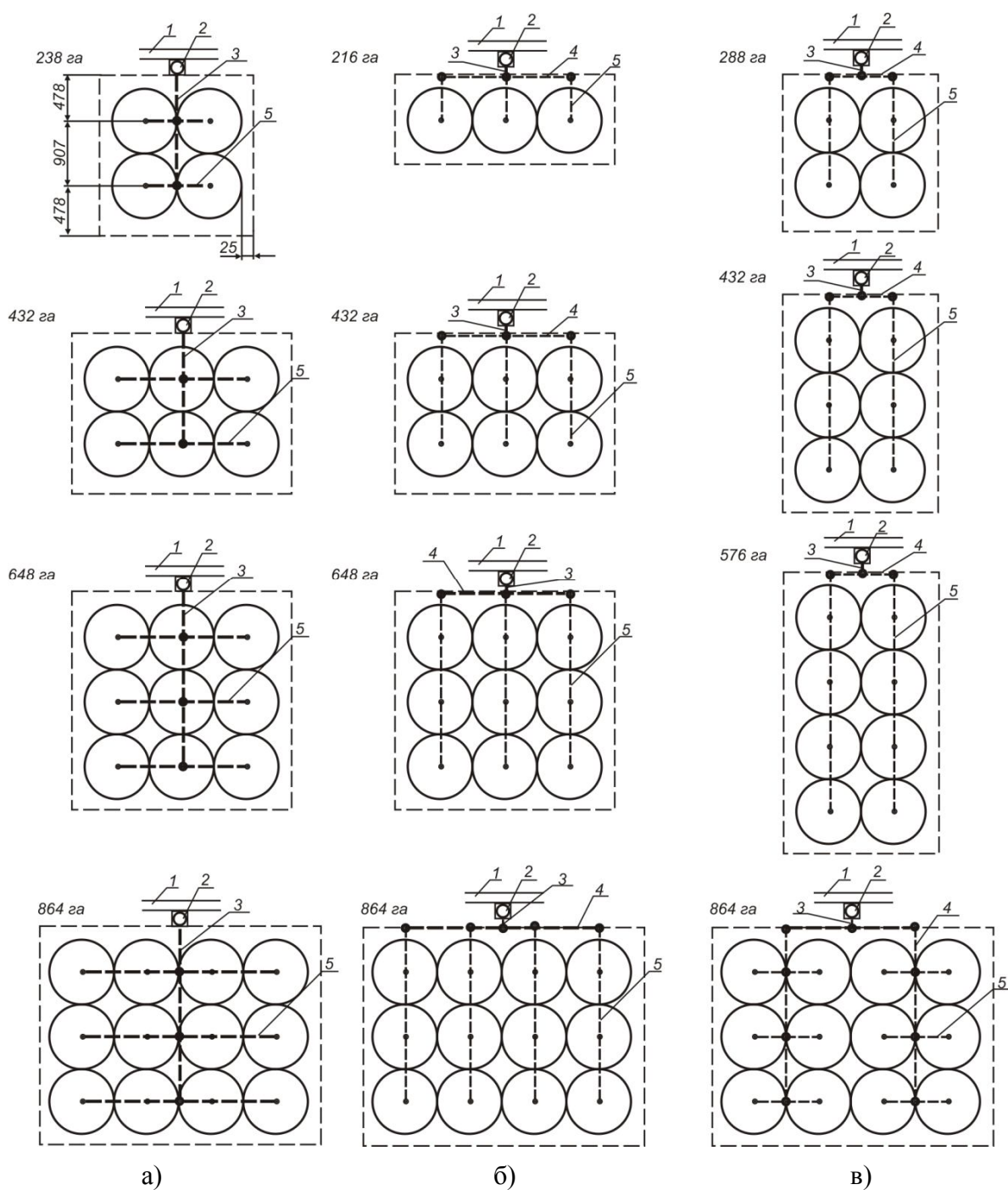
сток («севооборот»), характеризуемый определённой площадью и конфигурацией полей, набором входящих в севооборот сельскохозяйственных культур и рельефом местности. Схема поливного модуля для дождевальной машины «Фрегат» и схема её перемещения приведены на рисунке 7.15.



- 1 – распределительный трубопровод; 2 – распределительный колодец;
 3 – оросительный трубопровод (ороситель); 4 – гидрант; 5 – дождевальное крыло (ДМУ «Фрегат»); 6 – поливаемое пространство; 7 – граница полива без концевого дождевателя; 8 – граница захвата концевым дождевателем; 9 – неполиваемые участки поля; 10 – лесополоса; 11 – полевая дорога

Рисунок 7.15 – Схема поливного модуля ДМУ «Фрегат»

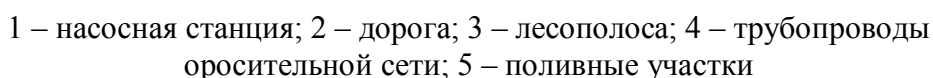
Поля под ДМУ «Фрегат» имеют квадратную форму с размером стороны $B_n = \sqrt{S_{\text{сез}}}$ (м) при использовании одной дождевальной машины на одном поле и $B_n = \sqrt{0,48S_{\text{сез}}}$ – при использовании одной машины на двух соседствующих полях. При соответствующем обосновании рассматриваются варианты использования (закрепления) одной дождевальной машины на (за) одном поле (одним полем) или использования одной машины на двух соседствующих полях с перемещением её с одной позиции на другую. Площадь поля (поливного участка) должна быть кратной расчётной сезонной нагрузке ДМ «Фрегат». При устройстве на орошаемом массиве на отдельных полях одного севооборота нескольких дождевальных машин из семейства «Фрегат» рассматриваются различные схемы с использованием (в зависимости от условий) машин одного и разных типоразмеров и модификаций (рисунок 7.16).



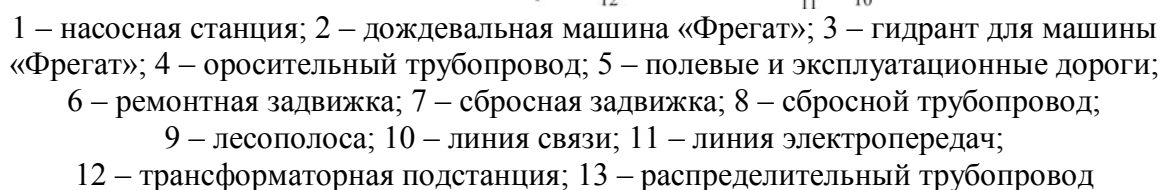
а) Т-образная схема; б) Ш-образная схема; в) П-образная схема; 1 – оросительный канал (водоисточник); 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод; 4 – распределительный трубопровод; 5 – оросительный трубопровод

Рисунок 7.16 – Компоновочные схемы трубопроводов закрытой оросительной сети под дождевальные машины «Фрегат» (по Е. С. Маркову)

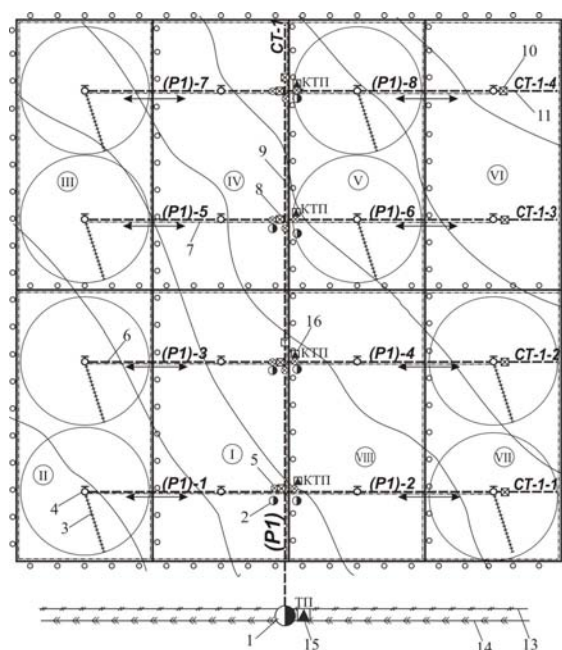
При групповой работе ДМ «Фрегат» опорные позиции (опоры и гидранты) оросительной сети рекомендуется располагать по вершинам квадратов или равносторонних треугольников. Возможно использование в пределах орошаемого массива дождевальных машин разных типоразмеров и модификаций. Наиболее распространённая схема расположения дождевальных машин «Фрегат» на шестипольном севообороте приведена на рисунке 7.17.



При проектировании оросительной сети могут рассматриваться схемы с централизованной и децентрализованной подачей поливной воды к дождевальным машинам. Примеры таких схем компоновки (устройства) оросительной сети (по Б. Г. Штепа) приведены на рисунках 7.18 и 7.19.



189



- 1 – насосная станция; 2 – подкачивающая насосная станция; 3 – дождевальная машина «Фрегат»; 4 – гидрант для подключения ДМ «Фрегат»; 5 – гидрант для подключения подкачной насосной станции; 6 – оросительный трубопровод; 7 – полевые и эксплуатационные дороги; 8 – ремонтная задвижка; 9 – распределительный трубопровод; 10 – сбросная задвижка; 11 – сбросной трубопровод; 12 – лесополоса; 13 – линия связи; 14 – линия электропередачи; 15 – трансформаторная подстанция; 16 – комплектная трансформаторная подстанция

Рисунок 7.19 – Схема децентрализованной водоподачи на восьмипольном севоборотном участке при поливе дождевальными машинами «Фрегат» (по Б. Г. Штепа)

Примеры компоновочных решений севоборотов, оросительных сетей и размещения дождевальных машин приведены на рисунках 7.20 и 7.21.

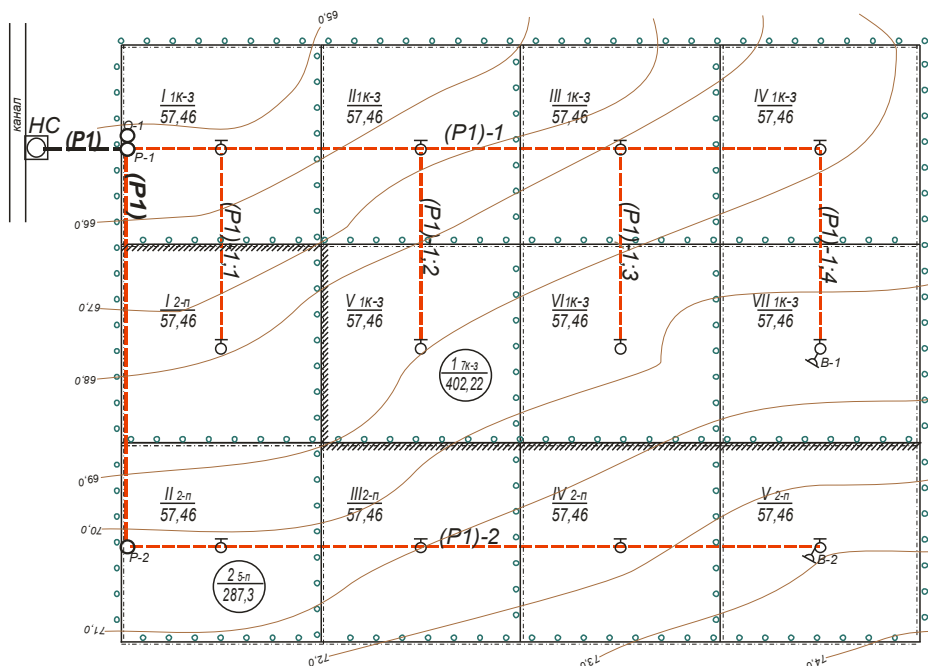


Рисунок 7.20 – Пример двухсевоборотного (пяти и семипольного) орошаемого массива по ДМ «Фрегат»

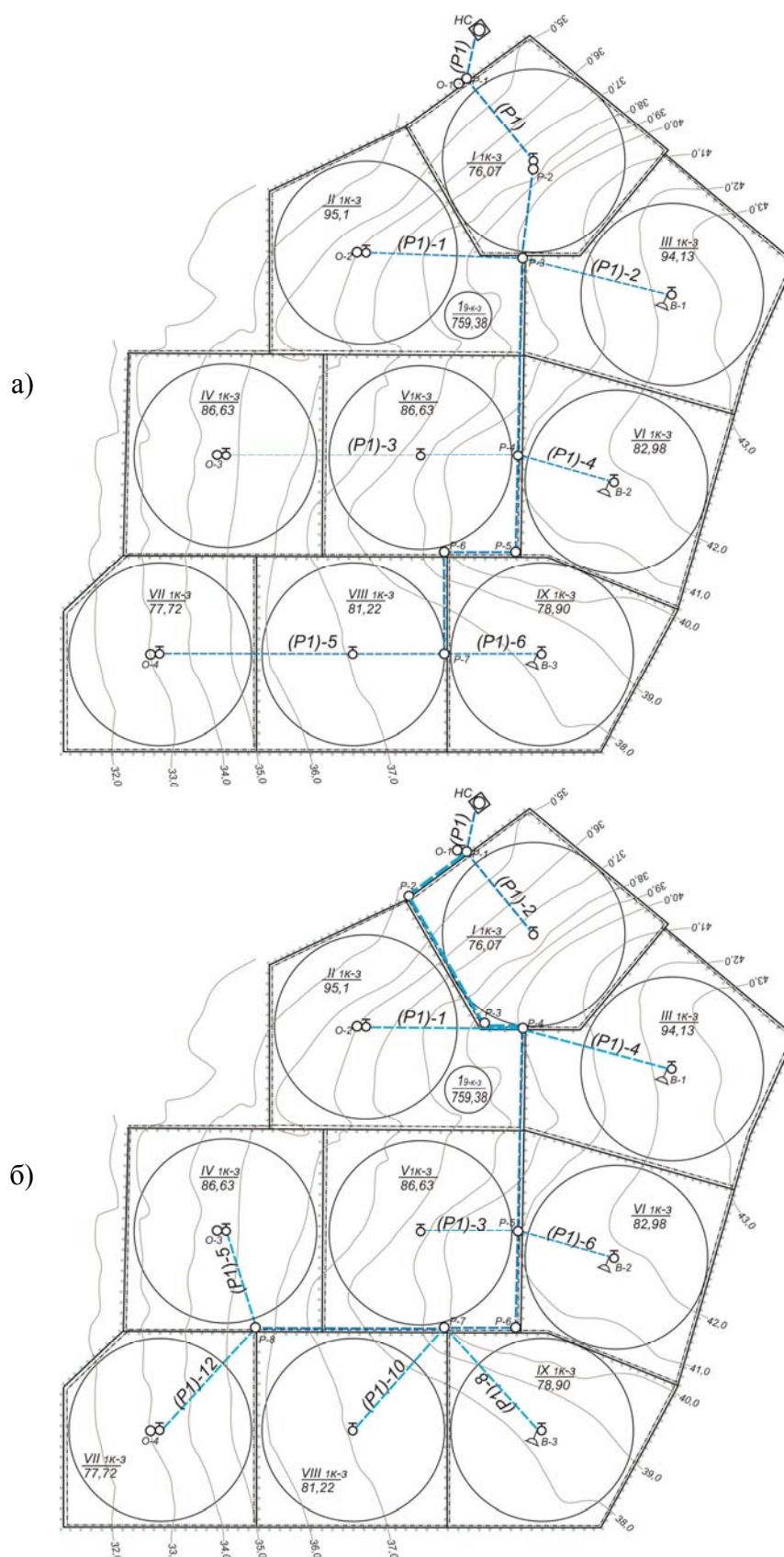


Рисунок 7.21 – Примеры компоновочного решения полей и оросительной сети девятипольного севооборотного участка по ДМ «Фрегат»

Производительность дождевальная машины «Фрегат».
По Б. Г. Штепа сменная производительность дождевальной машины ($S_{см}$, га)

определяется по соотношению: $S_{\text{см}} = 3,6 q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} / N_{\text{пол/бр}}$, где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальная машины, л/с; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{см}} = 0,87 \div 0,91$ – коэффициент, учитывающий потери рабочего (поливного) времени (на организационные и технические трудозатраты); $N_{\text{пол/бр}}$ – поливная норма брутто с учётом объёма испарения воды из дождевого облака, мм.

На стадии проектирования поливов сменная (семичасовая) производительность дождевальная машины ($S_{\text{см}}$, га) может быть определена по соотношению: $S_{\text{см}} = (482,4 / e^{0,03 N_{\text{пол/бр}}}) / (L_{\text{кр}} / q_{\text{д/м}})^{2,1}$, га, где $L_{\text{кр}}$ – длина дождевального крыла, используемой дождевальной машины, м.

Сезонная производительность дождевальная машины «Фрегат» ($S_{\text{сез}}$, га) с достаточной точностью может быть определена по соотношению: $S_{\text{сез}} = S_{\text{зах}} / M_{\text{гидро}}^{0,78}$, где $S_{\text{зах}} = \pi (R_{\text{кр}} + 0,70 R_{\text{ап/к}})^2$ – площадь захвата искусственным дождём при полном обороте дождевальной машины, га; $R_{\text{кр}}$ – протяжённость дождевального крыла, м; $R_{\text{ап/к}}$ – радиус действия концевой аппаратуры, $R_{\text{ап/к}} = 20$ м; $M_{\text{гидро}}$ – величина гидромодуля, л/с·га.

По Б. Г. Штепа сезонная производительность ($S_{\text{сез}}$, га) ДМ «Фрегат» может быть определена по одному из нижеприведённых соотношений:

$$\begin{aligned} S_{\text{сез}}^I &= (q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot k_{\text{пер}}) / M_{\text{гидро}}; \\ S_{\text{сез}}^{II} &= (86,4 q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}} \cdot T \cdot k_{\text{исп}} \cdot k_{\text{пер}}) / N_{\text{пол}}; \\ S_{\text{сез}}^{III} &= (86,4 q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot k_{\text{пер}}) / W_{\text{пот/сут}}, \end{aligned}$$

где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; $k_{\text{сут}}$ – коэффициент, учитывающий (ежесуточные) потери поливного времени в течение суток на осмотр и подготовку дождевальной машины к работе; $k_{\text{пот/вр}}$ – коэффициент, учитывающий имеющие место или прогнозируемые потери поливного времени в течение сезона по причинам, не зависящим от дождевальной машины (по метеоусловиям, авариям и отказам на оросительной сети и насосной станции и др.); $k_{\text{исп}}$ – коэффициент, учитывающий расход поливной воды на испарение из дождевого облака – на создание микроклимата в зоне полива; $k_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий потери времени на перемещение (перезаправку) дождевальной машины с одной позиции на другую (при однопозиционной схеме работы дождевальной машины $k_{\text{пер}} = 1,0$); $M_{\text{гидро}}$ – расчётная величина гидромодуля в критический период водопотребления (в период пикового спроса на воду), л/с га; T – продолжительность минимального межполивного периода при пиковом (наиболее интенсивном) спросе на воду, сут; $N_{\text{пол}}$ – расчётная поливная норма, м³/га; $W_{\text{пот/сут}}$ – суточная потребность в поливной воде в критический (по водопотреблению) период, м³/га.

8 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ СЕМЕЙСТВА «КУБАНЬ»

8.1 Общие сведения

Используемые названия: электрифицированная многоопорная самоходная дождевальная машина ЭДМФ «Кубань» («Кубань-Л», «Кубань-М»); ЭДМФ «Кубань»; электрифицированная дождевальная машина фронтального действия (ЭДМФ) «Кубань»; дождевальная машина МДЭФ «Кубань-Л»; дождевальная машина «Кубань-Л»; машина «Кубань-Л»; МДЭФ «Кубань-Л»; короткоструйная дождевальная машина ЭДМФ «Кубань»; многоопорные электрифицированные дождевальные машины «Кубань-М» и «Кубань-Л»; электрифицированная многоопорная дождевальная машина фронтального действия «Кубань»; ДМ «Кубань»; дождевальная машина «Кубань-М»; многоопорный дождеватель электрифицированный фронтальный (МДЭФ) и др.

Определение. Дождевальная машина «Кубань» – самоходная (самоперемещающаяся) электрифицированная (электроприводная) многоопорная пневмоколёсная широкозахватная реверсивная короткоструйная дождевальная машина фронтального (модификация ЭДМФ), поливающая (работающая) в движении и питающаяся оросительной водой из облицованных открытых оросителей или кругового (модификация МДЭК) перемещения, питающаяся из напорной сети. **Комментарии.** 1. ДМ «Кубань» представляет собой линейнопротяжённый, поднятый над поверхностью земли, напорный (дождевальный) трубопровод ферменной конструкции, опирающийся на оборудованные электроприводами колёсные опоры, в центральной части которого размещён электрогенератор и насос. 2. ДМ «Кубань» обеспечивает распределение воды в виде дождя, создаваемого системой дождевальных аппаратов кругового действия, размещённых в верхней части напорного трубопровода. 3. Дождевальная машина имеет реверс и регулятор скорости, позволяющие за определённое число проходов по поливному участку выдавать строго дозируемую поливную норму. 4. Применяется для полива сельхозкультур на угодьях с «грубо» спланированной поверхностью.

Дождевальная машина «Кубань» фронтального действия разработана в модификациях «Кубань-М» и «Кубань-Л». На базе ДМ «Кубань-Л» разработана дождевальная машина кругового действия – «Кубань-ЛК». Все виды машин семейства «Кубань» разработаны в широком спектре типоразмеров.

Условия применения. Дождевальная машина «Кубань» предназначена для орошения всех видов пропашных сельскохозяйственных культур (кормовых, овощных, технических, зерновых и ягодных), сенокосов и пастбищ, кроме садов и виноградников, на угодьях с относительно «спокойным» (выровненным рельефом), позволяющим устройство, питающего её, открытого лоткового (облицованного) оросительного канала (оросителя) с общим продольным уклоном поливного участка $i_{op} = 0,0001 \div 0,01$. При этом, общий поперечный уклон поля или уклон вдоль дождевальной машины (по ширине её захвата) может достигать $i_n = 0,02$, а местный локальный уклон местности на длине в 112 м может достигать 0,03. Дождевальные машины семейства

«Кубань» обеспечивают качественный полив сельскохозяйственных угодий с почвенным покровом, характеризуемым скоростью напорного впитывания оросительной воды за первый час полива в диапазоне от 5 до 30 см/час.

Природно-климатическими зонами применения ДМ «Кубань» определены лесостепи, умеренные и сухие степи с нижеприведенными природно-климатическими условиями: 1) при глубине залегания грунтовых вод в поливной период более 1,5 м для пресных вод и не менее 2,5 м для слабо- и среднеминерализованных грунтовых вод; 2) скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли не более 10 м/с, а повторяемость ветров со скоростью, превышающей 7 м/с, не должна быть больше 20 % от количества ветреных дней за оросительный период; 3) температура воздуха при поливе должна превышать плюс 5 °С, в диапазоне температур среды $5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t \leq 45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для полива рекомендуется использовать воду с минерализацией, не превышающей 1 г/л, при наличии в поливной воде взвешенных твёрдых частиц размером, не превышающем 0,5 мм (при наличии в оросительной воде мусора и более крупных взвесей (более 0,5 мм в диаметре), необходимо предусматривать её очистку). Дождевальные машины семейства «Кубань» запрещается использовать на засоленных и сильнопросадочных землях сельскохозяйственных угодий, а возможность использования поливной воды с минерализацией, превышающей 1 г/л, должна быть дополнительно обоснована.

Дождевальная машина предусматривает проведение всех видов поливов (вегетационных и вневегетационных, освежительных, противозаморозковых, пред- и постпосевных и др.) и внесение с поливной водой (растворённых в ней) сухих и жидких минеральных удобрений, пестицидов, микроудобрений (микроэлементов), химических мелиорантов и ростовых веществ.

Для повышения экономических показателей ДМ семейства «Кубань» рекомендуется (желательно) применять на орошаемых массивах в количестве, превышающем 4÷8 единиц при круглосуточном их использовании (т. е. при групповом использовании и обслуживании дождевальной техники).

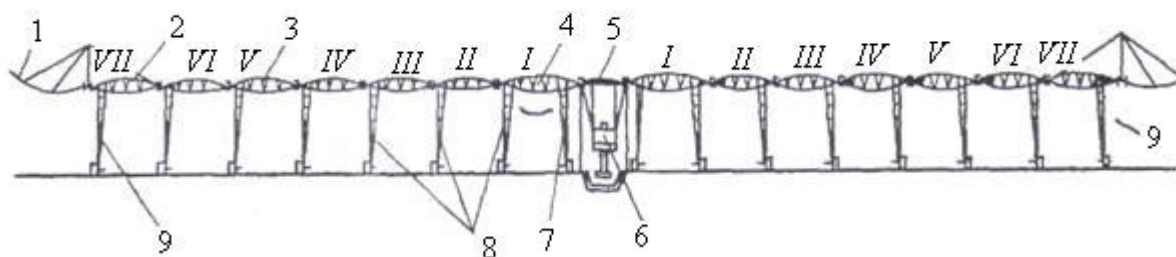
При научно обоснованном применении ДМ семейства «Кубань» обеспечивается прирост урожайности сельхозкультур на 3÷5 % в сравнении с другими сопоставимыми видами используемой дождевальной техники.

8.2 Конструкции машин семейства «Кубань»

Дождевальная машина «Кубань» фронтального действия с питанием поливной водой из постоянного облицованного канального или лоткового оросителя, производящая полив в движении при фронтальном перемещении по поливному участку (вдоль оросителя), выполнена в двух базовых модификациях – «Кубань-М» и «Кубань-Л», а кругового действия – в модификации «Кубань-ЛК». Все модификации дождевальных машин семейства «Кубань» (разных размеров) имеют как общие (одинаковые) конструктивные элементы, так и определённые отличия в компоновочно-конструктивных решениях.

8.2.1 Дождевальная машина «Кубань-М»

Конструкция ДМ «Кубань-М» представляет собой широкозахватный фронтально перемещающийся ферменный (двукрылый) многосекционный (многопролётный) дождевальный трубопровод, состоящий из двух (дождевальных или поливных) крыльев, опирающихся на систему самоходных тележек и насосно-силового (энергетического) оборудования, размещённого на платформе, подвешенной к балке центральной четырёхколёсной (расположенной над открытым облицованным (бетонным покрытием) оросителем – посередине между дождевальными крыльями) тележке (рисунок 8.1).



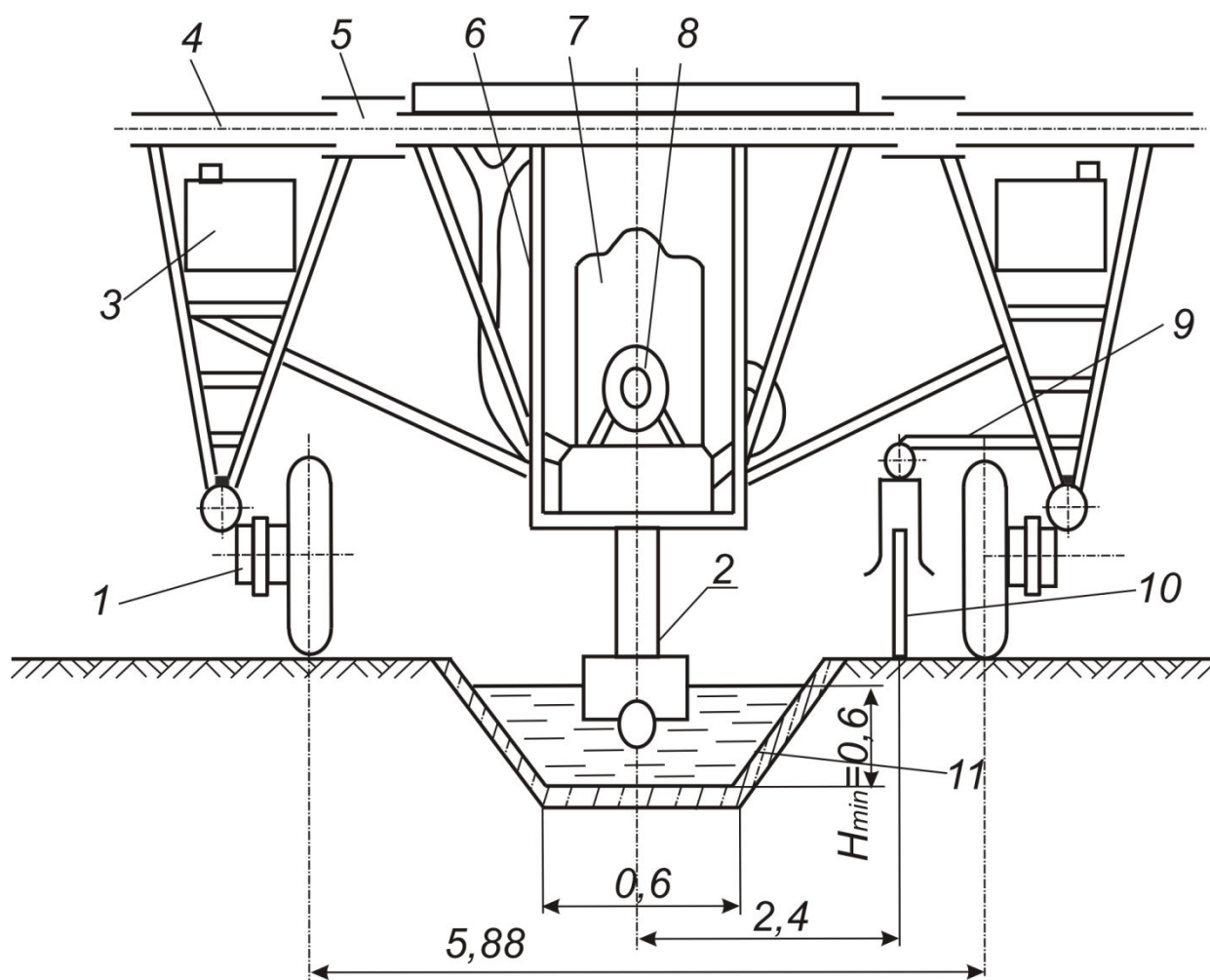
1 – консоль; 2 – предконсольный пролёт; 3 – промежуточный пролёт; 4 – головной пролёт; 5 – центральная балка; 6 – силовой агрегат; 7 – оппорная центральная тележка; 8 – оппорная тележка; 9 – оппорная крайняя тележка; I–VII – номера пролётов

Рисунок 8.1 – Электрическая дождевальная машина фронтального действия ЭДМФ «Кубань»

Общеконструктивная схема центральной тележки «Кубани-М», перемещающейся при поливе над открытым оросителем, приведена на рисунке 8.2.

Насосно-силовой («насосно-энергетический») агрегат размещён на подвесной платформе центральной тележки и включает: энергетическую установку (дизельный электрогенератор); центробежный насос с всасывающей линией, оборудованной водозаборным клапаном, поплавком и фильтром, и напорным трубопроводом; устройством для сброса (выпуска) воды из дождевального трубопровода в ороситель. Электрогенератор обеспечивает питание электродвигателей опорно-ходовых тележек и других электрических систем технологического оборудования, средств контроля и управления машиной.

Дождевальная часть машины состоит из центральной тележки (части) и двух, сопрягающихся с ней, дождевальных крыльев (левого и правого). Центральный пролёт дождевального (поливного) трубопровода опирается на две опорно-ходовых тележки, перемещающиеся (располагающиеся) при поливе по обеим сторонам оросителя. Водопроводящая система дождевальной машины представляет собой многоопорную ферменную конструкцию, состоящую из системы (нескольких) шарнирно соединённых секций (пролётов), опирающихся на самодвижущиеся опорно-колёсные тележки, нижний пояс ферм является водопроводящим трубопроводом. Каждая из секций (ферм) перекрывает пролёт протяжённостью (длиной) $L_{\text{пр}} = 52,5$ м.

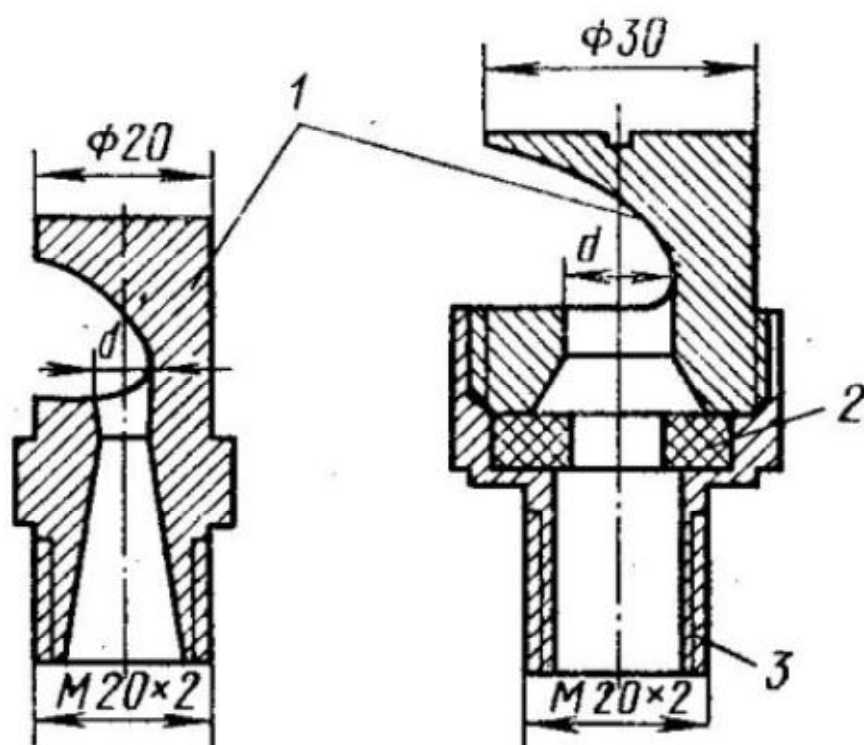


- 1 – мотор-редукторы колёсных опор; 2 – всасывающий трубопровод насоса с поплавком и фильтром; 3 – топливные баки; 4 – водопроводящий («дождевальный») трубопровод; 5 – шарнирное соединение ферм; 6 – рама подвесной платформы; 7 – насосный агрегат; 8 – электрогенератор; 9 – устройство автоматического слежения за перемещением машины вдоль оросителя; 10 – столбик – фиксатор курса; 11 – облицованный каналный ороситель

Рисунок 8.2 – Конструктивная схема (поперечный разрез) центральной ходовой тележки ДМ «Кубань-М» с подвесным насосно-силовым оборудованием

Концевые участки пространственно-ферменной конструкции трубопровода «Кубани-М» выполнены в виде консолей. Ферменные конструкции имеют треугольную форму поперечного сечения. Нижняя часть ферм дождевального трубопровода расположена на высоте 2,7 м от поверхности земли.

Каждая секция водовода 52,5 м оборудована 20-ю короткоструйными дождевальными насадками, размещёнными на коротких изогнутых патрубках, что исключает попадание дождя на ферму и уменьшает снос дождевого облака ветром. Короткоструйные низконапорные дождевальные насадки секторного полива (действия) четырёх типоразмеров с диаметрами сопел от 5,5 до 7,5 мм оборудованы полусферическими дефлекторами, направляющими дождевой шлейф (факел) в одну определённую сторону (рисунок 8.3).



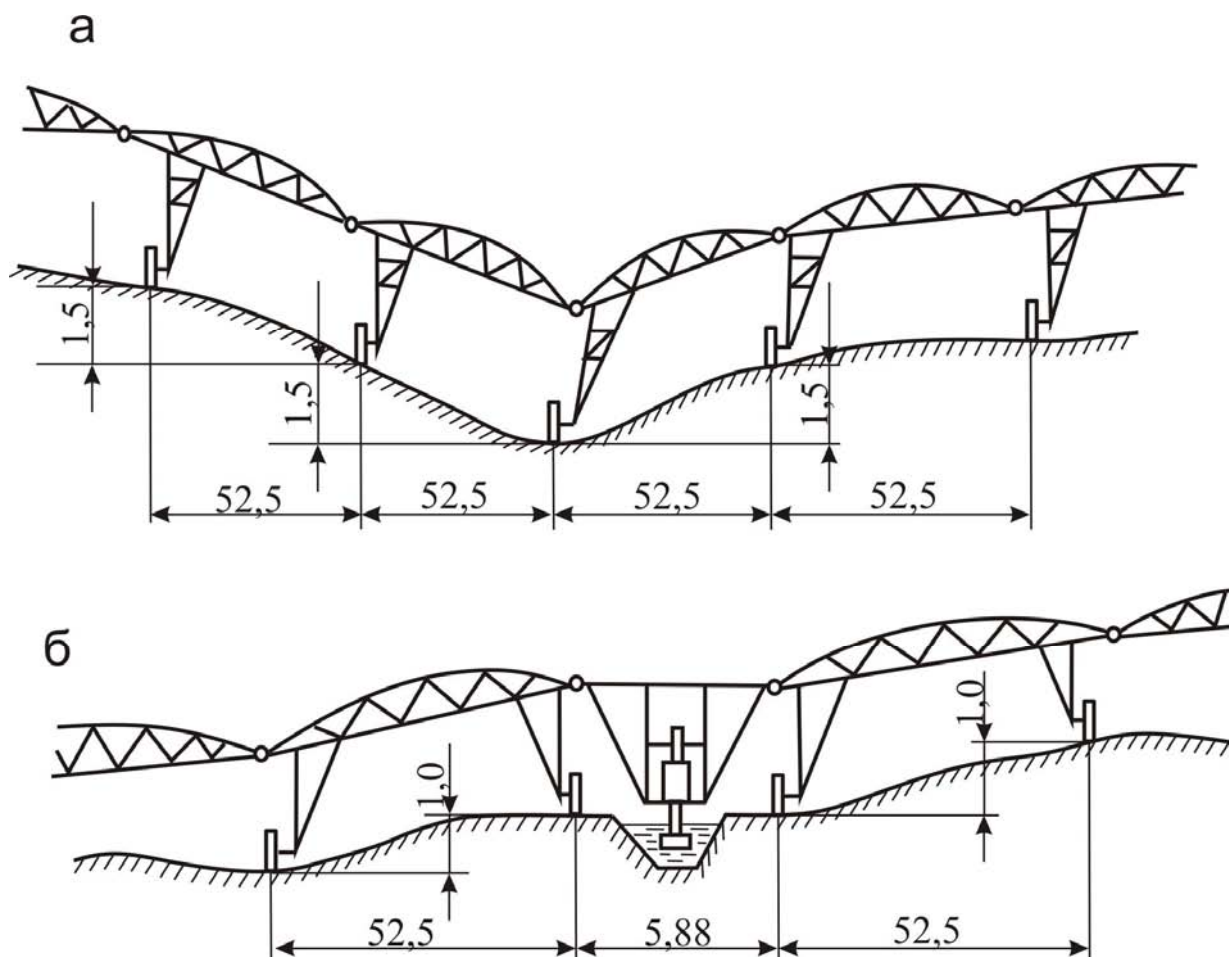
1 – сопло
с отражателями водных
струй; 2 – манжета;
3 – корпус насадки

**Рисунок 8.3 –
Короткоструйные
дождевальные
насадки
секторного полива
для дождевальной
машины «Кубань»**

При соответствующем расположении разнонаправленных «разносопельных» (разноразмерных) 298-ми дождевальных насадок обеспечивается приемлемая равномерность распределения искусственного дождя по полю.

Дождевальной машине «Кубань-М» соответствуют нижеприведенные технические характеристики и технологические показатели: расход поливной воды – 185 ± 5 л/с; рабочее давление в водопроводящем трубопроводе – 0,37 МПа; количество опорных ходовых тележек в базовой модификации – 16 единиц; ширина захвата дождем – 797 ± 5 м; средняя интенсивность искусственного дождя – 1,1 мм/мин; слой искусственного дождя за один проход – $6,6 \div 66$ мм (в зависимости от скорости перемещения машины по поливному участку $v_{\text{пер}}$, изменяющейся в диапазоне от 0,20 до 2,0 м/мин); площадь поливного участка под машину составляет 170÷190 га.

Гибкошарнирное соединение ферменных секций дождевального трубопровода позволяет использовать дождевальную машину «Кубань» без проведения тщательной планировки полей с относительно спокойным рельефом. Максимально допустимый общий поперечный уклон поливного участка (поля) или уклон вдоль дождевальной машины (по ширине её захвата) составляет 0,02, при этом местный (локальный) поперечный уклон поверхности сельхозугодья между тремя соседствующими тележками допускается до 0,03, а в пределах центральной части пролётов, центральной и соседствующих с ней (на длине 112 м) тележек – не более 0,02. Схемы положения (взаиморасположения) отдельных секций ферменного водопроводящего трубопровода на разноуклонных участках поливаемых полей приведены на рисунке 8.4.



а – уклон между тремя соседними тележками до 0,03; б – уклон в центральной части машины между двумя (жёсткими) пролётами на длине 112 м до 0,02 м

Рисунок 8.4 – Схемы положений ферм ДМ «Кубань» на участках с различными уклонами

В конструкциях дождевальной машины семейства «Кубань» и ДМ «Кубань-М», в частности, предусмотрена подача удобрений, мелиорантов и других растворённых агрохимических препаратов с поливной водой.

8.2.2 Дождевальная машина «Кубань-Л»

Общие сведения. В известных информационных источниках применяются различные (в разной мере полные и точные) названия дождевальной машины «Кубань-Л», среди которых: многоопорная дождевальная электрифицированная фронтальная машина (МДЭФ «Кубань-Л»); машина дождевальная электрифицированная фронтальная (МДЭФ «Кубань-Л») и другие.

ДМ «Кубань-Л» относится к классу широкозахватных многоопорных пневмоколёсных самодвижущихся (самоперемещающихся) электроприводных (реверсивных) дождевальных машин фронтального перемещения по полю с забором поливной воды из открытого оросительного канала (оросителя).

ДМ «Кубань-Л» представляет собой усовершенствованный вариант «Кубани-М» с изменёнными (улучшенными) конструктивными решениями

водозаборного устройства, ферменных пролётов водоподающего трубопровода, пневмоколёсных ходовых тележек и других её агрегатов и элементов.

Дождевальная машина «Кубань-Л» является одним из современных базовых вариантов из семейства дождевальных машин «Кубань», общий вид и общая конструктивная схема которой приведена на рисунках 8.5, 8.6 и 8.7.

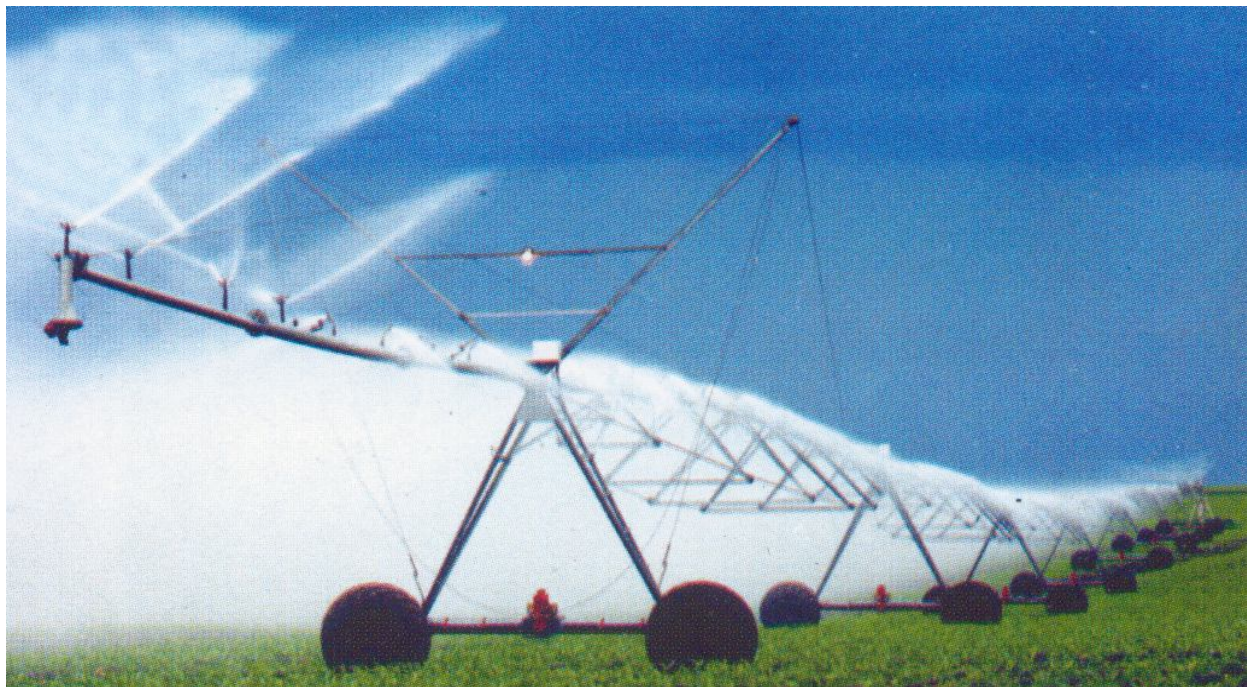
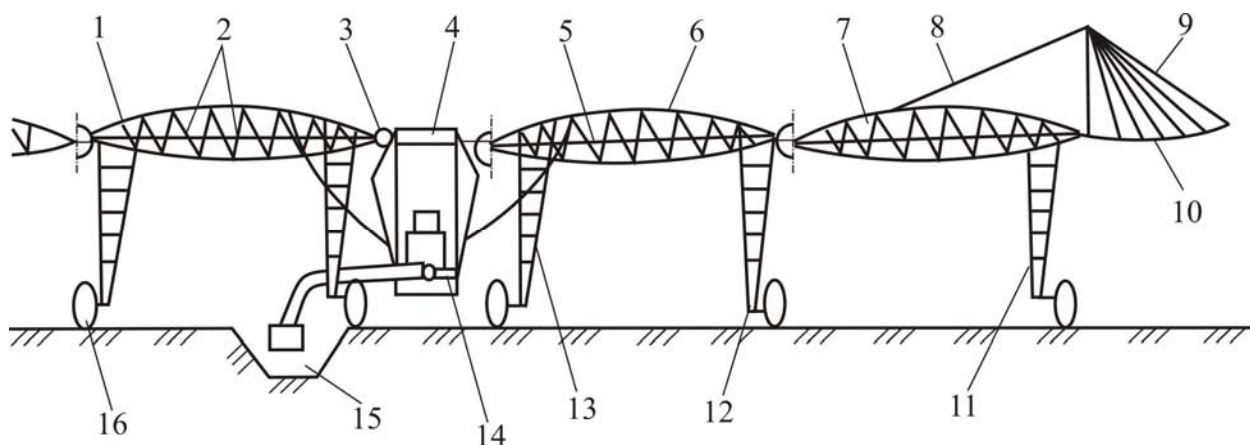


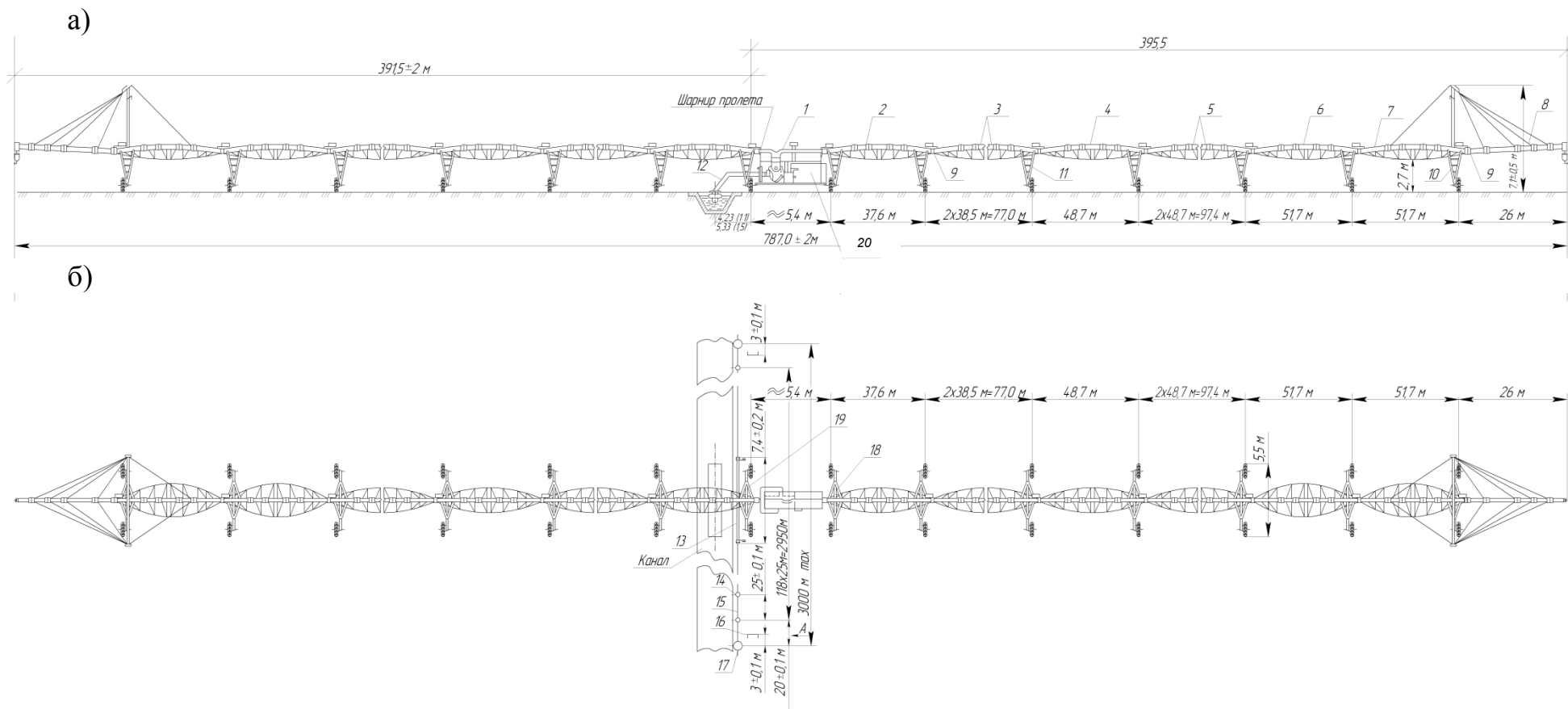
Рисунок 8.5 – Общий вид фрагмента дождевального крыла дождевальной машины «Кубань-Л» в процессе полива



1, 4, 6 и 7 – головной, центральный, промежуточный и предконсольный пролёты;
2 – ферма; 3 – шарнир; 5 – водопроводящий трубопровод; 8 – растяжка;
9 – поддерживающие тросы; 10 – консоль; 11 и 12 – последняя и промежуточная опорные тележки; 13 – опора центральной тележки; 14 – дизельнасосный агрегат;
15 – канал; 16 – пневматическое колесо

Рисунок 8.6 – Общая схема дождевальной машины «Кубань-Л»

Конструктивное решение ДМ «Кубань-Л» предусматривает наличие центральной тележки и отходящих от неё двух дождевальных крыльев.

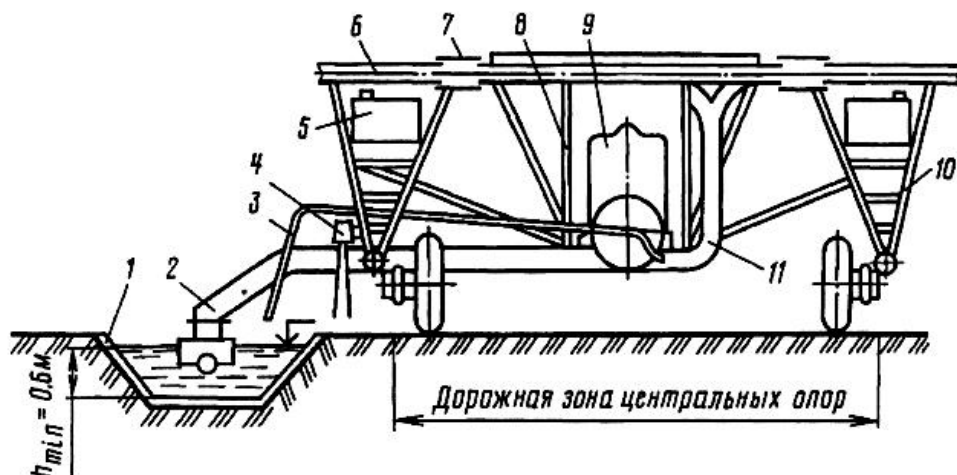


а – продольный разрез; б – план;

1 – центральная ферма; 2–7 – фермы в консоли; 8 – консоли; 9 – система синхронизации; 10, 11 – тележки опорные;
12 – магистраль всасывающая; 13 – система стабилизации; 14 – стойки поддерживающие; 15 – трос направляющий;
16 – упоры ограничения хода машин; 17 – тумбы; 18, 19 – тележки центральные; 20 – энергетическая установка

Рисунок 8.7 – Общеконструктивная схема дождевальной машины «Кубань-Л»

В отличие от ДМ «Кубань-М» центральная тележка перемещается по одной стороне канала с боковым забором воды из оросителя. Конструктивная схема и общий вид центральной тележки приведена на рисунках 8.8 и 8.9.



1 – ороситель; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – устройство для слива воды; 4 – сигнализатор стабилизации хода; 5 – топливные баки; 6 – дождевальная труба; 7 – шарнирное соединение; 8 – подвесная платформа; 9 – дизельный насосно-силовой агрегат с электрогенератором; 10 – опорная тележка; 11 – напорный трубопровод насоса

Рисунок 8.8 – Конструктивная схема центральной части ДМ «Кубань-Л»

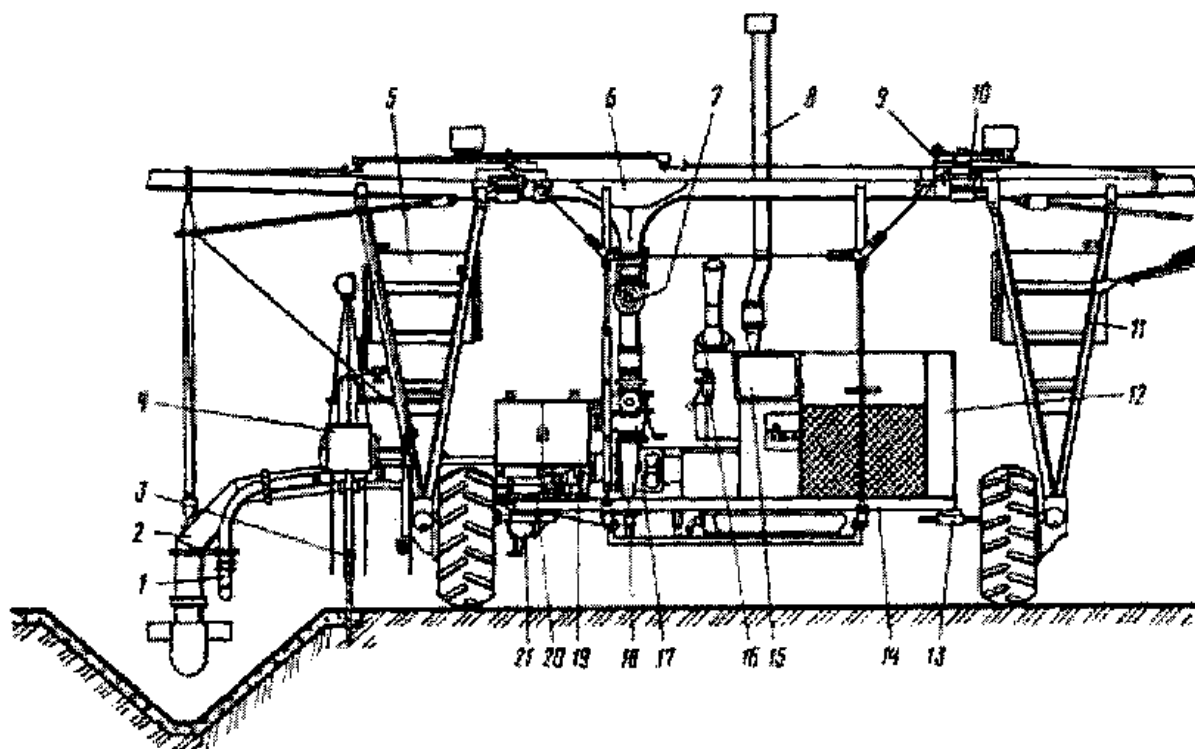


Рисунок 8.9 – Общий вид центральной тележки ДМ «Кубань-Л»

На центральной тележке (шириной 5,4 м) предусмотрено размещение дизельной энергетической установки, насоса, топливных баков, электрогенератора, щитов управления работой дождевальной машины (рисунок 8.10).

Водопроводящий трубопровод машины, состоящий из 16-ти шарнирно соединённых секций (пролётов) и двух концевых консолей ферменной конструкции, опирается на 18 опорных самоходных пневмоколёсных тележек.

Опоры ферм водопроводящего трубопровода рамной конструкции опираются на платформы двухколёсных самоперемещающихся тележек, оборудованных электрическим приводом. Индивидуальные мотор-редукторы центральной, промежуточных и концевых (крайних) тележек машины автономно питаются через электрический кабель от энергетической установки машины.



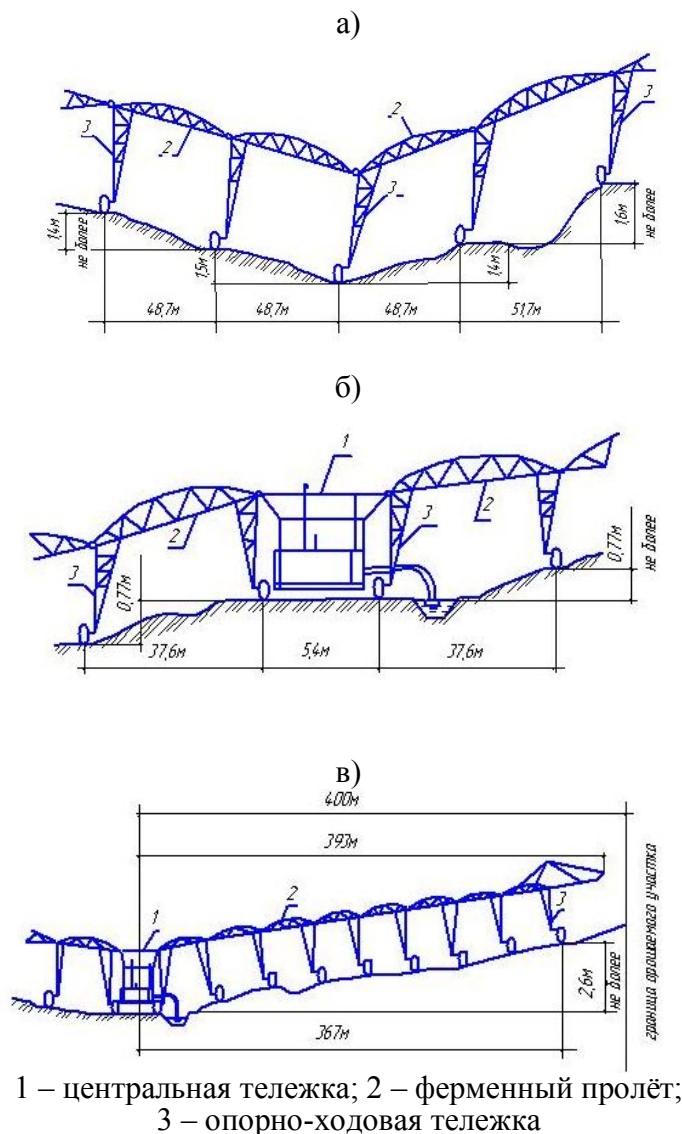
- 1, 2 – сбросной и всасывающий трубопроводы; 3 – направляющий трос;
 5, 9, 16 – системы стабилизации курса, топливная, синхронизации движения тележек и вакуумирования насоса; 6 – центральная ферма; 7 – счётчик воды; 8 – труба дизеля;
 10 – шарнирное соединение; 11 – опорная тележка; 12 – дизель; 13 – успокоитель;
 14 – рама; 15 – щит автоматики; 17 – запорное устройство; 18 – насос;
 19 – шкаф управления; 20 – генератор; 21 – лебёдка

**Рисунок 8.10 – Автономная энергетическая установка
 дождевальная машины «Кубань-Л», размещённая
 на центральной опорно-ходовой тележке**

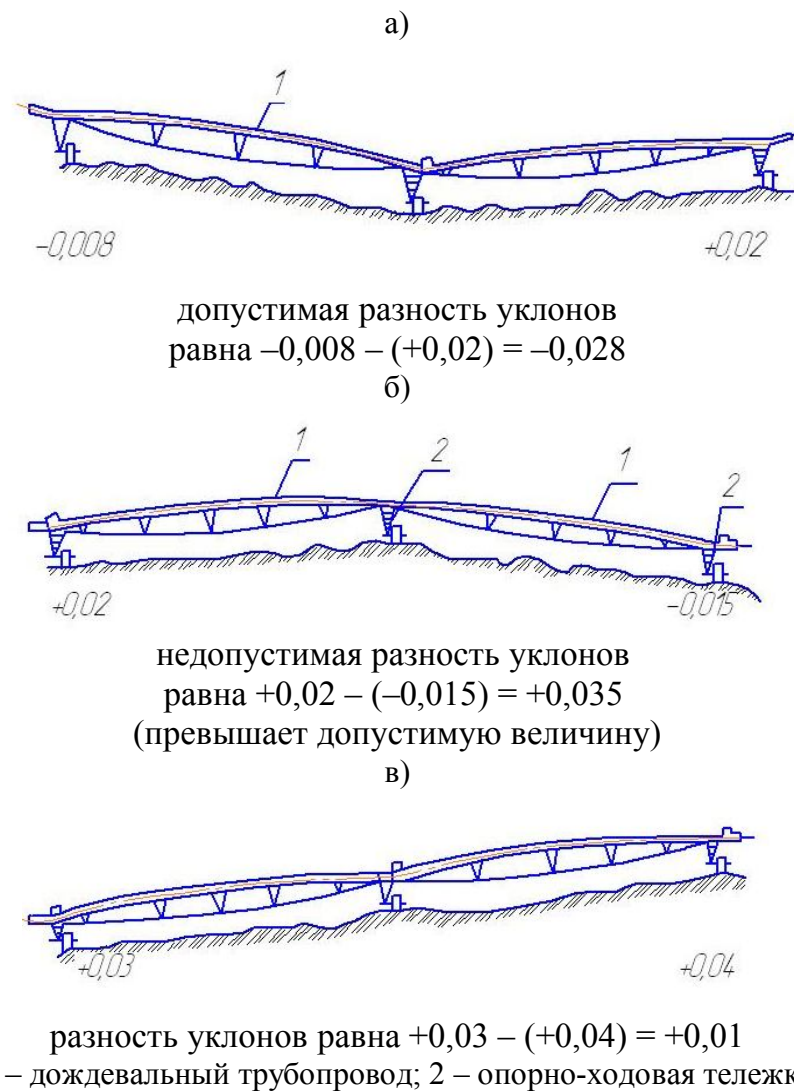
В качестве генераторов искусственного дождя используются низконапорные дождеватели, равномерно располагаемые по длине и верху ферменных конструкций напорного водовода. Высотное и плановое расположение 303-х единиц малорасходных короткоструйных и низконапорных дождевателей (дефлекторных дождевальных насадок) секторного (одностороннего) действия на фермах водопровода позволяет создавать приемлемую структуру искусственного дождя с максимальной интенсивностью $I_{\text{д/макс}} = 1,2 \text{ мм/мин}$.

ДМ «Кубань-Л» оборудована системами: защиты энергетической установки и электропривода тележек; слежения за положением линии трубопровода и стабилизации курса; защиты машины против ухода её с курса и её остановки при недопустимых перемещениях отдельных тележек; управления скоростным режимом движения при поливе и других перемещениях машины.

Для избежания аварийных ситуаций местные уклоны между двумя соседствующими опорно-ходовыми тележками дождевальной машины не должны превышать 0,04, а разность значений уклонов между тремя соседствующими тележками не должна быть более $\pm 0,03$ (рисунок 8.11), а между центральной и соседствующей с ней – не более $\pm 0,02$ (рисунок 8.12).



**Рисунок 8.11 – Примеры взаимного положения секций
дождевального трубопровода по рельефу поливного участка**



**Рисунок 8.12 – Примеры разноуклонного положения
секций дождевальных крыльев по рельефу местности**

Дождевальная машина «Кубань-Л» производит полив в процессе её фронтального (поступательно-возвратного хода (перемещения) как по направлению тока воды в оросителе, так и против течения воды) перемещения по поливному участку вдоль открытого облицованного оросительного канала с забором поливной воды из оросителя посредством насоса и подачей её в водопроводящий трубопровод под давлением (напором) в 0,31 МПа.

Основные технические характеристики и технологические параметры дождевальной машины МДЭФ «Кубань-Л» (по базовой типоразмерной марке «МДЭФ 787-200») представлены нижеприведенными данными (значениями).

1 Тип дождевальной машины – широкозахватная многоопорная колёсная самодвижущаяся (самоперемещающаяся при поливе) электроприводная реверсивная дождевальная машина фронтального перемещения по поливному участку с забором поливной воды из открытого канала (оросителя).

2 Рабочий (поливной) режим движения машины – «старт-стопный» или «непрерывный» с возможностью регулирования скорости перемещения крайних тележек дождевальных крыльев в диапазоне от 0,19 м/мин (минимальной) до 1,9 м/мин (максимальной), что позволяет регулировать интенсивность дождя и величину выдаваемой поливной нормы (слоя дождя), соотносясь с почвенными, рельефными, фенологическими и другими условиями.

3 Ширина захвата дождём («поливного фронта») – 800 ± 5 м.

4 Средний диаметр капель искусственного дождя – 1,0 мм.

5 Средняя интенсивность искусственного дождя при позиционном поливе $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 1,3$ мм/мин; средняя интенсивность дождя при поливе в движении со скоростью перемещения $v_{\text{пер}} = 0,19$ м/мин – $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 1,28$ мм/мин, а при значении $v_{\text{пер}} = 1,9$ м/с интенсивность составляет $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 1,12$ мм/мин.

6 Слой дождя за один проход дождевальной машины от 7,9 мм при скорости перемещения равной 1,9 м/с до 79 мм при $v_{\text{пер}} = 0,19$ м/с.

7 Количество опорно-ходовых пневмоколёсных тележек – 18 единиц.

8 Высота от поверхности земли до нижнего пояса ферм – 2,7 м.

9 Расход поливной воды, потребляемый машиной, $q_{\text{д/м}} = 200$ л/с.

10 Рабочее давление в водопроводящем трубопроводе – 0,31 МПа.

11 Сезонная площадь одного поливного участка или сезонная производительность (нагрузка) дождевальной машины – от 190 до 210 га.

12 Норму полива (водовыдачи) МДЭФ «Кубань-Л» устанавливают с учётом впитывающей способности почв изменением скорости движения тележек посредством реле времени, устроенном на щите управления.

13 Один оператор может обслуживать 2–4 дождевальных машины.

8.2.3 Дождевальная машина «Кубань-ЛК»

Используемые названия: многоопорная дождевальная машина «Кубань-ЛК»; электрифицированная дождевальная машина «Кубань-ЛК»; машина дождевальная электрифицированная кругового действия (МДЭК)

«Кубань-ЛК1»; электрифицированная колёсная многоопорная самодвижущаяся дождевальная машина кругового действия (ЭДМК); дождевальная машина «Кубань ЛК1»; многоопорная дождевальная электрифицированная круговая машина «Кубань ЛК1»; электрифицированная низконапорная дождевальная машина «Кубань-ЛК-1»; машина дождевальная кругового действия «Кубань ЛК1»; самоходная пневмоколёсная электрифицированная дождевальная машина «Кубань-ЛК-1»; МДЭК «Кубань-ЛК-1»; дождевальная электрифицированная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»; электрифицированная низконапорная дождевальная машина «Кубань-ЛК-1», ЭДМ «Кубань-К».

Условия применения. Дождевальная машина «Кубань-ЛК», разработанная на основе ДМ «Кубань-Л», относится к классу широкозахватных многоопорных пневмоколёсных электрифицированных низконапорных самоперемещающихся дождевальных машин кругового действия, питающихся поливной водой из гидрантов закрытой оросительной сети или оборудованных насосами водозаборных скважин, и предназначена для полива всех («пашенных») сельскохозяйственных культур (кормовых, овощных, зерновых, ягодных, технических, бахчевых и др.), сенокосов и пастбищ на сельхозугодьях со «спокойным» рельефом при общем уклоне поля вдоль машины, не превышающем 0,01, а по ходу движения опорных тележек крыла – не более 0,07.

Конструкция МДЭК «Кубань-ЛК» включает: центральную опору с узлом физического и гидравлического соединения дождевального трубопровода с гидрантом или трубой водозаборной скважины; дождевальный напорный трубопровод (водовод) ферменной конструкции, опирающийся на систему самоходных пневмоколёсных тележек с системно размещёнными на нём коротко- и среднеструйными дождеобразователями (рисунок 8.13).



Рисунок 8.13 – Общий вид дождевальной машины «Кубань-ЛК-1»

Перемещение (движение) поливного крыла (ферменного дождевального трубопровода) обеспечивается электромеханическим приводом. Электропитание (электроснабжение) обеспечивается от внешней электрической сети и подаётся на исполнительные механизмы от трансформаторной понизитель-

ной станции (подстанции) по электрическому кабелю в шкаф (щит) управления машиной, размещённый на неподвижной (центральной) опоре. От электрощита электрический ток по электрокабелю дождевальной машины подводится к электродвигателям мотор-редукторов опорных тележек, обеспечивающих через карданную трансмиссию и колёсные редукторы вращение пневмоколёс самоходных тележек. Управление работой дождевальной машины при поливе осуществляется со шкафа управления или дистанционно.

Водопроводящий трубопровод ферменно-секционной конструкции с взаимным шарнирным соединением отдельных пролётных (межопорных) ферм опирается на систему колёсных опор (опорных рам), физически и функционально соединён с центральной неподвижной опорой, вокруг которой осуществляется вращение дождевального крыла этой машины при поливе.

Подсоединение машины к источнику поливной воды (гидранту) осуществляется на центральной неподвижной (жёстко закреплённой) опоре через трубчатый стояк, оборудованный поворотным коленом (рисунок 8.14).



Рисунок 8.14 – Общие виды стационарной центральной опоры ДМ «Кубань-ЛК»

Концевая часть дождевального крыла ДМ «Кубань-ЛК» выполнена консольной и поддерживается системой тросовых вантов (растяжек), закреплённых на последней опорно-ходовой тележке дождевальной машины.

На верхней части трубчатого напорного водовода системно расположены дождевальные аппараты (дождеобразователи). На водопроводящем трубопроводе базовой модели «Кубани-ЛК-1» (в начале и в конце) размещено 37 среднеструйных дождевальных аппаратов «Фрегат-II» и (в средней части) 125 короткоструйных секторных насадок от «Кубани-Л». Системное расположение дождевателей и малые расходы выдаваемой ими поливной воды обеспечивают приемлемую структуру дождя (по диаметру дождевых капель, интенсивности дождя и равномерности его распределения по зоне полива).

Надёжность работы ДМ «Кубань-ЛК» обеспечивается: системами синхронизации перемещения всех самоходных опор-тележек дождевального крыла; системами аварийной защиты от недопустимых изгибов трубопровода

и коротких замыканий в электроцепях и от понижения или повышения давления в водоводе (от минус 0,1 МПа до плюс 0,15 МПа), а также от номинального и возможного переполива при остановке тележки более чем на 10 минут. Благодаря высокому уровню автоматизации поливного процесса дождевальная машина может работать в круглосуточном режиме без наблюдения со стороны оператора, а при необходимости прекращать полив и возвращение машины.

По базовой модели дождевальной машины «Кубань-ЛК» разработано 10 её типоразмерных марок по количеству (от 4 до 13) ферменных секций дождевального трубопровода (то есть по длине «дождевального крыла»).

Технические характеристики и технологические показатели по типоразмерам дождевальной машины «Кубань-ЛК» приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Данные по техническим характеристикам и технологическим параметрам ДМ «Кубань-ЛК» (по Б. С. Маслову)

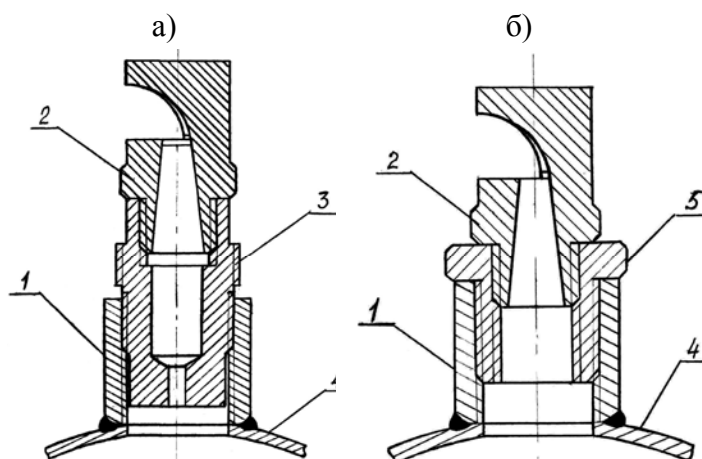
Показатель	Модификация						
	МДЭК 388-45	МДЭК 397-55	МДЭК 435-65	МДЭК 474-70	МДЭК 512-75	МДЭК 551-82	МДЭК 589-90
Тип машины – электрифицированная широкозахватная, пневмоколёсная многоопорная самодвижущаяся машина кругового действия							
Технология полива	В движении по кругу						
Вид привода – электрический от внешней трёхфазной сети напряжением 380 В							
Расход воды, л/с	45	55	65	70	75	82	90
Пределы поливных норм, м ³ /га	90–600						
Клиренс машины, м	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Давление на входе в машину, МПа	0,28	0,31	0,33	0,35	0,36	0,39	0,41
Количество опор, шт.	7	8	9	10	11	12	13
Ширина полосы полива (радиус полива), м	392	400	441	479	516	554	595
Средняя интенсивность дождя*, мм/мин	0,63	0,70	0,64	0,63	0,70	0,72	0,66
Максимальный слой осадков за проход, мм	8,73	9,82	9,89	9,88	9,88	9,89	10,92
Минимальное время оборота машины, час	26						
Площадь полива, га	48,2	50,3	61,1	72,1	83,6	96,4	111,2
* По Ю. Ф. Слипич средняя интенсивность искусственного дождя для ДМ «Кубань-ЛК1» составляет 0,30 мм/мин, а по Б. П. Фокину и А. К. Носову $\bar{I}_{д/ср} = 0,98$ мм/мин.							

Наиболее широкое распространение из подсемейства дождевальных машин «Кубань-ЛК» получила 10-опорная дождевальная машина модификации МДЭК «Кубань-ЛК-1» с расходом воды $q_{д/м} = 70$ л/с при давлении на входе в водоподающий трубопровод равном 0,35÷0,40 МПа, радиусом полива равном 483 ± 5 м и сезонно-поливаемой площадью, составляющей 73,3 га при клиренсе водопроводящего пояса равном 2,7 м. ДМ «Кубань-ЛК-1» обеспечивает выдачу поливной нормы от 9 до 90 мм при соответствующем

регулировании скорости вращения дождевального крыла. Минимальная продолжительность оборота машины составляет 26 ч. Десятисекционный водопроводящий пояс этой машины со шпренгельными фермами жёсткости составлен из пролётов длиной 30÷49 м при общей его протяжённости равной 473,2 м и радиусе захвата искусственным дождём равном 483 ± 5 м. Электропривод обеспечивает реверсирование направления движения машины при поливе. Дождевальная машина обеспечивает коэффициент эффективности полива на уровне 0,80, что, в свою очередь, обеспечивается принятой системой размещения дождевателей – 37-ми дождевальными аппаратами серии «Фрегат-II» (на двух первых и последнем пролётах и на консоли) и 125-ти короткоструйных секторных насадок (на остальных промежуточных секциях дождевального трубопровода). Средняя интенсивность искусственного дождя по длине дождевального крыла составляет 0,63 мм/мин и зависит от скорости вращения машины (продолжительности одного оборота дождевателя) и потребляемого расхода поливной воды.

Очевидными достоинствами ДМ «Кубань-ЛК1» являются: относительно низкая энергоёмкость поливного процесса, высокая степень его автоматизации и реальная возможность дистанционного управления работой группы машин до 6÷10 единиц; возможность реверсивного движения при поливе и холостых перемещениях; относительно высокое качество полива; высокая проходимость на почвах с низкой несущей способностью; относительная долговечность и высокая производительность труда. По данным ВНИИ «Радуга» ДМ «Кубань-ЛК1» имеет меньшую (на 20 %) энергоёмкость при более чем двукратном снижении трудоёмкости по сравнению с ДМ «Фрегат» и повышении срока службы на два года (до 12 лет). Б. П. Фокин и А. К. Носов считают, что у «Кубани ЛК» эффективность полива несколько выше, чем у ДМ «Фрегат» $0,802 \div 0,805$ против $0,74 \div 0,85$ при интенсивности дождя равной 0,98 мм/мин при меньшем диаметре капель ($d_k = 1,0 \div 1,2$ мм). При этом для дождевальной машины «Кубань-ЛК1» присущи и определённые конструктивные (технические) недостатки, среди которых: высокая энергоёмкость; относительно высокая средняя интенсивность и крупность капель искусственного дождя, что предопределяет необходимость дальнейшего совершенствования конструктивных решений отдельных её элементов (дождеобразователей, дождевального трубопровода и др.).

Для повышения качества полива дождевальной машиной «Кубань-ЛК1» специалистами ВНИИ «Радуга» вместо среднеструйных дождевальных аппаратов предложено использовать низконапорные дождевальные (дождеобразующие) насадки секторного полива со сферической формой дефлектора. Предложенные конструктивные решения дождеобразующих устройств (ДУ) в системе «муфта – дроссель – насадка» или «муфта – переходник – насадка» для этой дождевальной машины приведены на рисунке 8.15.



а – с дросселем; б – с переходником;
 1 – муфта; 2 – секторная
 короткоструйная насадка;
 3 – дроссель; 4 – дождевальная
 труба; 5 – переходник

**Рисунок 8.15 –
 Дождеобразующие
 устройства для ДМ «Кубань-
 ЛК1» (по ВНИИ «Радуга»)**

Имеются конструктивные проработки для оснащения ДМ «Кубань-ЛК1» оборудованием для реализации мелкодисперсного дождевания и мотор-редукторами для (2÷3)-кратного увеличения скорости вращения машины.

8.3 Организация полей и компоновка оросительной сети

8.3.1 Компоновка поливных участков и оросительной сети для машин фронтального действия

Организация территории (орошаемого массива или участка) под фронтальные ДМ «Кубань-М» и «Кубань-Л» предусматривает определение границ и площадей севооборота и отдельных полей, расположения и размеров существующих дорог, лесных полос, линий электропередач, трубопроводов, отдельных сооружений и других объектов. Основой для составления проекта организации орошаемой территории под ДМ «Кубань» является план севооборотного участка. При этом дождевальные машины фронтального перемещения рекомендуется использовать на севооборотных участках (полях) прямоугольной конфигурации с прямолинейными границами и равнинным «спокойным» рельефом местности, а при необходимости – со спланированной поверхностью орошаемого сельскохозяйственного угодья. Проект организации полей орошаемого массива под ДМ «Кубань-Л» увязывается с организацией земель всего хозяйства и соседствующих с ним угодий и объектов.

При проектировании планового расположения и размеров полей и поливных участков (модулей), параметров и ориентации элементов оросительной сети учитывают существующую инфраструктурную ситуацию (природно-хозяйственные условия), рельеф местности и направление господствующих ветров. При этом направление прямолинейных канальных оросителей и движения фронтально перемещающихся дождевальных машин из семейства «Кубань» желательно совместить с направлением господствующих ветров в поливной период. При планировании расположения и размеров полей в составе севооборота необходимо соблюдать ограничения по уклонам поверхности поливного участка в направлении оросителя $i_{\text{ор}} = 0,0001 \div 0,001$ и вдоль водопроводящего трубопровода (дождевального крыла) машины $i \leq 0,007$ и между

двумя смежными пролётами $i_{op} \leq 0,01 \div 0,02$, а между тремя соседствующими пролётами – $i < 0,03$. Допустимые характерные условия расположения дождевальных крыльев машины и отдельных их секций по уклонам рельефа местности проиллюстрированы рисунками 8.4, 8.11 и 8.12.

При расположении орошаемых участков (полей), канальных оросителей и выборе направлений перемещения дождевальных машин «Кубань-М» и «Кубань-Л» учитывается разнонаправленность уклонов поверхности (рельефа) местности по отдельным дождевальным крыльям (см. рисунок 8.12).

Форма (конфигурация), линейные размеры и площади отдельных полей (поливных участков и модулей) в составе севооборота (севооборотного участка) увязываются с техническими параметрами дождевальной машины. При этом длина одной из сторон поля (поливного участка или поливного модуля) прямоугольной формы принимается равной ширине захвата дождевальной машины ($b_{зах}$) для соответствующего её типоразмера, а размер другой стороны (в направлении фронтального перемещения машины по полю при поливе) определяется через частное от деления площади сезонной нагрузки машины ($S_{сез}$) или площади поля ($S_{поля}$) на принятую ширину захвата.

При планировании расположения отдельных полей в составе севооборота необходимо избегать расположения продольной оси дождевальной машины перпендикулярно направлению господствующих ветров.

Одна дождевальная машина «Кубань-Л» или «Кубань-М» проектируется на поле, занятое одной сельскохозяйственной культурой, но возможно использование одной машины при поливе поля с двумя произрастающими на нём, культурами при последовательном расположении «разнокультурных» поливных участков в направлении движения машины в процессе полива.

Эксплуатационная грунтовая дорога под ДМ «Кубань-М» и «Кубань-Л» устраивается вдоль оросителя и используется для перемещения центральной тележки дождевальной машины, подвоза к ней материалов и проведения ремонтно-восстановительных работ по машине и оросительному каналу. Расположение эксплуатационных дорог увязывается с расположением полевых дорог всего севооборотного участка и орошаемого массива в целом.

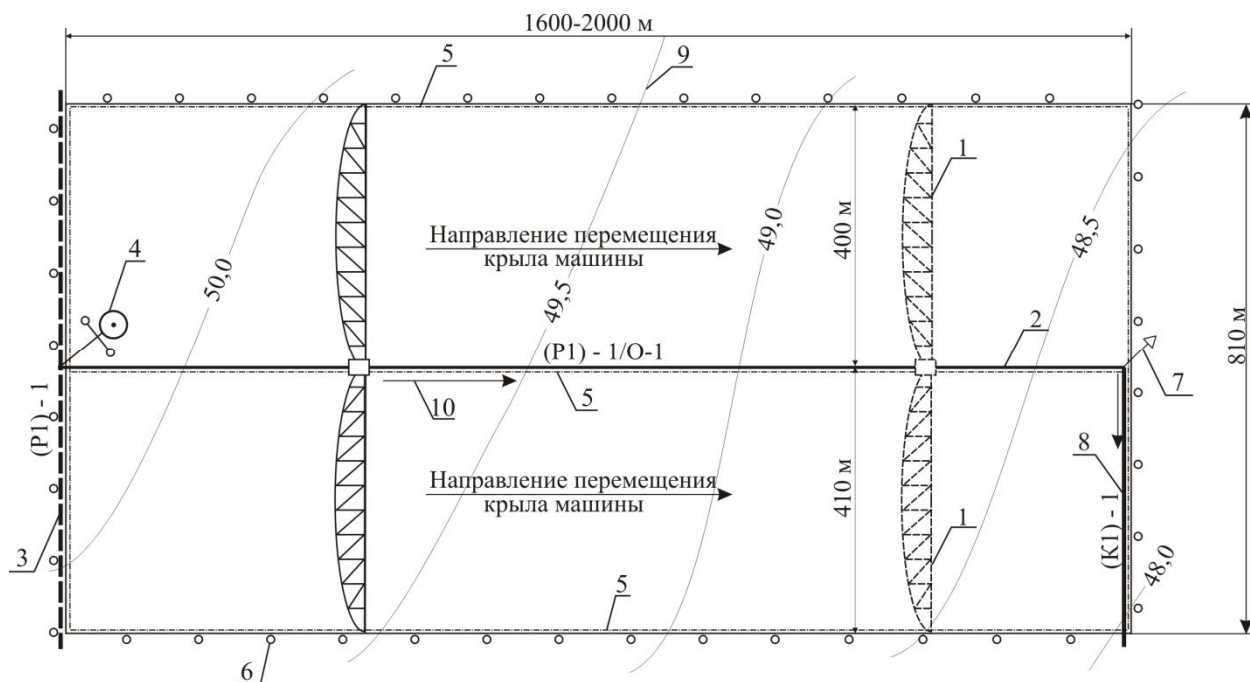
Организация отдельных поливных участков (поливных модулей), отдельных полей, севооборотов, орошаемых ДМ «Кубань-Л», предусматривает устройство лесных полос различного назначения (полезащитных, садозащитных, противоэрозионных, противодефляционных и стокорегулирующих).

Оросительная сеть под ДМ «Кубань-Л» и «Кубань-М» включает: распределительные водоводы (распределители) и оросительные каналы (оросители). Распределители подают воду на орошаемый массив (севооборот) с несколькими одновременно работающими дождевальными машинами и рассчитывают на пропуск суммарного расхода этих машин с учётом возможных потерь поливной воды. Оросители обеспечивают поливной водой одну дождевальную машину и их расход составляет $Q_{op} = q_{д/м} = 200 \text{ л/с} + (2 \div 3) \%$.

Открытые (канальные) распределители проектируются с уклонами от 0 до 0,002. При $i_p = 0 \div 0,0002$ каналы могут функционировать без промежуточных подпорных (перегораживающих) сооружений (перемычек), при $i = 0,0002 \div 0,02$ устройство таких сооружений (элементов) необходимо.

Ороситель устраивается облицованным в (сборной или монолитной) бетонной (асфальтополимербетонной) облицовке с шириной по дну $b_{ор} = 0,4$ м или $b_{ор} = 0,6$ м, заложением откосов от 1:1 до 1:1,5 и глубиной наполнения $0,7 + 0,05$ м. Уклон дна канала-оросителя принимается в соответствии с уклоном поверхности земли по его трассе и не может превышать $i_{ор.макс} = 0,01$ при наиболее приемлемом минимальном уклоне $i_{ор.мин} = 0,0001$. При параметрах оросителя, не обеспечивающих нормативной глубины воды в нём, предусматривается устройство водоподпорных перемычек.

Возможно устройство комбинированной оросительной сети (ОС), в составе которой используются закрытые (трубчатые) распределители и питающиеся из них открытые оросительные каналы (оросители), поливная вода в которые из трубопровода оросительной сети подаётся посредством водовыпускных устройств. При проектировании орошаемого массива, отдельных полей севооборота и оросительной сети реализуется модульный подход к определению их параметров и конструктивных решений. Схема поливного модуля под дождевальную машину «Кубань-Л» приведена на рисунке 8.16.



- 1 – дождевальные крылья машины; 2 – открытый оросительный канал (ороситель);
- 3 – распределительный трубопровод; 4 – водовыпуск-регулятор с трубчатым переездом из распределителя в ороситель; 5 – эксплуатационные дороги (дорожная сеть);
- 6 – лесомелиоративные насаждения; 7 – концевой сброс из оросителя; 8 – водоотводящий коллектор; 9 – горизонтальны рельефа; 10 – направление течения воды в оросителе

Рисунок 8.16 – Схема поливного модуля (участка) для дождевальной машины «Кубань-Л»

Совокупность нескольких отдельных модулей (поливных участков) составляет единый орошаемый массив и его оросительную сеть (систему).

При размещении отдельных модулей учитываются рельефные, ситуационные и хозяйственно-экономические условия и ограничения, сезонная производительность машины в гектарах, нагрузка на машину и другие факторы. Пример компоновочного решения отдельных полей в составе восьмипольного севооборота и расположения элементов оросительной сети для их полива дождевальной машиной «Кубань-Л» приведен на рисунке 8.17.

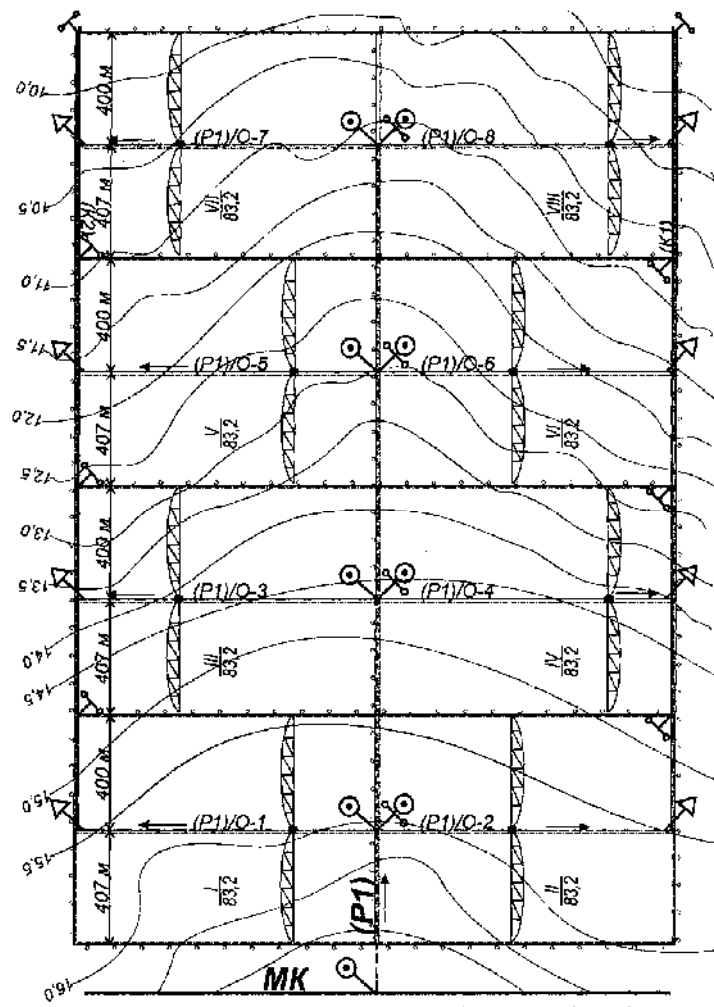


Рисунок 8.17 – Схема расположения поливных участков (полей) восьмипольного орошаемого севооборота и оросительной сети под ДМ «Кубань-Л»

8.3.2 Компоновка полей и оросительной сети под ДМ «Кубань-ЛК»

Землеустройство. При проектировании землеустройства (расположения, размеров и конфигурации) отдельных полей (поливных участков) в составе орошаемого севооборота и обслуживаемой его оросительной сети под дождевальную машину кругового действия ДМ «Кубань-ЛК» учитываются: рельефные условия севооборотного участка, количество и размеры полей, включённых в севооборот; существующие объекты (лесные полосы, соору-

жения и др.) и коммуникации (дороги, линии электропередач и др.); характеристики принятого типоразмера дождевальной машины и другие факторы.

Поля севооборота (поливные участки) рекомендуется принимать равноплощадными, что позволит использовать для их полива дождевальные машины одного типоразмера. При таком подходе площадь одного поля составит $S_{n,nt} = S_{c/o,nt} / n$, где $S_{n,nt}$ – площадь поля (поливного участка или поливного модуля) нетто, га; $S_{c/o,nt}$ – площадь севооборота (орошаемого массива) сельхозугодий нетто, га; n – число полей в севообороте (культурообороте), шт.

Конфигурация поля (поливного участка или поливного модуля) под дождевальную машину кругового действия «Кубань-ЛК» принимается квадратной, размер стороны ($B_{уч,nt}$) которого определяется из соотношения $B_{уч,nt} = \sqrt{S_{n,nt}}$, м. В соответствии со значением $B_{уч,nt}$ устанавливается необходимая длина дождевальной машины («дождевального крыла») из соотношения $l_{д/м} = B_{уч,nt} / 2$, м, а по значению $l_{д/м}$ – типоразмер машины.

Оросительная сеть под ДМ «Кубань-ЛК» представлена системой трубопроводов разного порядка: распределителей, подающих поливную воду на несколько поливных участков (полей, модулей) и их тупиковых ответвлений (оросителей), подающих воду к одной дождевальной машине. Расположение отдельных трубопроводов определяется: конфигурацией территории (орошаемого севооборотного участка) и расположением отдельных полей; топографическими, хозяйственно-ситуационными и другими условиями. Пример компоновочного решения севооборотного участка, входящих в него полей и закрытой оросительной сети под ДМ «Кубань-ЛК» приведен на рисунке 8.18.

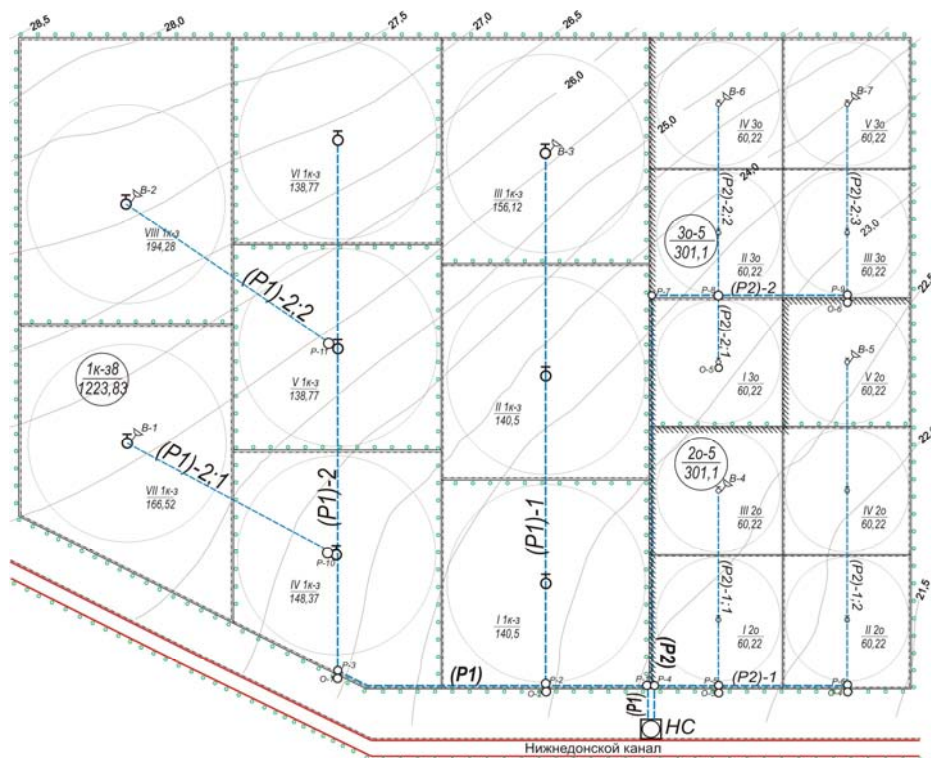


Рисунок 8.18 – План орошаемого трёхсевооборотного массива и оросительной сети под ДМ «Кубань-ЛК»

8.4 Технология полива дождевальной машиной «Кубань-Л»

Технология (технологический режим) дождевого полива ДМ «Кубань-Л» определяется технико-эксплуатационными возможностями дождевальной машины и условиями полива (водно-физическими свойствами почвенного покрова сельхозугодья, величиной поливной нормы и др.).

При разработке технологических режимов и схем полива учитывают величину поливной нормы, подлежащей выдаче на орошаемый (поливной) участок, и величину досточковой (эрозионно-допустимой) поливной нормы.

Для сокращения продолжительности периода неувлажнения сельхозкультур в особо напряжённые по климатическим условиям периоды рекомендуется поливать пониженными нормами за два-три прохода машины по одному участку. В относительно спокойные по водопотреблению растений периоды возможна выдача всей поливной нормы за один проход дождевальной машины, если этому нет противопоказаний по впитывающей способности почвы (скорости безнапорного впитывания воды в почву).

Регулирование величиной поливной нормы, выдаваемой дождевальной машиной «Кубань-Л» за один проход по поливному участку, осуществляется регулированием скорости её перемещения по полю в процессе полива.

При выборе технологических схем полива (перемещения дождевальной машины по поливному участку) учитываются: технологические показатели и потенциальные возможности собственно машины (по скорости её перемещения при поливе и интенсивности искусственного дождя и др.); характеристики впитывающей способности почвы и степени проективного покрытия поверхности поливаемого угодья растительным покровом; величина поливной нормы, допустимые значения интенсивности дождя, его продолжительности, допустимой поливной нормы и другие факторы. При проектировании режима дождевого полива (дождевания) в обязательном порядке должны соблюдаться два условия $I_d \leq v_{вп.б/н}$ и $t_{в/п} \leq t_{доп}$ (условие «интенсивности искусственного дождя» и условие «продолжительности дождевого полива»).

Исходной информацией к расчёту параметров поливного режима и выбору технологической схемы перемещения дождевальной машины фронтального действия (полива) являются: данные по впитывающей способности почвенного покрова для реальных условий полива в виде функциональной связи $v_{вп.б/н} = f(t_{в/п})$; величина поливной нормы ($N_{пол}$, мм); значение средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин) при стационарном (позиционном) поливе и значения $\bar{I}_{д/ср} = f(v_{пер})$ во взаимосвязи средней интенсивности искусственного дождя со скоростью перемещения дождевальной машины ($v_{пер}$, м/мин) при поливе; диапазон значений скорости перемещения дождевальной машины по поливному участку в процессе полива ($v_{пер}$, м/мин); продолжительность нахождения любой точки земной поверхности в зоне захвата дождём (продолжительность дождевания или полива – $t_{дож}$ или $t_{пол}$, мин) при определённой скорости перемещения дождевальной машины в виде функциональной связи $t_{дож} = f(v_{пер})$ или устанавливаемой из соотношения: $t_{дож} = l_{зах} / v_{пер}$, где $l_{зах}$ – длина полосы захвата искусственным

дождём в направлении фронтального перемещения дождевальнoй машины «Кубань-Л» по орошаемому участку при поливе, м.

8.4.1 Технологические параметры полива ДМ «Кубань-Л»

Разработка поливного режима для дождевальнoй машины «Кубань-Л» и технологии его реализации предусматривает определение средней интенсивности дождя и слоя выпадающих осадков при определённой скорости её фронтального перемещения по поливному участку в процессе полива.

Расчёт средней интенсивности искусственного дождя для дождевальнoй машины «Кубань-Л» осуществляется по зависимости:

$$\bar{I}_{\text{д/ср}} = 60 q_{\text{д/м}} / b_{\text{зах}} (l_{\text{зах}} + \Delta l_{\text{зах}}) \quad (8.1)$$

Исходными данными к расчёту являются: расход дождевальнoй машины – $q_{\text{д/м}} = 200$ л/с; средняя интенсивность искусственного дождя (по площади зоны увлажнения, поливаемой с одной позиции (стационарно) в течение одной минуты) – $\bar{I}_{\text{д/ср}} = 1,3$ мм/мин; ширина захвата поливного участка искусственным дождём по фронту перемещения дождевальнoй машины – $b_{\text{зах}} = 800$ м; скорость перемещения машины при поливе – $v_{\text{пер, мин}} = 0,19$ м/мин и $v_{\text{пер, макс}} = 1,9$ м/мин; длина зоны увлажнения (захвата дождём) в направлении перемещения дождевальнoй машины $l_{\text{зах}} = 11,54$ м; путь, пройденный дождевальнoй машиной за 1 минуту при $v_{\text{пер, мин}} = 0,19$ м/мин, составит $\Delta l_{\text{зах, мин}} = 0,19$ м, а при максимальной скорости $v_{\text{пер, макс}} = 1,9$ м/мин составит $\Delta l_{\text{зах, макс}} = 1,9$ м.

В соответствии с зависимостью (8.1) получаем:

$$(\bar{I}_{\text{д/ср}})_{v_{\text{пер}}=0,19 \text{ м/мин}} = 1,28 \text{ мм/мин и } (\bar{I}_{\text{д/ср}})_{v_{\text{пер}}=1,9 \text{ м/мин}} = 1,12 \text{ мм/мин.}$$

Отметим, что полученные минимальные и максимальные значения средней интенсивности искусственного дождя для ДМ «Кубань-Л» являются относительно высокими в сопоставлении с другими типами широкозахватных дождевальных машин. По аналогии с максимальным и минимальным значениями могут быть определены значения средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$) для любой другой скорости перемещения дождевальнoй машины «Кубань-Л».

При проведении расчётов по разработке технологических схем полива этой дождевальнoй машиной рекомендуется воспользоваться графиком по рисунку 8.19 и (или) соответствующей ему эмпирической зависимостью.

График функциональной связи $(\bar{I}_{\text{д/ср}})_{v_{\text{пер}}} = f(v_{\text{пер}})$ по рисунку 8.19 описывается зависимостью:

$$(\bar{I}_{\text{д/ср}})_{v_{\text{пер}}} = 1,30 - 0,097 v_{\text{пер}}, \quad (8.2)$$

где $v_{\text{пер}}$ – скорость перемещения машины при поливе в диапазоне $0,19 \div 1,9$ м/мин.

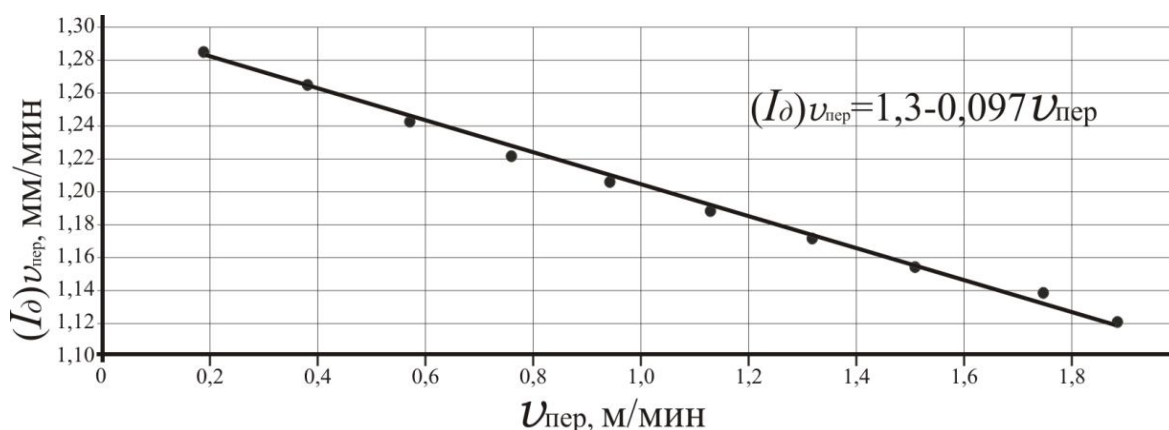


Рисунок 8.19 – График функциональной связи $(\bar{I}_{д/ср})_{v_{пер}} = f(v_{пер})$

Для известного диапазона скоростей ($v_{пер}$, м/с) фронтального перемещения дождевальнoй машины по поливному участку (вдоль оросительного канала) определяются соответствующие им продолжительности непрерывного нахождения под искусственным дождём любой точки увлажняемой поверхности $[(t_{дож})_{v_{пер}}, \text{мин}]$ по соотношению $(t_{дож})_{v_{пер}} = 11,5 v_{пер}$. Таким образом, при $v_{пер} = 0,19$ м/с значение продолжительности непрерывного полива (нахождения любой точки на увлажняемой поверхности) составляет $(t_{дож})_{v_{пер}=0,19 \text{ м/с}} = 11,5 : 0,19 = 60,53$ мин, а при $v_{пер} = 1,9$ м/с – $(t_{пол})_{v_{пер}=1,9 \text{ м/с}} = 6,05$ мин. Результаты расчёта (для диапазона значений $v_{пер} = 0,19 \div 1,9$ м/с) приведены графической зависимостью (рисунок 8.20).

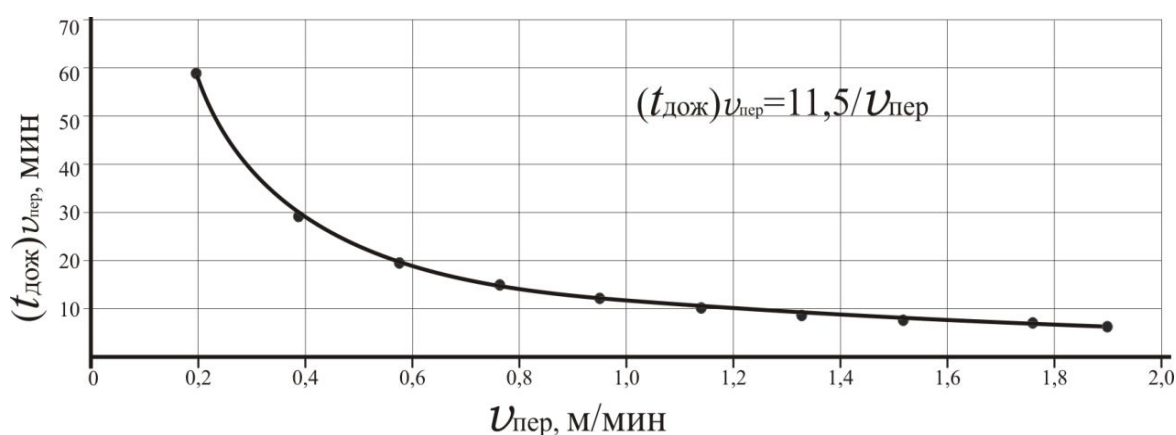


Рисунок 8.20 – График функциональной связи $(t_{дож})_{v_{пер}} = f(v_{пер})$

С учётом данных по $[(\bar{I}_{д/ср})_{v_{пер}}, \text{мм/мин}]$ и $[(t_{дож})_{v_{пер}}, \text{мин}]$ слой искусственного дождя (поливная норма), выдаваемый(ая) дождевальнoй машиной «Кубань-Л» на увлажняемую зону за один проход, составит:

$$(h_д)_{v_{пер}} = (\bar{I}_{д/ср})_{v_{пер}} \cdot (t_{дож})_{v_{пер}} = (1,30 - 0,097 v_{пер}) \cdot (11,5 / v_{пер}), \text{ мм.} \quad (8.3)$$

Графическая интерпретация зависимости приведена на рисунке 8.21.

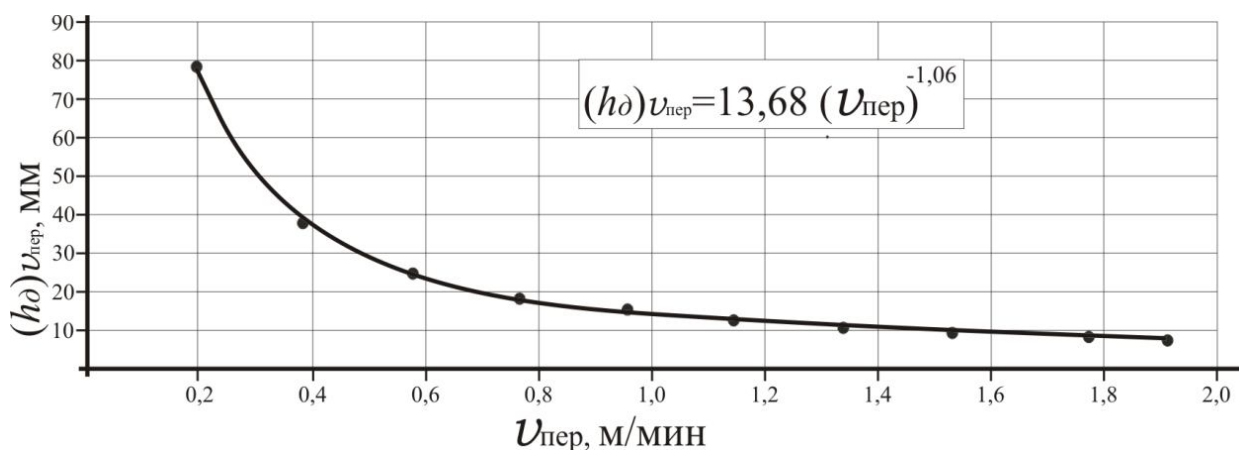


Рисунок 8.21 – График функциональной связи $(h_d)_{v_{пер}} = f(v_{пер})$

Полученные зависимости по определению значений интенсивности ($\bar{I}_{д/ср}$, мм/мин); продолжительности ($t_{пол}$, мин) и слоя дождя (h_d , мм) для различных значений скорости движения дождевальной машины ($v_{пер}$, м/с) позволяют разработать режим и технологическую схему полива, обеспечивающих выдачу заданной поливной нормы ($N_{пол}$, мм).

При разработке поливного режима устанавливается скорость перемещения дождевальной машины ($v_{пер}$, м/с), слой дождевых осадков, выдаваемых за один проход ($h_{д/пр}$, мм), количество проходов дождевальной машины по поливному участку ($n_{пр}$, шт.). При этом стремятся к минимизации числа проходов при соблюдении условий: $t_{пол} \geq t_{пол/доп}$; $\bar{I}_{д/ср} \leq \bar{I}_{д/доп}$ и $N_{пол} \leq N_{пол/доп}$.

Методика (алгоритм) расчёта параметров полива (поливного режима) дождевальной машиной «Кубань-Л» заключается в нижеследующем.

1 Для заданной (расчётной) поливной нормы ($N_{пол}$, мм) по зависимости: $v_{пер} = (13,68 / N_{пол})^{0,943}$ определяется величина скорости перемещения дождевальной машины, при которой обеспечивается выдача этой поливной нормы ДМ «Кубань-Л» за один проход по поливному участку.

2 По полученному значению ($v_{пер}$, м/с) определяют соответствующие ей значения [$(\bar{I}_{д/ср})_{v_{пер}}$, мм/мин]; [$(t_{пол})_{v_{пер}}$, мин]; [$(h_d)_{v_{пер}}$, мм] с использованием зависимостей: $(h_d)_{v_{пер}} = 13,30 - 0,097 v_{пер}$; $(t_{пол})_{v_{пер}} = 11,5 / v_{пер}$ и $(h_d)_{v_{пер}} = 13,68 / v_{пер}^{1,06}$.

3 Полученные значения [$(\bar{I}_{д/ср})_{v_{пер}}$, мм/мин]; [$(t_{пол})_{v_{пер}}$, мин] и [$(h_d)_{v_{пер}}$, мм] сопоставляются с допустимыми значениями указанных величин ($\bar{I}_{д/доп}$, мм/мин); ($t_{пол/доп}$, мин) и ($h_{д/доп}$, мм) по почвенным, топографическим и фенологическим условиям дождевания.

При отсутствии опытных данных, определяющих указанные величины для условий конкретного сельскохозяйственного угодья, можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в разделе 1. Определённым ориентиром для определения значений ($t_{пол/доп}$, мин) и ($h_{д/доп}$, мм) при соответствующем

щей установленной скорости интенсивности дождя для предельных (максимального и минимального) её значений могут быть данные, приведенные в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Данные по допустимым значениям продолжительности непрерывного полива (дождевания) и допустимой норме полива за один проход дождевальной машины «Кубань-Л»

Вид и характеристика почвы малоуклонных фитонепокрытых сельскохозяйственных угодий	Значение технологических параметров не- прерывного дождевания при разных скоро- стях перемещения дождевальной машины			
	$v_{\text{пер}} = 0,19 \text{ м/мин}$		$v_{\text{пер}} = 1,9 \text{ м/мин}$	
	$t_{\text{пол/доп}},$ мин	$h_{\text{д/доп}},$ мм	$t_{\text{пол/доп}},$ мин	$h_{\text{д/доп}},$ мм
Песчаные почвы ($W_{\text{НВ}} = 4,0 \text{ \% МСП};$ $W_{\text{г/ч}} = 5 \text{ \%}; v_{\text{вп/нап}} = 3,0 \text{ мм/мин}$)	31,3	40,1	37,2	41,6
Супесчаные почвы ($W_{\text{НВ}} = 12 \text{ \% МСП};$ $W_{\text{г/ч}} = 15 \text{ \%}; v_{\text{вп/нап}} = 1,7 \text{ мм/мин}$)	20,8	26,6	24,7	27,6
Суглинистые почвы ($W_{\text{НВ}} = 20 \text{ \% МСП};$ $W_{\text{г/ч}} = 50 \text{ \%}; v_{\text{вп/нап}} = 0,85 \text{ мм/мин}$)	6,50	8,30	7,70	8,60

Судя по данным таблицы 8.2, на величину допустимого единовременно выдаваемого слоя дождя величина скорости перемещения дождевальной машины в диапазоне от 0,19 до 1,9 м/мин влияет незначительно, что приводит к мнению о возможности использования одного (среднего) уровня скорости, а при конструировании рассмотреть возможности увеличения скорости движения машины в 2÷3 раза, что позволит снизить интенсивность дождя.

При соблюдении условий $(t_{\text{пол}})_{v_{\text{пер}}} \geq t_{\text{пол,доп}}$ и $(h_{\text{д}})_{v_{\text{пер}}} \leq h_{\text{д/доп}}$ предвари-
тельно определённое по п. 1 значение скорости перемещения дождевальной машины в процессе полива $v_{\text{пер}}$ принимается окончательно.

4 При несоблюдении вышеуказанных условий рассматриваются варианты режима полива с двумя, тремя и более проходами поливного участка с вдвое и втрое уменьшенной (против расчётной) поливной нормой при соответствующих скоростях поступательно-возвратного перемещения дождевальной машины по поливному участку в соответствии с принятой технологической схемой движения дождевальной машины в процессе полива.

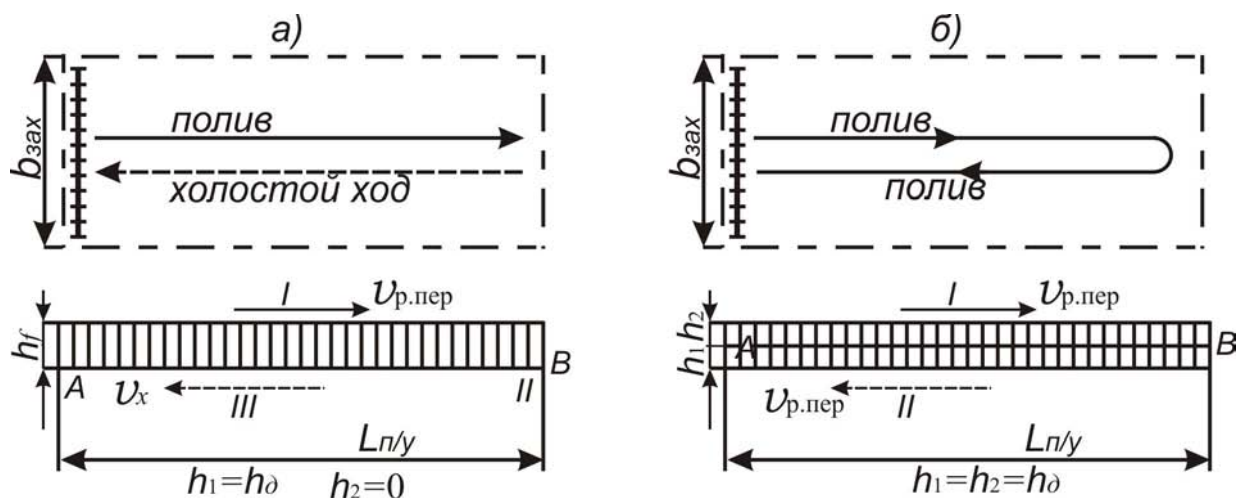
8.4.2 Технологические схемы перемещения дождевальных машин семейства «Кубань» при поливе

При разработке технологии полива рассматриваются две основные модификации семейства ДМ «Кубань» по характеру перемещения их по поливному участку – для машин фронтального действия («Кубань-М» и «Кубань-Л») и машин кругового действия (перемещения по полю) – «Кубань-ЛК».

МДЭФ «Кубань-М» и «Кубань-Л» при поливе работают в стоп-стартом режиме и в режиме фронтального движения машины с определённой скоростью перемещения машины с ходом «вперёд» или «назад». При по-

ливе машинами фронтального действия используются различные технологические схемы и режимы их перемещения по поливному участку. Выбор схем перемещения и скоростных режимов движения машин определяется рядом условий, среди которых: расчётное количество проходов машины по поливному участку и скорости их перемещения, при которых обеспечивается безопасная (для почвенного покрова) выдача расчётной поливной нормы.

Наиболее простой технологической схемой перемещения дождевальных фронтально перемещающихся машин является схема полива с выдачей поливной нормы за один её проход по поливному участку вдоль оросителя от его истока (головы) к устью (хвосту) с определённой одинаковой скоростью. По завершению прохода дождевальной машиной всего поливного участка, она определённое время выдерживается в конечном створе (для подсыхания поверхности свежеполитой части поля) и затем холостым ходом перемещается в головную часть оросителя для подготовки к проведению последующего полива (рисунок 8.22а). В процессе прохода дождевальной машины ходом «вперёд» (по этой схеме), она перемещается по относительно сухому (не полностью увлажнённому) полю с относительно малой скоростью. Для этой схемы характерна большая продолжительность полива и возможность технологических сбросов воды из оросителя при холостых перегонах машины. Схема с одним проходом применяется при относительно малых поливных нормах и преимущественно на лёгких по гранулометрическому составу почвах.



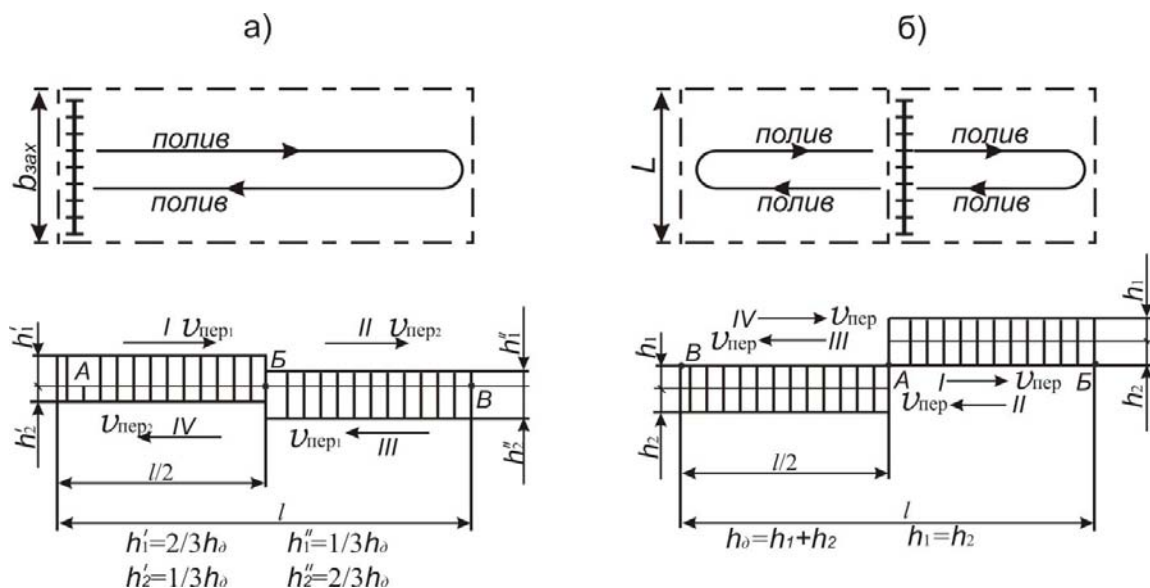
а) при поливе и выдаче поливной нормы ходом «вперёд»; б) при поливе ходом «вперёд» и ходом «назад» с выдачей одинакового слоя дождя

Рисунок 8.22 – Технологические схемы перемещения ДМ «Кубань-Л»

Наиболее часто реализуется технологическая схема с поливом ходом дождевальной машины «вперёд» и ходом «назад» как с одинаковой, так и с отличающимися скоростями перемещения (т. е. с выдачей поливной нормы за два прохода машины: один проход «вперёд» и другой рабочий проход при движении машины «назад»). Схема предусматривает стояние машины в конце поливного участка (период выжидания для подсыхания почвы) (рисунки 8.22б и 8.23а). Наряду с позитивными особенностями этой схемы (отсутствие холостого хода) имеются и реальные недостатки, среди которых: большая про-

должительность полива; потери рабочего времени на подсыхание почвы; необходимость холостого сброса или прекращение подачи поливной воды в ороситель (на период реализации операции «выжидание»).

При трёхкратном и четырёхкратном проходе дождевальная машина по поливному участку может рассматриваться приведенная на рисунке 8.23 технологическая схема её перемещения при поливе с середины поля. Возможны и другие более сложные схемы многократного перемещения ДМ «Кубань-Л» по поливному участку с разной скоростью челночного (возвратно-поступательного) движения дождевальная машины по полю при поливе с выдачей разных слоёв дождя и при отсутствии холостых проходов машины.



а – при разной скорости перемещения машины ходом «вперёд» и «назад» на половинах поливных участков; б – при перемещении дождевальной машины с середины поливного участка с одинаковой скоростью движения ходом «вперёд» и ходом «назад»

Рисунок 8.23 – Технологические схемы перемещения ДМ «Кубань-Л»

Технологическая схема работы ДМ «Кубань-ЛК» предусматривает круговое перемещение дождевального крыла по поливному участку с определённой регулируемой скоростью, обеспечивающей выдачу заданной поливной нормы преимущественно за один (полный) оборот машины. Необходимая скорость вращения дождевального крыла устанавливается расчётом в зависимости от поливной нормы и интенсивности впитывания поливной воды почвой. Технологические схемы полива дождевальной машиной «Кубань-ЛК» разрабатываются аналогично схемам по ДМ «Фрегат» (см. раздел 7).

8.5 Модификации ДМ «Кубань» с уменьшенной (укороченной) длиной поливного крыла

Модификации представлены дождевальными машинами типа «Мини-Кубань», среди которых МДЭШ «Мини-Кубань-ЛШ» (МДЭШ-300-30 и МДЭШ-300-40) и «Мини-Кубань-ФШ», основные технические характеристики и технологические параметры по которым приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Данные по дождевальным машинам модификации (серии) «Мини-Кубань»

Наименование характеристики	Значение показателя		
	«Мини-Кубань-ЛШ»		«Мини-Кубань-ФШ»
	МДЭШ-300-30	МДЭШ-300-40	
Рабочее давление, МПа	0,28	1,35	0,35
Расход воды, л/с	30	40	20
Интенсивность дождя, мм/мин	0,5	0,66	0,54
Ширина машины по консолям, м	300	300	176
Ширина захвата дождём, м	305	305	184
Число ходовых тележек, шт	7	7	3
Рабочая скорость, м/мин	0,18÷1,80	0,18÷1,80	0,07÷1,40

Дождевальные машины подсемейства «Мини-Кубань» оборудованы короткоструйными дефлекторными дождевальными насадками (дождеобразователями). Известна разработка дождевальной машины «Фермер Кубань-ЛК1» для полива участков орошения площадью от 5 до 20 га.

Предложения по усовершенствованию ДМ семейства «Кубань».

1 Желательно увеличение длины захвата дождём перпендикулярно фронту до 25 м и увеличение скорости движения машины в 1,5 раза.

2 Предусмотреть возможность установки и использования мелкодисперсных дождеобразователей – диспергаторов (аэрообразователей) для проведения освежительных или противозаморозковых микродозовых поливов.

3 Оптимизировать конструкции и размещение дождеобразователей для повышения равномерности полива (в действующих конструкциях ДМ «Кубань-ЛК» интенсивность искусственного дождя в начала крыла может составлять 0,4 мм/мин и менее, а в его конце может достигать 1,25 мм/мин и более).

8.6 Производительность дождевальных машин подсемейства «Кубань-Л»

При проектировании и эксплуатации оросительных систем под ДМ «Кубань-Л» устанавливаются показатели её сезонной, суточной и сменной производительности по величине поливаемой площади сельхозугодья.

Сезонная нагрузка (по величине поливаемой площади за поливной период) на дождевальную машину «Кубань» устанавливается по соответствующей методике (см. пособие к СНиП 2.06.03-85) с учётом вида возделываемых культур (их водопотребности), природно-климатических условий, технических и технологических характеристик машины и других факторов. Ориентировочная сезонная производительность (наработка – нагрузка) по поливаемой машинной площади принимается из расчёта одного литра поливной воды (расхода дождевальной машины) на один га орошаемого(ой) угодья (площади).

В соответствии с пособием к СНиП 2.06.03-85, расчётная сезонная нагрузка ($S_{\text{сез}}$, га) на ДМ «Кубань-Л» (сезонная производительность, выражаемая площадью, обслуживаемой дождевальной машиной «Кубань-Л» за сезон – оросительный период) определяется по нижеприведенной зависимости:

$$S_{\text{сез}} = (Q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}}) / (q_{\text{в/потр}} \cdot k_{\text{пот/исп}}), \text{ га}$$

где $Q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с ($Q_{\text{д/м}} = 200$ л/с); $k_{\text{сут}}$ – коэффициент использования времени суток ($k_{\text{сут}} = (n \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}}) / 24$); n – количество рабочих смен, сут; $t_{\text{см}}$ – продолжительность одной смены, ч; $k_{\text{см}}$ – коэффициент использования рабочего времени в смену ($k_{\text{см}} = 0,86$); $k_{\text{пот/вр}}$ – коэффициент потерь времени (учитывающий потери времени) по независящим от машины обстоятельствам (отказов на насосной станции, отказов на оросительной сети и сооружениях, повышения скорости ветра до сверхнормативных (сверхрегламентных) значений; причинам организационного характера и др.) ($k_{\text{пот/вр}} \approx 0,88 \div 0,92$); $q_{\text{в/потр}}$ – удельная потребность в поливной воде наиболее влаголюбивой культуры в орошаемом севообороте в критический период водопотребления за две (подряд следующих) декады, л/с на 1 га ($q_{\text{в/потр}} = \Delta_{\text{в/б}} / 8,64$); $\Delta_{\text{в/б}}$ – средний суточный дефицит водного баланса наиболее влаголюбивой культуры севооборота за две (подряд следующих) декады с максимальной величиной дефицита водопотребления в мм, определяемый по исходным данным ближайшей к орошаемому угодию метеостанции; $k_{\text{пот/исп}}$ – коэффициент, учитывающий потери поливной воды на испарение ($k_{\text{пот/исп}} = 1 + 0,01\sigma$); σ – затраты поливной воды на испарение в процентах от водоподачи (расхода дождевальной машины – $Q_{\text{д/м}} = 200$ л/с) ($\sigma = (0,71 \cdot t^{\circ} \cdot \Delta_{\text{уп/нас}}) \cdot (1 + 0,2/v_{\text{в/2м}}) / U_{\text{уп/нас}}$); t° – температура воздуха во время дождевого полива, °C; $U_{\text{уп/нас}}$ – упругость насыщенного пара (мб) при соответствующей температуре воздуха – t° C; $\Delta_{\text{уп/нас}}$ – дефицит упругости насыщения, мб; $v_{\text{в/2м}}$ – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с. Потери поливной воды на испарение принимаются как среднесуточные за период определения удельной потребности растений в оросительной воде.

В соответствии с Пособием к СНиП 2.06.03-85, площадь поля, занятого овощными и ценными техническими культурами (S_n , га), не должна превышать площади сезонной нагрузки на дождевальную машину ($S_{\text{сез}}$, га).

На предварительных стадиях проектирования расчётная сезонная нагрузка ДМ «Кубань-Л» для года 75÷80%-й обеспеченности может быть принята в соответствии с Пособием к СНиП 2.06.03-85 для условий: сухих степей ($\Delta_{\text{в/б}} = 60 \div 69$ м³/га·сут и $q_{\text{в/потр}} = 0,69 \div 0,80$ л/с на 1 га) – $S_{\text{сез}} = (160 \div 190)$ га, умеренных степей ($\Delta_{\text{в/б}} = 48 \div 59$ м³/га·сут и $q_{\text{в/потр}} = 0,56 \div 0,68$ л/с·га) – $S_{\text{сез}} = 200 \div 250$ га и лесостепной зоны ($\Delta_{\text{в/б}} = 37 \div 47$ м³/га·сут и $q_{\text{в/потр}} = 0,43 \div 0,54$ л/с на 1 га) – $S_{\text{сез}} = 270 \div 340$, га.

При принятии решения по величине сезонной производительности нагрузки, га) дождевальных машин семейства «Кубань» можно воспользоваться рекомендациями А. Н. Данильченко, приведенными в таблице 8.4.

При проектировании и эксплуатации дождевальных машин серии «Кубань-Л», кроме сезонной производительности определённой модели дож-

девальной машины, определяется её суточная и (или) сменная производительность (по размеру поливаемой площади за сутки или смену).

Таблица 8.4 – Данные А. Н. Данильченко по расчётной сезонной производительности ДМ семейства «Кубань» для разных по уровню обеспеченности влажности лет

Дождевальная машина	Природная зона	Расчётная сезонная нагрузка, га		
		50 %	75 %	95 %
ЭДМФ «Кубань-Л» $Q = 200$ л/с, $b_n = 800$ м	Сухостепная $K_y < 0,30$	200÷230	180÷200	160÷170
	Степная $K_y > 0,30$	240÷320	210÷250	180÷200
МДЭШ «Кубань-ЛШ» $Q = 40$ л/с, $b_n = 305$ м	Сухостепная $K_y < 0,30$	40÷45	35÷40	30÷35
	Степная $K_y > 0,30$	50÷65	40÷50	30÷40
МДЭШ «Мини-Кубань-ФШ» $Q = 25$ л/с, $b_n = 184$ м	Сухостепная $K_y < 0,30$	25÷30	20÷25	20÷22
	Степная $K_y > 0,30$	30÷40	25÷30	23÷25
ДМ «Ладога» $Q = 60$ л/с, $b_n = 460$ м	Сухостепная $K_y < 0,30$	60÷70	55÷60	50÷52
	Степная $K_y > 0,30$	70÷100	65÷75	55÷60

При разработке технологических схем полива (поливного режима) суточная производительность дождевальной машины или площадь её суточного полива ($S_{\text{сут}}$, га) определяется по соотношению вида:

$$S_{\text{сут}} = (86,4 Q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{пот/вр}}) / (N_{\text{пол}} \cdot k_{\text{пот/исп}}),$$

где $N_{\text{пол}}$ – расчётная поливная норма, мм, а все остальные обозначения в этой формуле соответствуют вышеприведенной зависимости.

Продолжительность полива ($t_{\text{пол}}$, сут) всей площади орошаемого участка ($S_{\text{сез}}$, га) дождевальной машиной определяется по соотношению: $t = (S_{\text{сез}} \cdot N_{\text{пол.ср/вз}} \cdot k_{\text{пот/исп}}) / 86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot k_{\text{сут}}$, где $N_{\text{пол.ср/вз}}$ – средневзвешенная поливная норма в м³/га (по угодью с разными сельхозкультурами), м³/га.

Режим и технология полива корректируются с учётом изменений: технико-эксплуатационных параметров дождевальной оросительной сети и системы в целом; водно-физических свойств почвенного слоя в течение поливного (оросительного) периода (сезона); фенологических требований сельскохозяйственных культур в разные фазы их роста и развития; дефицитов почвенной и атмосферной влаги и других природных и антропогенных факторов. Так, в периоды максимального водопотребления сельскохозяйственных культур целесообразна круглосуточная (непрерывная) работа дождевальных машин с выдачей относительно небольших поливных норм (от 8,0 до 15,0 мм), а в менее напряжённые по водопотреблению периоды могут планироваться относительно редкие поливы с поливной нормой в 300÷400 м³/га.

С учётом данных по суточной и сезонной производительности дождевальных машин семейства «Кубань» А. Н. Данильченко предлагает разрабатывать планы полива этой машиной сельскохозяйственных угодий для определённых видов сельхозкультур, пример которых приведен в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Плановая технология полива кукурузы на силос в год 75%-й обеспеченности на оросительных системах с ДМ семейства «Кубань» в условиях Успенского района Павлодарской области (по А. Н. Данильченко)

№ полива	Расчётная поливная норма m_p нетто, м ³ /га	Средняя дата полива	Межполивной период, сут	Достоковая поливная норма m_d , м ³ /га	Схема проведения полива	Поливная норма за проход нетто, м ³ /га		Потери воды во время полива σ		Поливная норма за проход брутто, м ³ /га		Расчётная поливная норма m_p брутто, м ³ /га	Сменная производительность ДМ, га				Количество смен в сутки	Продолжительность полива, сут	Дата начала полива
						1-й	2-й	задержание растительно-стью σ_p , м ³ /га	испарение и снос ветром σ_m , %	1-й	2-й		ЭДМФ «Кубань-Л»	МДЭШ «Кубань-ЛПШ»	МДЭШ «Мини-Кубань-ФШ»	ДМ «Ладога»			
1	400	22.05	12	340	За два прохода с исходной позицией машины в середине поля	170	230	0	11	190	255	445	10,1	1,87	1,18	2,81	2	10	18.05
2	400	04.06	11	340		200	200	1	12	225	225	450	10,0	1,85	1,17	2,77	2	10	31.05
3	500	14.06	12	350		200	300	3	11	225	335	560	8,0	1,49	0,94	2,23	2	12	09.06
4	500	26.06	12	370		200	300	7	11	230	340	570	7,9	1,46	0,92	2,19	3	9	23.06
5	600	08.07	13	410		200	400	10	8	230	445	675	6,7	1,23	0,78	1,85	3	10	04.07
6	600	21.07	16	450		200	400	12	8	230	445	675	6,7	1,23	0,78	1,85	2	15	15.07
7	600	07.08		490		200	400	14	8	230	445	675	6,7	1,23	0,78	1,85	2	15	01.08
$\Sigma_{ср}$	3600							12,5 %				4050							

9 ДАЛЬНЕСТРУЙНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ (ДДН)

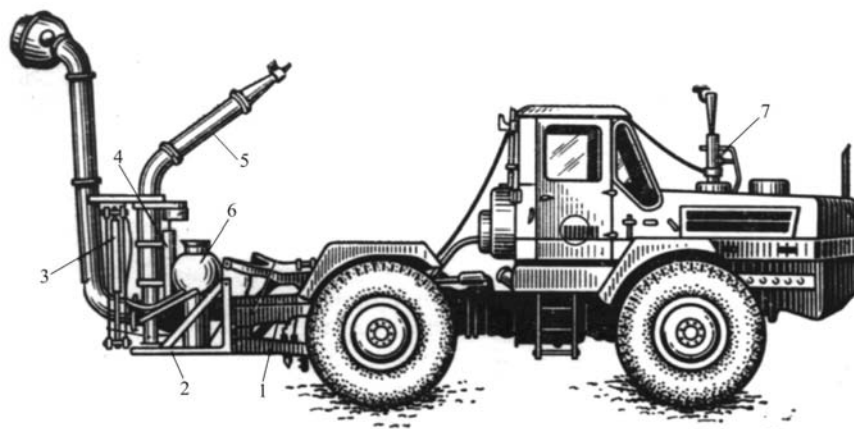
Используемые названия: «Дальнеструйная дождевальная машина ДДН-70»; «Дождевальная машина ДДН»; «ДДН-70»; «ДДН-100»; «Дальнеструйная дождевальная насадка»; «Навесная дождевальная насадка»; «Дождевальный агрегат ДДН-70»; «Дальнеструйный дождевальный аппарат ДДН-70»; «Дождевальное устройство ДДН-70»; «ДУ ДДН-100»; «Дальнеструйная насадка ДДН-100»; «Дальнеструйный агрегат типа ДДН-45, ДДН-70 и ДДН-100»; «Дальнеструйный дождеватель навесной ДДН-70»; «Дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-100»; «Дождевальная установка ДДН-70».

Условия применения. Дальнеструйная навесная (агрегатируемая с трактором) дождевальная насадка (машина) позиционного действия с поливом по кругу или сектору предназначена и используется для орошения (полива) различных сельскохозяйственных угодий (садов, питомников, плантаций, сенокосов, пастбищ и пропашных преимущественно высокостебельных культур) посредством водяной(ых) струи(й), выбрасываемой(ых) под напором (давлением) в приземное воздушное пространство сельхозугодья. Рекомендуется использовать при скорости ветра до $2\div 3$ м/с на почвах с высокой и повышенной водовпитывающей способностью (скоростью впитывания).

Виды машин ДДН-70 и ДДН-100 приведены на рисунках 9.1 и 9.2.



Рисунок 9.1 – Общие виды дальнеструйной дождевальной машины ДДН-70



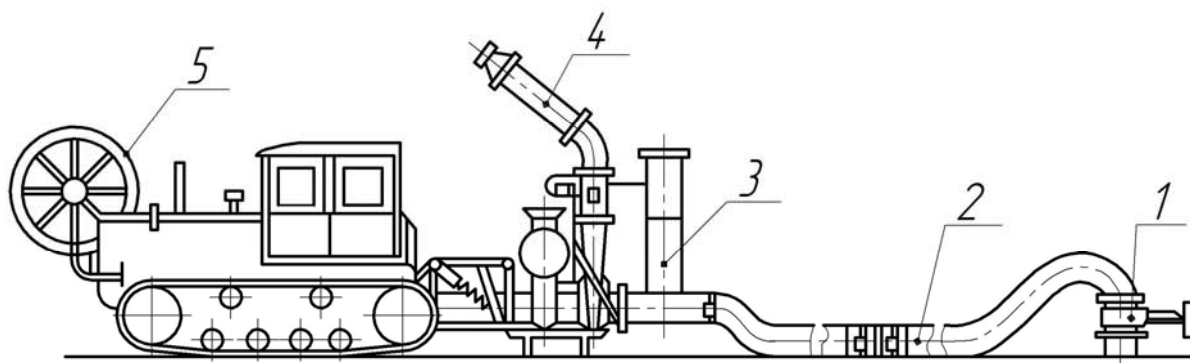
1 – тяги трактора; 2 – рама; 3 – всасывающая линия; 4 – механизм дождевального аппарата; 5 – дождевальная насадка; 6 – подкормщик; 7 – эжектор

Рисунок 9.2 – Дальнеструйная машина ДДН-100 (по Б. Б. Шумакову)

Конструкция дальнеструйной дождевальнoй машины семейства ДДН с навесным и агрегатируемым с трактором дождевальным оборудованием включает навешиваемую на трактор раму с размещёнными на ней: насосом (насосом-редуктором) с приводом от тракторного двигателя; водозаборным устройством для забора воды из открытого или закрытого оросителя; дождевальной двухсопловой дальнеструйной насадкой с механизмом её вращения (поворота); всасывающего трубопровода и водомерного устройства; баком-подкормщиком (используемым и для заливки насоса) и других элементов. Конструкция позволяет осуществлять: позиционный полив, перемещение машины с одной поливной позиции на другую, вести полив по кругу или сектору с забором поливной воды из открытых и (или) закрытых оросителей.

Глубина оросительных каналов, питающих ДДН, должна превышать 0,5 м, а при заборе воды из гидрантов закрытой оросительной сети (из закрытых (трубчатых) оросителей) напор в них должен составлять 3÷5 м, что обеспечивает заливку центробежного насоса.

При напоре в оросительной сети, соответствующем нормативному для дождевальной насадки (ДДН-70 или ДДН-100), используется дождевальная дальнеструйная машина соответствующей конструкции (рисунок 9.3).



1 – гидрант; 2 – гибкий шланг; 3 – ограничитель напора;
4 – дальнеструйный дождеватель; 5 – шлангонамоточный барабан

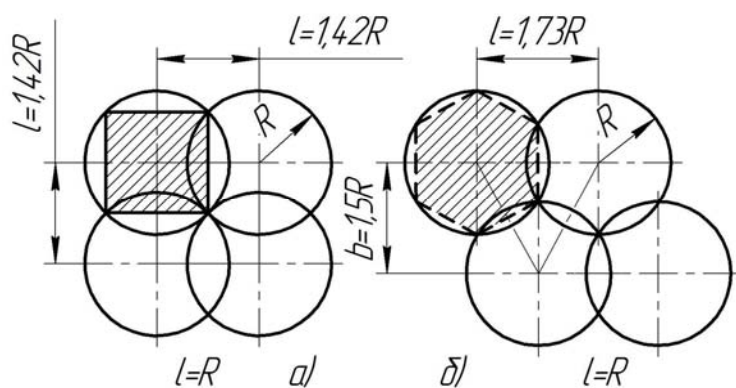
Рисунок 9.3 – Схема дождевальной машины ДДН-70 с питанием водой от гидранта напорной сети (по Е. С. Маркову)

Дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 оборудуются основной («большой») и дополнительной («малой» или «вспомогательной») насадкой для полива («присопловой») зоны радиусом до 18÷20 м, не поливаемой основным соплом). Предусмотрено использование сменных насадок сопел (диаметром от 55 мм до 45 и 35 мм) с соответствующим снижением расхода поливной воды с 65÷70 до 48÷32 л/с. Дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100 выпускаются с различными по мощности энергоходовыми тракторными движителями, что предопределяет определённые отличия в их технических характеристиках и технологических параметрах (возможностях). Технические характеристики и технологические показатели дальнеструйных дождевателей ДДН-70 и ДДН-100 приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Данные по дальнеструйным дождевальным машинам*

Наименование показателя	Значение показателя	
	ДДН-70	ДДН-100
Расход поливной воды, л/с	65÷70	100 ± 15
Напор в насадке, м	50÷55 и 65	65
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	(0,31÷0,38)**	(0,30÷0,45)***
Расстояние между смежными позициями, м	110 м по кругу	150 м по кругу
	55 м по сектору	75 м по сектору
Радиус захвата по крайним каплям, м	70÷85	85 ± 10
Расстояние между оросителями или трубопроводами, м	100	120
Площадь полива с одной позиции, га	0,94 га – по кругу	1,8 га – по кругу
	0,47 га – по сектору	1,5 га – по сектору
Частота вращения ствола дождевального аппарата, мин ⁻¹	0,2	0,5÷0,2
Сезонная производительность (максимальная), га	65 ± 5	100 ± 10
Средний диаметр капель дождя, мм	1,4÷1,5	2,9
* Диапазоны значений даны для разных силовых (тракторных) установок, применяемых в комплексе дождевальных машин; ** По данным Б. С. Маслова и др. $\bar{I}_{д/ср} = 0,22$ мм/мин; по данным Б. Г. Штепа и др. при круговом поливе $\bar{I}_{д/ср} = 0,25÷0,35$ мм/мин, а при сектором поливе $\bar{I}_{д/ср} = 0,50$ мм/мин; *** По данным Б. С. Маслова и др. $\bar{I}_{д/ср} = 0,27÷0,31$ мм/мин.		

При устройстве оросительной сети на участке с круговым поливом машинами типа ДДН применяются две основные схемы их позиционного размещения при поливе – «по треугольнику» и «по квадрату» (рисунок 9.4).



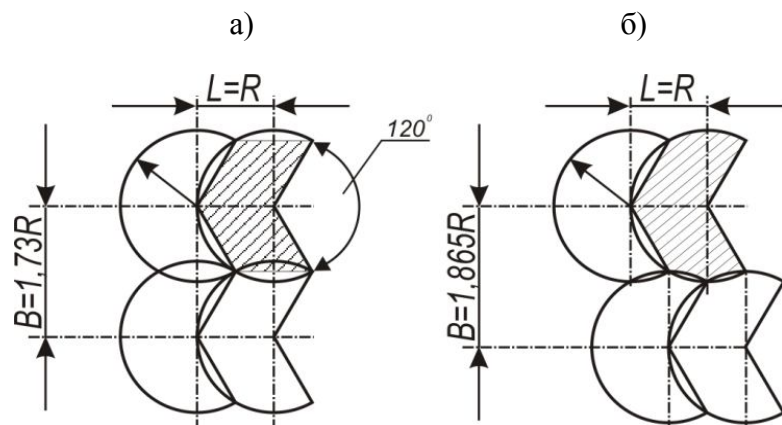
а – полив по кругу при размещении позиций по квадрату; б – полив по кругу с размещением позиций по треугольнику

Рисунок 9.4 – Схемы кругового полива дальнеструйными насадками типа ДДН

Размеры сторон поливного участка и расстояние между временными оросителями или закрытыми трубопроводами ($L_{м/ор}$, м) определяются схемой расстановки дождевальных машин или принятой схемой полива дождевальной машиной. При поливе по кругу с расстановкой позиций дождевальной машины в вершинах равностороннего треугольника расстояние между временными оросителями или закрытыми трубопроводами ($L_{м/ор}$, м) и расстояние между позициями машины на оросителе или между гидрантами на закрытом трубопроводе ($L_{м/поз}$, м) в общем случае определяется по зависимо-

стям вида: $L_{м/ор} = 1,5 \cdot R_{зах}$; $L_{м/поз} = 1,73 \cdot R_{зах}$, где $R_{зах}$ – радиус зоны захвата при круговом поливе, м. При позиционной расстановке машины по квадратной схеме («по квадрату») и круговом поливе используется соотношение: $L_{ор} = L_{поз} = 1,42 \cdot R_{зах}$, где $R_{зах}$ – радиус полива (захвата) машины, м.

В соответствии с принятой позиционной схемой производится соответствующее размещение гидрантов при питании дождевальной машины из закрытой оросительной сети. При схеме полива по сектору в 240° применяется соответствующее размещение элементов оросительной (поливной) сети – питающих гидрантов или открытых оросителей (рисунок 9.5).



а – полив по сектору
с прямоугольным
расположением позиций;
б – полив по сектору
с расположением позиций
по треугольнику

**Рисунок 9.5 – Схемы
секторного полива
дождевальными
машинами типа ДДН**

При секторном размещении поливных позиций смежные стоянки (позиции) дождевальной машины располагаются по вершинам прямоугольника или равнобедренного треугольника (с размерами сторон, показанными на рисунке 9.5). Выбор схемы кругового или секторного полива (следовательно, и параметров оросительной сети) определяется «ветровыми условиями сельскохозяйственного угодья» при скорости ветра $v_v \leq 2,5$ м/с предпочтителен круговой полив, а при скорости ветра $v_v > 2,5$ м/с – полив по сектору.

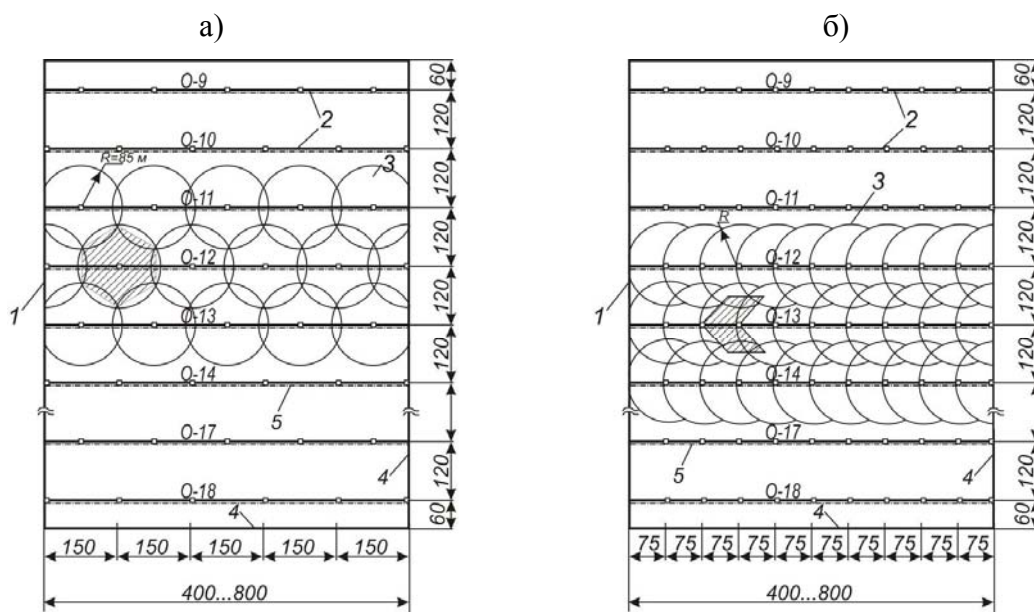
При проектировании поливных участков (модулей) максимальная длина открытых оросителей принимается $L_{м/ор} \leq 1000$ м при уклоне поверхности земли в пределах поливного участка – $i_{ор} \leq 0,003$ (рисунок 9.6).

ДДН-70 может питаться и из закрытой поливной сети с подключением дождевальной машины к гидранту через гибкие водоподающие шланги.

Среднюю интенсивность дождя $[(\bar{I}_{д/ср})$, мм/мин (по Е. С. Маркову)] определяют, относя выливаемый за 1 минуту объём воды на площадь, увлажняемую дождевальным устройством с одной позиции, по зависимости вида: $\bar{I}_{д/ср} = (60 \cdot q_{д/м} \cdot k_{пер}) / (\pi \cdot R_{зах}^2 \cdot n)$, где $q_{д/м}$ – расход дождевальной машины, л/с; $k_{пер}$ – коэффициент перекрытия дождём зон увлажнения; $R_{зах}$ – радиус захвата, м; n – частота оборотов насадки, мин⁻¹.

По Б. Г. Штепа для ДДН-100 средняя расчётная интенсивность дождя (без учёта перекрытия) составляет при поливе по кругу при схемах установки

по прямоугольнику 120×120 м и треугольнику 120×145 м – $0,264$ мм/мин, а при прямоугольной схеме с размерами 145×85 м $\bar{I}_{д/ср} = 0,529$ мм/мин.



- а) при расстановке машин по прямоугольнику, полив по кругу; б) при расстановке по прямоугольнику, по сектору; 1 – распределитель; 2 – временный ороситель; 3 – площадь охвата дождём с позиции; 4 – граница поля; 5 – дорога вдоль оросителя

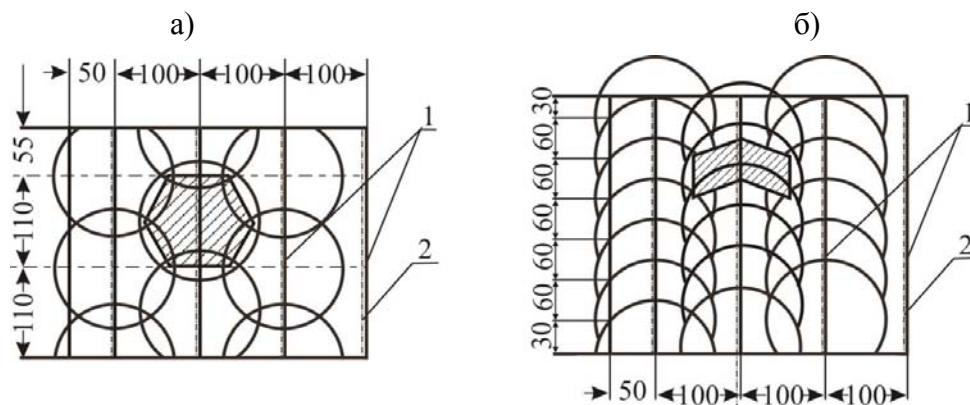
Рисунок 9.6 – Схема расположения оросительной сети для полива дальнеструйными дождевальными агрегатами типа ДДН (по Е. С. Маркову)

При этом для треугольной схемы с размерами 155×85 м и прямоугольной схемы 145×85 м при поливе по сектору $\bar{I}_{д/ср}$ составляет – $0,529$ мм/мин и $0,352$ мм/мин соответственно. По данным Е. С. Маркова, для дождевальной машины ДДН-100 $\bar{I}_{д/ср} = 60 \cdot 85 / (3,14 \cdot 85^2 \cdot 0,5 / 1,57) = 0,705$ мм/мин. А, судя по А. И. Безменову, средняя интенсивность дождя для ДДН-70 составляет $0,41$ мм/мин, а для ДДН-100 – $\bar{I}_{д/ср} = (0,3 \div 0,45)$ мм/мин.

Средний слой дождя ($\bar{h}_{д/ср}$, мм) для вращающихся, поворачивающихся вокруг вертикальной оси струйных насадок (типа ДДН) вычисляют по формуле: $h_{д} = (60 \cdot q_{д/м} \cdot k_{пер} \cdot t_{в/п}) / (\pi \cdot R_{зах}^2 \cdot n)$, где $k_{пер}$ – коэффициент, учитывающий перекрытие дождём со смежных позиций (коэффициент $k_{пер}$ зависит от схемы размещения дождевальных устройств (насадок) при поливе на смежных позициях, характера полива (по кругу или сектору) и принимают равным: при поливе по кругу для размещения стоянок по вершинам квадрата $k_{пер} = 1,57$; по вершинам равностороннего треугольника $k_{пер} = 1,2$); $t_{в/п} (t_{пол})$ – продолжительность водоподачи (полива), мин; n – частота вращения дождевателя, об/мин.

Технологическая схема полива дальнеструйными навесными дождевальными машинами типа ДДН предусматривает подход её к определённой позиции у оросителя, позиционный полив по кругу или сектору с выдачей

расчётной поливной нормы; перемещение на следующую поливную позицию с последующим поливом с неё. При скорости ветра до 1,5 м/с полив ведётся по кругу, а при скорости ветра от 1,5 до 6,0 м/с – по сектору (рисунок 9.7).



а) полив по кругу; б) полив по сектору; 1 – каналный ороситель; 2 – эксплуатационная дорога вдоль оросителя

Рисунок 9.7 – Технологические схемы полива дальнеструйной дождевальной машиной ДДН-70

Для полива сельскохозяйственных угодий дождевальными машинами ДДН-70 и ДДН-100 разработан ряд технологических схем их перемещения и расположения поливных позиций на поливном участке, наиболее эффективные из них приведены в таблице 9.2 (по Б. Б. Шумакову и Б. Г. Штепа).

Таблица 9.2 – Позиционные и технологические схемы работы дождевальной машины ДДН-100 (по Б. Б. Шумакову и Б. Г. Штепа)

Схемы расположения позиций и перемещения дождевальной машины	Описание позиционной схемы и технологических показателей	Достоинство схемы	Недостатки схемы
	Круговой полив с квадратным расположением поливных позиций дождевальной машины (в вершинах квадрата) при $l = b = 1,42R = 120$ м	Обеспечивается приемлемое качество полива на площади в 1,44 га при скорости ветра в 2÷3 м/с	Высокая интенсивность искусственного дождя при относительно малой площади эффективного полива
	Круговой полив с треугольным расположением поливных позиций при расстоянии между оросителями $l = 1,5R = 120$ м и между позициями $b = 1,73R = 145$ м	Обеспечивается однопозиционный полив 1,75 га угодья при высокой степени перекрытия дождём и минимальной его интенсивности	Применение схемы ограничивается скоростью ветра менее 2 м/с
Примечание – 1 – открытые или закрытые оросители; 2 – дороги; 3 – границы поливного участка; 4 – эффективно поливаемая площадь; 5 – граница зоны полива с одной позиции.			

Для повышения качества полива целесообразно рассмотреть возможность устройства трёхсопловых дождеобразователей с разной дальностью отброса поливной воды (поливных струй) и регулируемой скоростью вращения (поворота) ствола дождевальных насадок вокруг их вертикальной оси.

Производительность дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100. Судя по Б. С. Маслову, И. В. Минаеву, К. В. Губеру, производительность ДДН-100 при норме полива $600 \text{ м}^3/\text{га}$, в зависимости от марки двигателя, составляет $0,51 \div 0,70 \text{ га/ч}$, а для ДДН-70 величина $I_{\text{пр}} = 0,39 \text{ га/ч}$. При этом орошаемая одной машиной площадь (сезонная производительность) по Б. С. Маслову для ДДН-100 составляет $80 \div 110 \text{ га}$, а для ДДН-70 площадь сезонного полива $S_{\text{сез}} = 60 \div 70 \text{ га}$, а по рекомендациям А. И. Безменова – $(S_{\text{сез}})_{\text{ДДН-70}} = 70 \text{ га}$, а $(S_{\text{сез}})_{\text{ДДН-100}} = 100 \text{ га}$.

Часовая производительность ($S_{\text{час}}$, га) дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 (за один полный час непрерывной работы) при проведении предварительных расчётов может быть определена по нижеприведенным зависимостям:

$$(S_{\text{час}})_{\text{ДДН-70}} = 12717 / 2,714^{6,9 \sqrt[10]{N_{\text{пол/бр}}}},$$

$$(S_{\text{час}})_{\text{ДДН-100}} = 19584 / 2,714^{6,9 \sqrt[10]{N_{\text{пол/бр}}}},$$

где $N_{\text{пол/бр}}$ – поливная норма брутто (с учётом потерь воды на испарение с дождевого облака – расхода на формирование микроклимата), $\text{м}^3/\text{га}$.

Сменная производительность дождевальных машин $[(S_{\text{д/м}})_{\text{см}}, \text{га}]$ ДДН-70 и ДДН-100 в общем случае определяется по зависимости вида:

$$(S_{\text{д/м}})_{\text{см}} = 3,6 q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} / N_{\text{пол/бр}}, \text{га},$$

где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{см}}$ – коэффициент полезного использования времени в течение смены, учитывающий потери рабочего (поливного) времени на смены позиций, обслуживание, мелкий ремонт и другие операции и работы; значения $k_{\text{см}}$ определяются опытным путём и зависят от поливной нормы, вида дождевальной машины и её технического состояния, схемы полива (по кругу или сектору), схемы расположения позиций и изменяются в пределах от 0,6 до 0,86 (по Б. Г. Штепа); $N_{\text{пол/бр}}$ – поливная норма брутто, $\text{м}^3/\text{га}$ ($N_{\text{пол/бр}} = N_{\text{пол/нт}} \cdot k_{\text{исп}}$, $\text{м}^3/\text{га}$, где $k_{\text{исп}} = 1,0 \div 1,2$ – коэффициент, учитывающий величину испарения поливной воды из дождевого облака).

На стадии предварительных расчётов сменная (семичасовая) производительность дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 при круговом поливе с квадратным размещением дождевателей и шахматной системе смены позиций полива может быть определена по нижеприведенным соотношениям:

$$(S_{\text{см}})_{\text{ДДН-70}} = 99,6 / e^{1,35 \sqrt[4]{N_{\text{пол/бр}}}} ;$$

$$(S_{\text{см}})_{\text{ДДН-100}} = 155,9 / e^{1,35 \sqrt[4]{N_{\text{пол/бр}}}} ,$$

Сезонная производительность дождевальной машины $[(S_{\text{д/м}})_{\text{сез}} , \text{ га}]$ типа ДДН в общем случае определяется по соотношению вида:

$$(S_{\text{д/м}})_{\text{сез}} = (86,4 \cdot q_{\text{д/м}} \cdot t_{\text{сез}} \cdot k_{\text{л/сут}} \cdot k_{\text{сез}} \cdot k_{\text{мет}}) / (N_{\text{ор.с/в}})_{\text{вч}} ,$$

где $q_{\text{д/м}}$ – расход дождевальной машины, л/с; $t_{\text{сез}}$ – продолжительность оросительного («поливного») периода, сут; $k_{\text{л/сут}}$ – коэффициент, характеризующий долю часов работы дождевальной машины ($t_{\text{р/сут}}$, ч) за сутки ($k_{\text{л/сут}} = t_{\text{р/сут}} / 24$); $k_{\text{сез}}$ – коэффициент полезного использования времени на поливе за сезон, характеризующий потери поливного времени на обслуживание, ремонты, непроизводительные перемещения машины и установку её на позицию и другие эксплуатационные затраты времени, включая потери времени на ремонты оросительной сети и её элементов; $k_{\text{мет}}$ – коэффициент, учитывающий потери времени по метеорологическим показателям (выпадение осадков, сверхнормативная скорость ветра и др.); $(N_{\text{ор.с/в}})_{\text{вч}}$ – средневзвешенная оросительная норма брутто (с учётом сельхозкультур возделываемых на поливном участке (поле) и потерь поливной воды на испарение), $\text{м}^3/\text{га}$.

Предельные значения сезонной производительности дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 приведены в таблице 9.1 и в значительной мере зависят от оросительной нормы. На предварительной стадии расчётов сезонную производительность дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 можно определять по соотношениям:

$$\text{ДДН-70} - (S_{\text{д/м}})_{\text{сез}} = 117,5 - 0,775 \overline{w_{\text{в/п, сут}}} ;$$

$$\text{ДДН-100} - (S_{\text{д/м}})_{\text{сез}} = 1,42(117,5 - 0,775 \overline{w_{\text{в/п, сут}}}) ,$$

где $\overline{w_{\text{в/п, сут}}}$ – среднесуточная (за поливной сезон) водоподача (подача воды на поливной участок), $\text{м}^3/\text{га}$, изменяющаяся в пределах от 50 до 100 $\text{м}^3/\text{га}$.

Достоинствами дождевальных машин семейства «ДДН» являются: компактность конструкций машин и их высокая манёвренность, относительно малая металлоёмкость, возможность полива сложноконтурных участков сельхозугодий высокостебельных культур и древесных насаждений.

Явным недостатком дальнеструйных дождевальных насадок (ДДН) является низкое качество создаваемого ими искусственного дождя (высокая крупность капель, высокая степень неравномерности дождевых осадков по зоне их выпадения), что может быть устранено устройствами, обеспечивающими дробление поливной струи соударением её с регулирующей струёй.

10 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ТАВРИЯ»

Определение. Широкозахватная с электромеханическим приводом высококлиренсная автоматизированная двукрылая трёхопорная дождевальная машина фронтального действия (ДМ «Таврия»), поливающая в движении с забором воды из открытого оросителя (МДФП) или из гидрантов закрытой оросительной сети (МДФА).

Условия применения. Предназначена для дождевого полива кормовых, овощных, зерновых, технических и других пашенных сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные, сенокосов и пастбищ за исключением садов и виноградников на сельхозугодьях (полях) со спокойным рельефом во всех почвенно-климатических зонах орошаемого земледелия.

Конструкция дождевальной машины МДФА «Таврия» включает индивидуальный энергосиловой, «водопитающий» и «дождевальный» блоки.

Энергосиловой блок представлен дизельным двигателем (электрогенератором), расположенным на центральной четырёхколёсной тележке – опоре.

Водопитающий блок размещён на центральной пневмоколёсной тележке и представлен двумя автоматизированными водозаборными (присоединительными) устройствами с системой автоматического поиска местоположения гидранта и последующего автоматического присоединения к нему питающего дождевальную машину шарнирного трубопровода. Один поисково-присоединительный робот размещён в передней (по направлению движения машины) части центральной тележки, а другой – в тыловой её части. Поочерёдная работа (с присоединением и отсоединением водозаборных устройств) двух роботизированных присоединительных (к гидранту оросительной системы) устройств обеспечивает непрерывную подачу поливной воды из одного из соседствующих гидрантов в водопроводящий трубопровод дождевального блока машины.

Дождевальный блок включает два дождевальных крыла ферменной многоопорной восьмипролётной конструкции с концевыми консолями. На водопроводящем поясе в шахматном порядке и с постоянным шагом размещены короткоструйные дождевальные насадки секторного действия с выходом (истечением) струй поливной воды из них под углом 45° к поверхности орошаемого участка в направлении перемещения дождевальной машины.

Дождевальный трубопровод опирается на двухколёсные пневмоколёсные ходовые тележки с индивидуальным электромеханическим приводом.

Дождевальная машина оборудована системами: автоматического поиска, поочерёдного присоединения и отсоединения от гидрантов напорной сети; выравнивания рамы центральной ходовой тележки в горизонтальной плоскости; стабилизации движения дождевальной машины по курсу; синхронизации движения опорно-ходовых тележек в одну линию с базовой опорой.

Дождевальные крылья машины работают в «стоп-стартном» режиме и синхронно, фронтально и непрерывно перемещаются по поливному участку.

Дождевальная машина характеризуется нижеприведенными техническими и технологическими показателями: расход воды – 200 л/с; рабочее

давление на гидранте при нулевом уклоне дождевальных крыльев – 0,35 МПа; ширина захвата поливаемого участка дождём – 810 м; клиренс машины – 2,9 м; слой дождя за один проход – $7\div 90$ мм; шаг размещения гидрантов на оросительном напорном трубопроводе – 16 м.

Конструкция дождевальной машины МДФП «Таврия» обеспечивает фронтальный полив сельхозугодий в движении вдоль канального оросителя (являющегося источником поливной воды) и включает: центральную ходовую тележку с размещёнными на ней дизельным агрегатом, центробежным насосом с всасывающей и напорной линиями; два оборудованных дождевателями дождевальных крыла ферменной конструкции, опирающихся на тележки с индивидуальным электромеханическим приводом; системы управления и аварийной защиты дождевальной машины. Общий вид центральной тележки и дождевального крыла ДМ «Таврия» приведен на рисунках 10.1, 10.2.



Рисунок 10.1 – Общий вид центральной (базовой) опорно-ходовой четырёхколёсной пневмоободной тележки дождевальной машины МДФП «Таврия» в поливном режиме работы



Рисунок 10.2 – Общий вид дождевального крыла МДФП «Таврия»

Технические показатели МДФП «Таврия» характеризуются нижеследующими данными: расход дождевальной машины – 70 л/с; давление, создаваемое насосом в водоводе, – 0,25 МПа; ширина захвата дождём и расстояние между оросителями – 130 м; скорость перемещения при поливе – $0,57\div 2,26$ м/мин; поливная норма за один проход – $15\div 60$ мм.

11 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ЛАДОГА»

Определение. Дождевальная машина «Ладога» (ДМ «Ладога») – широкозахватная многоопорная однокрылая электрифицированная (оборудованная дизель-генератором электрического тока) автоматизированная самоходная высококлиренсовая дождевальная машина фронтального перемещения с забором поливной воды из гидрантов закрытой напорной оросительной сети.

Условия применения. Предназначена для полива всех видов полевых сельскохозяйственных угодий и произрастающих на них культур (включая высокостебельные), пальметных садов, виноградников и ягодников на полях со спокойным микрорельефом или грубоспланированной поверхностью почвенного покрова при общем уклоне поля вдоль дождевального крыла не превышающем $i_n \leq 0,07$ во всех климатических зонах орошаемого земледелия.

Конструкция дождевальной машины «Ладога» включает: базовую опорно-ходовую тележку с размещённой на ней энергетической установкой и пультом управления; многоопорный дождевальный водовод ферменной конструкции, оборудованный системой короткоструйных дождевателей и десятью промежуточными опорно-ходовыми тележками. Общий вид головной части дождевальной машины «Ладога» со стороны основной опорной тележки приведен на рисунке 11.1.



Рисунок 11.1 – Вид главной опорно-ходовой тележки и водопроводящего трубопровода дождевальной машины «Ладога» сбоку

Конструкция дождевальной машины «Ладога» предусматривает забор поливной воды из гидранта напорного трубопровода с давлением на нём равном 0,42 МПа и подачу её посредством гибкого шланга (длиной равной 70 м) в вертикальный водоприёмный трубопровод центральной ходовой тележки и от него в дождевальный трубопровод (рисунок 11.2).

Базовая опорно-ходовая тележка и опорные тележки дождевального трубопровода имеют индивидуальные электромеханические приводы, обеспечивающие функционирование механизмов их перемещения и питающиеся электроэнергией от собственного дизель-генератора мощностью в 16 кВт.



Рисунок 11.2 – Вид дождевальной машины «Ладога» с тыльной стороны

Дождевальная машина «Ладога» имеет нижеприведенные технические характеристики: расход поливной воды – 60 л/с; ширина фронта захватываемого дождём – 460 м; скорость движения при поливе – $0,18 \div 1,8$ м/мин; слой осадков, формируемый за один проход дождевальной машины, – $4,4 \div 44$ мм при средней интенсивности дождя – 0,65 мм/мин; давление на гидранте – 0,42 МПа; клиренс по нижнему поясу ферм – 2,7 м; сезонная площадь орошения – $60 \div 80$ га; протяжённость поливного участка (длина гона) – $1300 \div 1750$ м; расстояние между гидрантами – 108 м; количество опорно-ходовых тележек – 10. ДМ «Ладога» работает в автоматизированном режиме, что позволяет одному оператору обслуживать три-четыре машины на близкорасположенных орошаемых участках (полях).

12 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «КОЛОМЕНКА-100»

Многоопорная однокрылая дождевальная машина фронтального действия «Коломенка-100», питающаяся поливной водой из гидрантов напорной оросительной сети, предназначена для полива кормовых, технических и других сельскохозяйственных культур (включая высокостебельные), многолетних трав, сенокосов и пастбищ, характеризуется нижеприведенными показателями: давление на входе – 0,5 МПа; расход воды – 120 л/с; средняя интенсивность дождя – 2 мм/мин; коэффициент эффективного полива – 0,70; ширина захвата дождём – 475 м; число ходовых тележек – 10; рабочая скорость – $0,1 \div 2,35$ м/мин; регулируемый слой осадков – $10 \div 80$ мм; расстояние между гидрантами трубопроводной оросительной сети – 108 м.

Водопроводящий пояс («дождевальное крыло») многоопорной дождевальной машины фронтального действия (перемещения) ДМФД «Коломенка-100» выполнен(о) в виде фронтально перемещающегося трубопровода ферменной многоопорной конструкции. Пролётные фермы шарнирно соединены (связаны) между собой и опираются на электроприводные тележки. Концевые участки водопроводящего трубопровода выполнены консольными.

На водопроводящем поясе устроены дождевальные аппараты типа «сегнерово колесо». Дождевальный (водопроводящий) трубопровод соединяется с гидрантом напорного трубопроводного оросителя посредством телескопического водовода. Энергетическое оборудование (индивидуальная дизель-генераторная установка) размещается на самоходной головной тележке.

13 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «КАРАВЕЛЛА»

Широкозахватная гидроприводная многоопорная дождевальная машина фронтального действия «Каравелла-Л», питающаяся поливной водой из открытого оросителя, предназначена для полива всех видов сельскохозяйственных культур (включая высокостебельные) на всех видах почвенного покрова (за исключением почв с низкой несущей способностью) и представляет собой многоопорный ферменный трубопровод с размещёнными на нём среднеструйными дождевальными аппаратами. Конструкция ДМ «Каравелла» включает: центральную четырёхколёсную опорную тележку (рисунок 13.1) с размещённым на ней оборудованием (дизель-насосная установка, водозаборное устройство, топливные баки, средства управления), систему промежуточных опорно-ходовых тележек, дождевальный водовод ферменной конструкции с системно расположенными на нём дождеобразователями.



Рисунок 13.1 – Общий вид головной (базовой) опорно-ходовой тележки дождевальной машины «Каравелла» при заборе поливной воды из лоткового оросительного канала

Технические характеристики и технологические параметры ДМ «Каравелла»: рабочее давление – 0,53 МПа; расход воды – 150 л/с; интенсивность дождя – 0,6÷2,0 мм/мин; ширина по консолям – 707 м; ширина захвата дождём – 740 м; число ходовых тележек – 25; рабочая скорость – 0,17÷0,6 м/мин.

14 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «VALLEY»

В мировой и отечественной практике дождевого орошения широко используются дождевальные машины семейства «Valley», производимые американской компанией «Valmont Irrigation» (США). Широкий спектр разработанных и изготавливаемых конструкций моделей и типоразмеров дождевальных машин этого семейства позволяет обеспечивать высококачественный дождевой полив сельскохозяйственных угодий в разнообразных природно-климатических, почвенных, топографических и фенологических условиях.

Семейство ДМ «Valley» представлено широкой линейкой моделей и типоразмеров дождевальных машин: фронтального, фронтального с разворотом, кругового и ипподромного перемещения; питающихся поливной водой из закрытой и открытой оросительной сети; имеющих собственную (индивидуальную) энергетическую установку и питающихся из внешней электрической сети. Среди ДМ «Valley»: одно-, двух- и многопролётные дождевальные машины с шириной захвата искусственным дождём от 100 до 1000 м; самоходные и буксируемые дождевальные машины, обеспечивающие однопозиционный полив участков от 2 до 100 га и более. Для дождевальных машин семейства «Valley» характерна высокая степень автоматизации технологических процессов, высокий уровень надёжности, многофункциональность, взаимозаменяемость блоков и отдельных элементов, продуманность и обоснованность конструктивных решений, отработанность технологии, применение современных средств управления и мониторинга, что вкуче обеспечивает качественный полив сельхозугодий при минимальных затратах ресурсов и соблюдении экологических требований и ограждений.

Дождевальные машины кругового полива (действия или перемещения в процессе дождевания) семейства «Valley» представлены одно-, двух- и многопролётными («разнозахватными») дождевальными системами.

Однопролётные дождевальные машины кругового действия с гидроприводом или с приводом от бензинового двигателя, в зависимости от длины дождевального крыла, обеспечивают полив сельскохозяйственных угодий площадью от 2 до 6 га. Многопролётные круговые машины обеспечивают орошение полей площадью до 100 га и более. Конструктивно дождевальные машины кругового действия включают: головную опору (опорно-ходовую тележку), дождевой пояс (водопроводящий (дождевальный) ферменный трубопровод), опорно-ходовые тележки дождевального крыла, дождеобразующие устройства и другие опции (крепления, шланги (штанги) дождеобразователей, средства регулирования и управления и др.), энергетический блок и механизмы перемещения тележек и другие элементы.

Дождевальная машина оборудована размещённой(ым) на главной тележке энергосиловой установкой (дизель-генератором), питающей(ем) электромеханический привод мотор-редукторов главной и посекционных опорно-ходовых тележек. Одна из модификаций дождевальной машины серии «Valley» предусматривает её энергопитание от внешней электрической сети.

Дождевальная часть машины представляет собой многопролётный (многосекционный) напорный водовод ферменной конструкции, опирающийся на главную и систему промежуточных самоходных колёсных опор. Дождевальный трубопровод имеет консоль с концевым среднеструйным секторным дождевателем, оборудованным индивидуальным подкачивающим насосом, работающим от электросети дождевальной машины (рисунок 14.1).

Центральная (главная) четырёхколёсная опора неподвижно (посредством цепей) или двухколёсная головная тележка (посредством стопорного устройства) закрепляется на бетонном фундаменте или бетонной плите. Характерные виды головной опоры приведены на рисунке 14.2).

а)



б)



а – головная часть дождевального крыла; б – концевая часть дождевального крыла

**Рисунок 14.1 – Виды дождевальных крыльев ДМ «Valley»
кругового действия**



Рисунок 14.2 – Виды головных опор машин кругового действия

Двухколёсные промежуточные опоры дождевального трубопровода предусматривают поворот пневмоколёс в рабочее и транспортное положение.

Дождевальная машина работает в «стоп-стартном» режиме с возможностью регулирования скорости её вращения при поливе сельхозугодья.

Технические характеристики и технологические параметры серии дождевальных машин кругового действия «Valley» приведены в таблице 14.1.

**Таблица 14.1 – Технические характеристики широкозахватной дождевальная машины «Valley»
кругового действия**

Наименование характеристики	Многоопорная кругового действия, с дождеванием в движении и питанием от закрытой оросительной сети									
Типоразмер дождевальная машины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина дождевальная машины, м	250	265	300	350	375	400	450	470	500	510
Привод движения (перемещения)	Электромеханический с помощью мотор-редукторов опорных тележек									
Источник энергии	Дизель-генератор									
Максимальная амплитуда отметок поверхности земли*	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	3,0
Расход воды, л/с	26,23	29,29	37,1	49,86	56,94	64,5	81,01	69,36	107,7	91,47
Длина поля, м	500	530	600	700	750	800	900	940	1000	1020
Ширина поля, м	500	530	600	700	750	800	900	940	1000	1020
Площадь поля, га										
общая	25,0	28,09	36,0	49,0	56,25	64,0	81,0	88,36	100,0	104,04
поливная	21,86	24,41	30,92	41,55	47,45	53,75	67,51	69,36	82,85	81,67
Охват поливного участка, %	87,44	86,90	85,89	84,80	84,36	83,98	83,35	78,50	82,85	78,50
Охват конечного водомёта, м	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Давление на входе, МПа	0,174	0,177	0,188	0,213	0,231	0,256	0,240	0,235	0,288	0,264
Скорость движения машины, м/ч	135,6	135,6	135,6	135,6	135,6	135,6	135,6	124,45	135,6	135,6
Минимальное время прохода, ч/проход	11,40	11,67	12,73	15,95	16,49	18,23	20,53	23,08	22,92	23,19
Минимальная поливная норма за проход машины, мм	4,93	5,04	5,50	6,89	7,12	7,88	8,87	8,31	10,73	9,35
* Максимальную амплитуду отметок поверхности земли необходимо учитывать при определении полного напора насосной станции.										

ДМ «Valley» фронтального действия – «Valley Rainger» конструктивно по форме дождевального трубопровода сходна с дождевальной машиной кругового действия. Питание этой машины поливной водой предусмотрено из напорной оросительной сети, транспортируемой от гидранта до дождевального трубопровода посредством шланга (рукава) и забором воды из открытого оросителя насосом с последующей подачей её через напорный водовод в водопроводящую систему дождевальной машины (рисунок 14.3).



а) при заборе поливной воды из гидранта и подачей её по гибкому шлангу;
б) при заборе поливной воды из открытого оросителя насосным агрегатом

Рисунок 14.3 – Виды головных опорно-ходовых тележек ДМ «Valley»

Расходы дождевальных машин, питающихся из каналов, варьируют в пределах от 32 до 285 л/с, а у дождевальных машин фронтального полива с подачей поливной воды по водоподающему шлангу составляют 12÷88 л/с.

Полив машинами фронтального действия осуществляется в процессе перемещения дождевального трубопровода вдоль открытого оросителя или вдоль линии гидрантов напорной сети (на длину шланга) с периодическим подключением (подсоединением) водопроводящих шлангов к ним.

Разработаны конструкции дождевальных машин семейства «Valley» фронтального и фронтально-кругового перемещения, оборудованные ёмкостями для внесения растворимых удобрений и агрохимикатов.

Параметры установки «Valley Rainger» приведены в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Технические характеристики дождевальной установки «Valley Rainger»

Характеристика	Подача из канала	Подача по шлангу
Источник воды	Земляной или бетонный канал	Напорный трубопровод
Источник питания	Встроенный двигатель тележки	Встроенный двигатель тележки или шнур питания
Наведение	GPS, над- или подземный кабель, борозда	Над- или подземный кабель, борозда
Площадь поля, га	130÷607	9÷47
Максимальная ширина полосы полива, м	973	400
Расход воды, л/с	32÷285	12÷88

В конструктивных решениях семейства дождевальных машин «Valley» особое внимание уделено конструкциям главной (центральной) опорно-ходовой тележке. Так, центральная стационарная шарнирная опора «Valley» для ДМ кругового действия сконструирована для низкоклинренсовых ($h_{\text{кл}} = 2,7$ м), среднеклинренсовых ($h_{\text{кл}} = 3,7$ м) и высокклинренсовых ($h_{\text{кл}} = 4,9$ м) дождевальных машин с длиной пролёта до 396 м, от 396 до 457 м и от 457 до 853 м для разных диаметров дождевального трубопровода.

Для машин фронтального и ипподромного полива разработан ряд двух-, трёх- и четырёхколёсных главных опорно-ходовых тележек для забора воды из закрытой и открытой оросительной сети с соответствующим условиям использования и транспортирования оборудованием. Примеры конструктивных решений главных опорно-ходовых тележек приведены на рисунках 14.4, 14.5.



Двухколесная дождевальная установка с подачей по шлангу



Подача по шлангу

Рисунок 14.4 – Виды двухколёсной головной опорно-ходовой тележки для ДМ «Valley» фронтального действия



Рисунок 14.5 – Виды универсальных конструкций четырёхколёсных головных опорно-ходовых тележек для ДМ «Valley» ипподромного перемещения

15 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «REINKE»

Широкозахватные электрифицированные [с бортовым(ой) дизель-генератором (энергетической установкой)] высококлиренсные дождевальные машины фирмы «Reinke» (США) выпускаются в нескольких конструктивных решениях, среди которых машины фронтального и кругового действия.

ДМ «Reinke» кругового действия разных типоразмеров позволяет орошать все виды «пашенных» сельскохозяйственных культур на площади от 2 до 80 га поливной нормой в диапазоне от 2 до 40 мм на полевых угодьях с крутизной склонов, достигающих 15° (рисунок 15.1).



Рисунок 15.1 – Общий вид многопролётного дождевального крыла дождевальной машины «Reinke» кругового действия

Дождевальная машина кругового полива оборудована дизельным генератором электрического тока. Её многосекционный дождевальный трубопровод ферменной конструкции имеет пологоарочное очертание и оборудован системой внутрипролётных дождевателей и концевых водомётов, обеспечивающих равномерное распределение искусственного дождя по поливаемой поверхности сельхозугодья. Конструкции машины предусматривают забор поливной воды из гидрантов закрытой оросительной сети или из оросительного канала. В конструкции предусмотрено крыло дополива угловых участков полей квадратной формы (при использовании этого устройства поливаемую площадь можно существенно увеличить). Дождевальная машина обеспечивает полив при давлении в водоводе, составляющем $0,25 \div 0,30$ МПа. Конструкция предусматривает: очистку поливной воды от механических примесей (с использованием фильтров); внесение с поливной водой удобрений и средств защиты растений (посредством использования специальных устройств их подготовки и подачи в дождевальный трубопровод).

Известны и применяются «круговые» дождевальные машины со стационарной (жёстко закрепляемой на фундаментной плите) и перемещающейся (движущейся) центральной (базовой) четырёхколёсной опорой. Предусмотрены опоры с разным клиренсом (от 1,5÷1,7 до 4,3 м). Промежуточные опоры дождевателя могут быть выполнены двух- и трёхколёсными с широким набором шин и агротрака, позволяющими осуществлять полив на угодьях с широким спектром почвенных условий.

На дождевальных крыльях машин семейства (производства) Reinke предусмотрена возможность использования различных видов дождеобразователей (спринклеров) при разновысотном (высоком, среднем (промежуточном) и низком) их расположением относительно поверхности сельскохозяйственного угодья или положения напорного дождевального трубопровода.

Концевая (консольная) часть (секция) дождевателя (длиной от 1 до 31 м) оборудована концевым дождевальным аппаратом («дождевальной пушкой») с радиусом захвата от 10 до 40 м (рисунок 15.2).



Рисунок 15.2 – Виды концевой (консольной) секции дождевального крыла ДМ «Reinke»

Концевые дождеватели – водомёты (Sime Wing, Komet, Nelson и ряд других) могут быть оборудованы подкачивающими мини-насосами.

В части конструкций пивотов (дождевальных машин кругового полива) фирмы «Reinke» предусмотрено устройство крыла дополива углов, позволяющее обеспечить полив до 98 % площади угодья квадратной формы.

ДМ «Reinke» фронтального действия выпускаются с одним дождевальным крылом (однокрылыми) и с двумя дождевальными крыльями (двукрылыми) и позволяют орошать сельскохозяйственные угодья с шириной поливного участка в пределах от 35 до 610 м (однокрылыми) и до 1220 м (двукрылыми) с крутизной склонов поверхности земли до 6°.

Дождевальная машина оборудована автономным энергосиловым блоком (дизельным электрогенератором), устанавливаемым на «главной» опорно-ходовой тележке. Конструкция дождевальной машины предусматривает возможность питания поливной водой из оросительного канала или из гидрантов напорной трубопроводной оросительной сети, располагаемых на расстоянии между ними от 25 до 120 м. Поливная вода от гидрантов к водоводу центральной (главной) опорной тележки подаётся по шлангу (в гибком или жёстком исполнении). Конструкция дождевальной машины предусматривает подачу поливной воды с обеих сторон главной тележки. Разработаны и ис-

пользуются фронтальные дождевальные машины с возможностью поворота (разворота) и фронтально буксируемые. Общие виды головных частей фронтальных дождевальных машин проиллюстрированы рисунком 15.3.

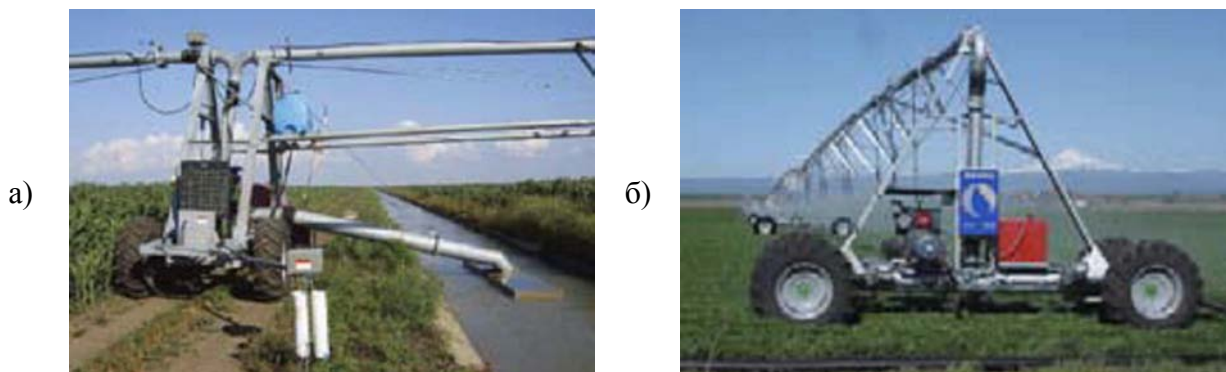


Рисунок 15.3 – Общие виды дождевальных машин фирмы «Reinke» с забором воды из оросительного канала (а) и из гидранта напорной оросительной сети (б)

Характерные виды пролётной и концевой частей дождевальной машины фронтального перемещения «Reinke» приведены на рисунке 15.4.



Рисунок 15.4 – Виды пролётной (а) и концевой частей (б) дождевальной машины «Reinke» фронтального действия

ДМ «Reinke-100». Применяются однопролётные (однокрылые) двух-опорные (с шириной захвата искусственным дождём до 100÷120 м) дождевальные машины, среди которых «Reinke-100» с длиной крыла равной 97 м и с забором поливной воды из временных оросителей наполнением (глубиной водного потока в них) от 40 см (рисунки 15.5 и 15.6).

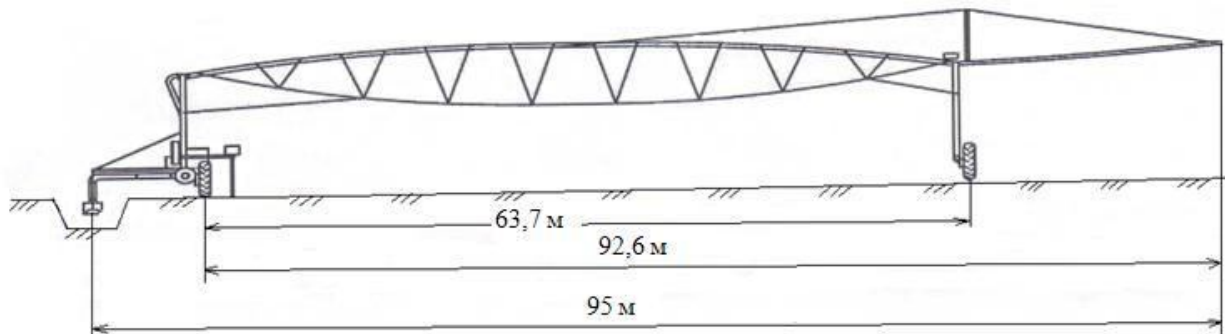


Рисунок 15.5 – Схема дождевальной машины REINKE-A-100

а)



б)



а – с подачей воды шлангом;
б – с забором воды из открытого оросителя

Рисунок 15.6 – Характерные виды ДМ REINKE-A-100

Дождевальная машина снабжена индивидуальной энергосиловой установкой, позволяющей осуществлять полив в движении в широком спектре скоростей и переезжать на соседствующие сельскохозяйственные угодья.

Дождевальная машина REINKE-A-100 характеризуется нижеприведенными показателями: расход поливной воды, забираемой из открытого оросителя, – 44 л/с; ширина захвата дождём – 100 м; рабочее давление на входе в машину – 1,1 атм и в конце её консоли – 1,0 атм.

Дождевальные машины фирмы «Reinke» отличает высокий уровень автоматизации полива и надёжности в работе.

16 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ ФИРМЫ «BAUER»

Фирма «Bauer» является известным разработчиком ирригационной техники и, в частности, семейства конструкций дождевальных машин: Monostar, Linestar, Rainstar, Genterstar, Genterliner, Genterlinstar, Quadrostar и других.

Продукция фирмы «Bauer» (Австрия) – дождевальная машина «Monostar» фронтального перемещения с возможностью разворота для полива полей различной конфигурации. Ширина захвата этой машины изменяется от 100 до 160 м. При заборе воды из гидранта и подаче её к дождевальной машине по гибкому шлангу расход машины $q_{д/м}$ равен 33,3 л/с при напоре на входе от 2 до 3 атм. При заборе поливной воды посредством дизельного насосного агрегата из открытого канального оросителя расход машины составляет 45,8 л/с. Предусмотрена возможность самостоятельного перемещения дождевальной машины с одного поливного участка на другой.

Дождевальная машина «Monostar BMS-100» (фирмы «Bauer») является широкозахватной, самоходной (самоперемещающейся), работающей в движении при фронтальном перемещении вдоль поливного участка с забором поливной воды из открытого канального оросителя (рисунок 16.1).



Рисунок 16.1 – Общий вид фрагмента дождевального крыла ДМ «Monostar BMS-100» (фирмы «Bauer», Австрия)

Конструктивно ДМ «Monostar BMS-100» представляет собой самоперемещающийся дождевальный трубопровод ферменной конструкции, состоящий из центрального пролёта и консоли. Центральный пролёт дождевального ферменного трубопровода опирается на две двухколёсные опорно-ходовые тележки. На центральной (главной) тележке размещены энергосиловой агрегат (дизель-генератор); насос с всасывающей и напорной линиями (трубопроводами); мотор-редукторы привода колёс тележки и средства управления работой дождевальной машины, включая систему стабилизации курса движения и скорости перемещения ходовых тележек (для выстраивания их в линию) и механизмы автоматического пуска и остановки моторных редукторов, а также процессор задачи параметров рабочего (поливного) процесса.

Технические характеристики и технологические параметры дождевальной машины «Monostar BMS-100»: расход поливной воды – 34 л/с; давление на выходе из насоса – 0,27 МПа; ширина зоны захвата дождём (по фронту) – 102 м; рабочая скорость движения (при поливе) – 0,3÷3,9 м/с; средний слой искусственного дождя за один проход – 5,0÷60,0 мм; средний диаметр капель – 0,9 мм; количество опорных тележек – 2.



Система (дождевальная машина) **Linestar** (Bauer) фронтального перемещения с забором поливной воды из открытого оросителя расхода до 208 л/с и шириной захвата дождём до 1200 м при заборе воды из закрытой оросительной сети с расходом машин – до 83,3 л/с. В зависимости от геометрических размеров дождевального крыла используются двух-, трёх- и четырёхколёсные центральные опоры.

Дождевальная машина конструкции **Genterstar** с жёстко закреплённой стационарной центральной опорой обеспечивает круговой и секторный полив сельхозугодий при круговом (секторном) перемещении по полю.

Конструкция **Genterliner** является универсальной дождевальной машиной, обеспечивающей фронтальный и круговой полив (ипподромное перемещение). Конструктивные решения машины предусматривают питание поливной водой из гидрантов оросительной сети и подачу её к дождевателю посредством гибкого водопроводящего шланга с расходом в 77,8 л/с. При заборе поливной воды из открытого (канального) оросителя посредством индивидуального насосного агрегата расход машины увеличивается до 122 л/с.

Дождевальная машина «**Centerliner 168 CLS**» – электрифицированная (с индивидуальной электрической станцией на базе дизель-генератора) многоопорная пневмоколёсная самодвижущаяся реверсивная дождевальная машина фронтального и кругового движения (фронтально-кругового перемещения – ипподромного типа) с питанием поливной водой от гидрантов закрытой оросительной сети предназначена для дождевого орошения всех видов «пашенных» сельскохозяйственных культур (включая высокостебельные). Общий вид дождевальной машины показан на рисунке 16.2.



Рисунок 16.2 – Общий вид дождевальной машины «Centerliner 168 CLS» семейства «Bauer»

Подача поливной воды в водоприёмный трубопровод главной опорной тележки от гидрантов напорной оросительной сети осуществляется по гибкому шлангу. Полив угодий осуществляется в движении при фронтальном или круговом перемещении дождевального крыла. Управление режимом перемещения и полива осуществляется на пульте управления главной тележки.

Работа дождевальной машины осуществляется автоматически в «стоп-стартном» режиме с передачей электрического импульса на электродвигатели мотор-редукторов крайних опорно-ходовых тележек. Фронтальный или круговой полив осуществляется, при соответствующем режиму и характеру движения машины, переключении регуляторов дождевальных насадок.

Четырёхколёсная («пневмошинная») главная тележка дождевальной машины оборудована: энергосиловой установкой на базе дизельного генератора электрического тока; системами ориентации, контроля и управления работой дождевальной машины, гибким водоподающим шлангом; водоприёмным водоводом гибко соединённым с дождевальным трубопроводом. Общий вид главной опорно-ходовой тележки машины приведен на рисунке 16.3.



Рисунок 16.3 – Общий вид главной опорно-ходовой тележки дождевальной машины «Centerliner 168 CLS» семейства «Bauer» с питанием поливной водой по водоподающему шлангу

Промежуточные двухколёсные опорно-ходовые тележки водовода имеют электромеханический привод с индивидуальными мотор-редукторами.

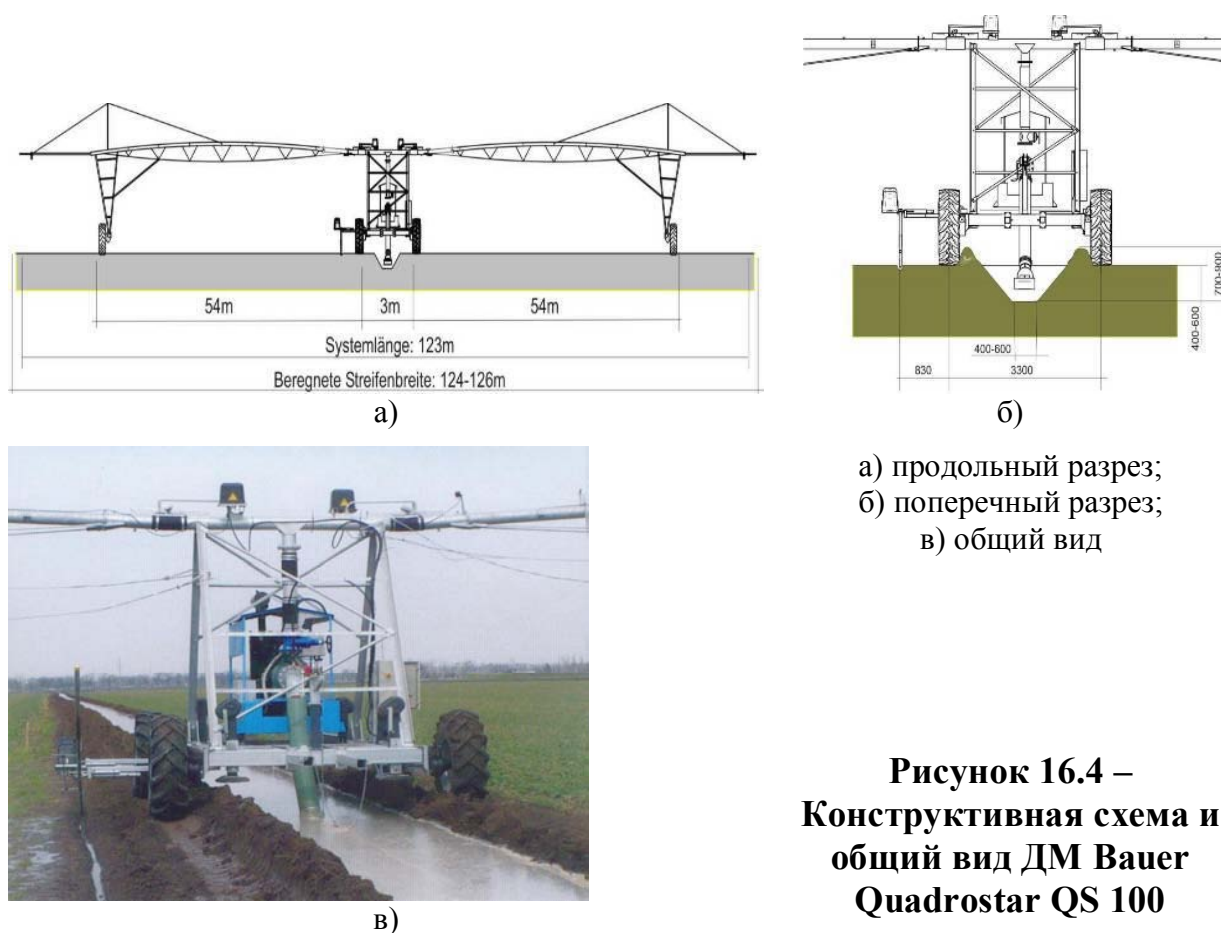
Технические характеристики и технологические показатели дождевальной машины «Centerliner 168 CLS»: расход поливной воды – 64 л/с; ширина захвата дождём поливного фронта – 344,9 м; средняя рабочая скорость при поливе – $0,18 \div 1,75$ м/мин; поливная норма за один проход – $6,0 \div 60,0$ мм слоя дождя; количество опорных тележек – 6 ед.; давление на гидранте – 0,64 МПа; расстояние между гидрантами – до 72 м.

Дождевальная машина «Centerliner 5000 168 CLS» применяется для полива участков сельскохозяйственных угодий прямоугольной формы при фронтальном её перемещении по полю и состоит из: центральной опоры с четырьмя ходовыми колёсами; дизельного электрогенераторного агрегата; главного пульта управления; восьми секций дождевального трубопровода с передвижными колёсными опорами и выносной балки (консоли).

Полив осуществляется поочерёдно с двух сторон от проходящего по центру участка напорного трубопровода. Подключение установки к гидранту происходит через подводящий шланг длиной 105 м. Далее вода поступает через центральную тележку в секции, откуда уже через подвешенные на гибких шлангах форсунки и концевой разбрызгиватель производится полив. По мере полива водопроводящий шланг с одной позиции трактором перемещается на очередной гидрант и подключается к дождевальной машине.

Технические и технологические показатели дождевальной машины «Centerliner 5000 168 CLS»: режим передвижения – самоходный; тип привода – дизельный; полив производится в движении; способ подвода воды – гибким шлангом от гидрантов закрытой оросительной сети; давление на входе в машину – до 0,7 МПа; расход воды машиной – 100 л/с; высота расположения дождевателей – 2,1 м; габаритные размеры – 10,5×465×7 м; скорость движения машины – до 2,17 м/мин; ширина захвата дождём – 485,3 м.

Фирмой «Bauer» разработана конструкция дождевальной машины Quadrostar QS 100, общий вид которой приведен на рисунке 16.4.



**Рисунок 16.4 –
 Конструктивная схема и
 общий вид ДМ Bauer
 Quadrostar QS 100**

Дождевальная машина имеет нижеприведенные технические и технологические характеристики: расход поливной воды – до 83,3 л/с; ширина захвата – 124÷126 м; сезонная производительность по площади – до 100 га; максимальная скорость перемещения при поливе – 3,33 м/мин; минимальная норма полива (минимальный слой осадков) при максимальной скорости перемещения – 13 мм; давление воды в дождевателе – 28 м.

17 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «ZIMMATIC»

Компанией «LINDSAY» разработан ряд самоходных широкозахватных многоопорных высококлиренсовых низконапорных дождевальных машин кругового, фронтального, и ипподромного перемещения – «Zimmatic». Характерные виды машин этого семейства приведены на рисунках 17.1 и 17.2.



Рисунок 17.1 – Общие виды дождевальных крыльев ДМ «Zimmatic»



**Рисунок 17.2 – Виды концевых участков
дождевальных машин «Zimmatic»**

Для широкого ряда моделей и типоразмеров дождевальных машин семейства «Zimmatic» характерны: высокая производительность труда при поливе; высокая степень адаптивности конструкторских решений к самым разнообразным природным (топографическим, рельефным, климатическим), фенологическим и хозяйственно-экономическим условиям ведения орошаемого земледелия; долговечность, прочность и высокая надёжность всех элементов в сочетании с ажурностью общеконструктивных решений. Известные конструкции дождевальных машин кругового, фронтального и ипподромного (мультифункционального) действия оборудованы: совершенными системами направленного перемещения (по борозде, воздушному или подземному кабелю), системами автоматизированного управления процессом дождевого полива и защиты конструкций машины от перекосов и деформаций.

Характерные виды фрагментов дождевальных машин «Zimmatic» кругового действия (9500 Р и 9500 МР) приведены на рисунках 17.3 и 17.4.



Рисунок 17.3 – Вид фрагмента ДМ «Zimmatic» кругового действия (9500 P) со стационарной центральной опорой



Рисунок 17.4 – Вид фрагмента ДМ «Zimmatic» кругового действия (9500 MP) с передвижной центральной опорой

Дождевальная машина фронтального действия «Zimmatic 9500 L» выполнена в двух модификациях – с питанием из напорной сети посредством шланга и с питанием из открытого канального оросителя (рисунки 17.5, 17.6).



Рисунок 17.5 – Вид фрагмента дождевальной машины фронтального полива «Zimmatic 9500 L»

Модификация дождевальной машины со «шланговым питанием» предусматривает использование двух- и четырёхколёсной тележки с длиной шланга равной 70; 110 и 200 м с соответствующими расходами поливной воды, составляющими 111,1; 77,8 и 33,3 л/с, что позволяет орошать угоды площадью до 65 га. Энергообеспечение машины осуществляется индивиду-

альным встроенным дизельным электрическим генератором или посредством электрического кабеля от внешней сети. Машина «9500 L» может использоваться на сельхозугодьях с крутизной склона до 6 %.

а)



б)



Рисунок 17.6 – Виды головных опорно-ходовых тележек ДМ «Zimmatic» с забором воды из водоподающих шлангов (а) и из открытых оросителей (б)

Модификация ДМ «Zimmatic 9500 L» с питанием поливной водой из грунтового или облицованного канала рассчитана на полив угодий площадью от 65 до 130 га. Забор воды из открытого оросителя осуществляется насосной установкой, размещаемой на центральной четырёхколёсной тележке и питаемой электроэнергией от индивидуального дизельного генератора или внешней электрической сети. Высокое качество полива объясняется наличием регулируемого (в зависимости от высоты растений) по высоте выпуска поливной воды из дождеобразователей, закрепляемых на гибких шлангах.

Дождевальные машины «Zimmatic» оборудованы эффективными среднеструйными дождеобразователями и дальнеструйными концевыми водомётами, конструкции последних приведены на рисунке 17.7.



Рисунок 17.7 – Концевые дождевальные аппараты, используемые на дождевальных машинах «Zimmatic»

18 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ КОМПАНИИ RKD

Испанская компания RKD специализируется на производстве автоматизированных дождевальных машин (систем) кругового, фронтального и ипподромного перемещения (центральные и мультицентральные пивоты, самодвижущиеся и буксируемые системы, машины линейного перемещения) с питанием от гидрантов напорной оросительной сети и из открытых оросителей, отдельные (характерные) виды которых приведены на рисунке 18.1.

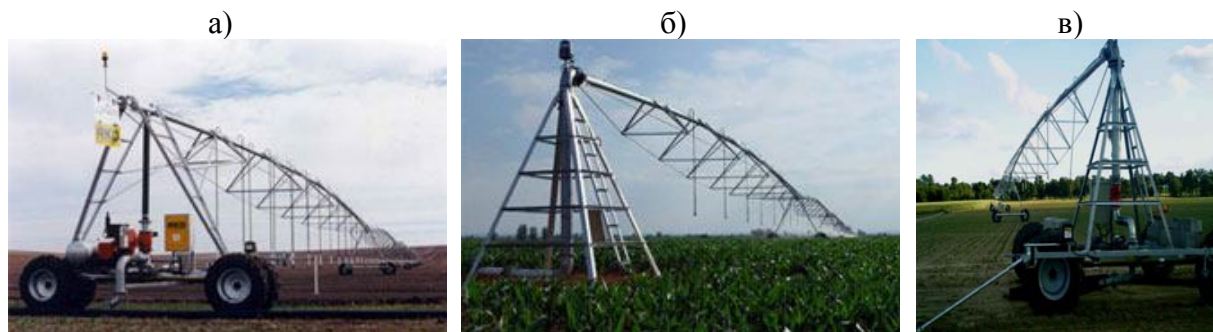


Рисунок 18.1 – Виды фрагментов дождевальных машин компании RKD (по каталогу компании «Садовый инженер»)

Многопролётная дождевальная машина фронтального действия с поворотным механизмом и системой фиксации центральной (крайней) опорной тележки на фундаментном (прочном) основании, устраиваемом в концевых точках поля (по рисунку 18.1а), позволяет вдвое увеличить ширину поливного участка, обрабатываемого за сезон одной дождевальной машиной.

Многопролётная дождевальная машина кругового действия (серии «RKD PIVOT центральный») с жёсткой закрепляемой центральной опорой по рисунку 18.1б предусматривает изменение клиренса с 3,3 до 4,1 м.

Многопролётная дождевальная машина ипподромного перемещения при поливе (ипподромная система RKD Стандарт) (по рисунку 18.1в) позволяет осуществлять полив квадратных, прямоугольных или трапецеидальных полей. Полив разноформенных поливных участков осуществляется за счёт наличия в конструкции дождевальной машины достаточно устойчивой четырёхколёсной ведущей (центральной) опорно-ходовой тележки с возможностью поворота дождевального крыла в любом месте орошаемого участка при отсутствии фиксирующего опорного бетонного основания (забетонированной площадки или массивной бетонной плиты). Характерные виды ипподромной дождевальной системы (машины) RKD «Multi» приведены на рисунке 18.2.

Для полива относительно небольших по площади участков разработаны однопролётные дождевальные машины фронтального перемещения (действия), характерные виды которых проиллюстрированы на рисунке 18.3.

Стандартная фронтальная дождевальная машина RKD состоит из одного дождевального пролёта и двух консолей с размещёнными на них концевыми дождевальными аппаратами и позволяет поливать участки шириной от 100 до 140 м. Разработана, выпускается и используется однопролётная и одноконсольная модель с возможностью её поворота и полива смежной 100-метровой полосы (pivot с поворотным механизмом). Для полива сельско-

хозяйственных угодий, исключая поворот дождевателя (виноградники, питомники, садовые и другие насаждения), применяют фронтальную дождевальную машину RKD с перпендикулярной направлению движения при поливе буксировкой с одной 140-метровой поливной полосы на другую.



Рисунок 18.2 – Виды дождевальной машины RKD «Multi» в процессе полива (по каталогу «Садовый инженер»)

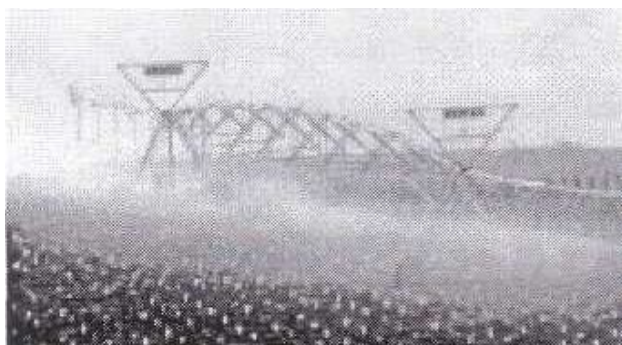


Рисунок 18.3 – Виды однопролётных дождевальных машин фронтального действия (по каталогу «Садовый инженер»)

Для кругового полива участков площадью от 2,2 до 3,8 га предлагается использовать дождевальную машину RKD CENTER MONO (MINI PIVOT), состоящую из одного пролёта и консоли с концевым дождевателем. Дождевальная машина жёстко закрепляется на бетонном блоке, работает в движении по кругу с радиусом захвата от 84 до 100 м (рисунок 18.4а). Известна аналогичная центральному пивоту разработка самодвижущей (мобильной) дождевальной машины кругового действия RKD MONO MULTICENTER (рисунок 18.4б). Данная конструкция имеет возможность самостоятельного перемещения с одной поливной позиции на другую.

В линейке разработок компании RKD имеются и буксируемые и самодвижущиеся дождевальные машины, системы надферменного (рисунок 18.5а) и подферменного (рисунок 18.5б) расположения дождеобразователей.

Компанией RKD разработаны и выпускаются дождевальные машины фронтального действия с забором поливной воды из открытых оросителей (рисунок 18.6, а) и из гидрантов закрытой оросительной сети (рисунок 18.6б) с последующим подводом поливной воды к машине посредством гибкого шланга.

а) RKD CENTER MONO



б) RKD MONO MULTICENTER



Рисунок 18.4 – Виды дождевальных машин кругового действия RKD CENTER MONO (по каталогу «Садовый инженер»)

а)



б)



Рисунок 18.5 – Виды дождевальных систем с надферменным (а) и подферменным (б) расположением дождевателей (по каталогу «Садовый инженер»)

а)



б)



Рисунок 18.6 – Виды стандартных дождевальных машин компании RKD с забором воды из открытых (а) и закрытых (б) оросителей

Широко применяется дождевальная машина URAPIVOT (рисунок 18.7).

В зависимости от моделей длина пролёта этой машины составляет от 30 до 60 м, высота секций дождевального трубопровода составляет от 2,2 м до 4,5 м, что позволяет орошать и высокостебельные культуры.

Основные технические характеристики: 1) трудозатраты при эксплуатации – 1 чел./100 га; 2) орошаемая площадь – 100÷200 га; 3) оросительная норма – до 600 м³/га; 4) стоимость оборудования на 1 га полива – 40÷60 тыс. руб.; 5) давление в сети – 0,2÷0,3 МПа; 6) возможность установки дизельного или электрического привода; 7) срок эксплуатации – 20 лет.



Рисунок 18.7 – Общий вид дождевальной части многоопорной широкозахватной (многопролётной) дождевальной машины кругового действия при поливе URAPIVOT

Дождевальные машины URAPIVOT комплектуются насадками различных конструкций для направленного формирования зоны орошения и обеспечения различной интенсивности увлажнения орошаемого сельхозугодья.

19 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «CHAMSA»

Широкозахватная, многоопорная (многопролётная) дождевальная машина кругового действия компании «CHAMSA» выпускается с широким спектром дождевателей («распылителей») и концевых дождевальных «водо-мётов» (дождевателей-спринклеров) может использоваться в широком спектре климатических и почвенно-рельефных условий (рисунок 19.1).



Рисунок 19.1 – Общий вид фрагмента многопролётного (многоопорного) дождевального трубопровода ферменной конструкции ДМ кругового действия фирмы «CHAMSA»

Техническая характеристика дождевальной машины «CHAMSA»: конструкционная длина системы – 420,6 м; ширина орошаемой полосы – 435,6 м; площадь орошения – 59,7 га; расход воды – 69,4 л/с; минимальная поливная норма – 300 м³/га; время выдачи минимальной поливной нормы – 72 часа; давление на входе – 39 м; генератор мощностью – 13 кВт.

20 ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ «WESTERN» И «PIERCE»

ДМ «Western» и «Pierce» имеют следующие опции: регулирование поливной нормы; возможность управления с компьютера; связь через мобильный телефон и движение с помощью GPS-навигации; возможность внесения удобрений и пестицидов; возможность работы на полях с уклоном – до 12 %; низкое давление на входе в машину – 2,5÷4,5 атм; малые трудовые затраты (один оператор на три-четыре машины); возможность работы дождевальных машин кругового действия по сектору (рисунок 20.1).



Рисунок 20.1 – Общий вид концевой части крыла дождевальной машины «Western»

21 ШЛАНГОБАРАБАННЫЕ («ШЛАНГОВЫЕ») САМОПЕРЕМЕЩАЮЩИЕСЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Применяемые названия: «Дождеватели шланговые»; «Шланговая дождевальная машина»; «Шланговое дождевальное оборудование»; «Шланговый дождевальный комплект»; «Шланговая дождевальная установка»; «Дождевальная установка барабанного типа»; «Дождевальная установка шлангобарабанного типа»; «Шлангобарабанная дождевальная установка»; «Барабанно-шланговый дождеватель»; «Шланговые оросительные комплекты барабанного типа»; «Комплект дождевальный шланговый»; «Оборудование дождевальное шланговое»; «Шлангобарабанное дождевальное оборудование»; «Дождевальная машина барабанного типа»; «Барабанная дождевальная машина»; «Барабанный дождевальный агрегат»; «Шланговый дождеватель»; «ДШ»; «Дождеватель шланговый консольный»; «Поливная шлангобарабанная система» или «Поливная система барабанного типа», «КДШ» и др.

Классификация. Широкий спектр применяемых названий объясняется широтой охвата одним понятием различных дождевальных средств, имеющих в своём составе такой конструктивный элемент как гибкий шланг.

В семействе известных конструкций дождевальной техники, одним из рабочих элементов в которых является шланг (шланговых дождевателей, установок и машин), следует различать: 1) принудительно перемещаемые (передвижные, переносные или переставные дождевальные установки – дождеватели), в которых собственно шланг является только средством подачи

поливной воды к дождевателю на различное расстояние от её источника (гидранта трубопровода); 2) шланговые барабанные машины («барабанно-шланговые» или шлангобарабанные дождевальные машины), в которых перемещение собственно дождевателя («дождевальной тележки», «дождевального шасси», «дождевальной платформы») осуществляется его подтягиванием посредством шланга, наматываемого на барабан (т. е. тяговым усилием, передаваемым на шланг механизмом барабана). Первая группа дождевальных устройств включает в конструкцию водоподающий шланг, подводящий воду к дождевателю, который (в отдельных случаях) может использоваться для перемещения дождевателя подтягиванием независимым двигателем (вручную или специальным механизмом, не входящим в комплект оборудования шлангового дождевального устройства). Конструктивно в такой дождевальной шланговой установке может быть предусмотрен(а) барабан (катушка) для наматывания и компактного размещения водоподающего шланга.

Во второй группе шланговых («шлангобарабанных») дождевальных устройств наличие шланга и барабана (катушки) обязательно. В этих устройствах (шланговых («шлангобарабанных») дождевальных машинах) шланг является средством подачи поливной воды к дождевателю и одновременно (в качестве гибкой тяги) обеспечивает перемещение дождевателя, передавая тяговое усилие от двигателя. Функции двигателя (средства перемещения) в таких устройствах выполняет наматывающий шланг барабан, оборудованный соответствующим механизмом. Такой вид дождевального устройства относится к шланговым, а точнее к шлангобарабанным дождевальным машинам.

В отличие от шланговых переносных (перемещаемых) дождевателей шлангобарабанные дождевальные машины предусматривают перемещение дождеобразующего средства (дождевателя) тяговым усилием, передаваемым от двигательного («вращательного») механизма (шлангового барабана) через водоподающий шланг при наматывании его на барабан.

Определение термина. Шлангобарабанная дождевальная машина – дождевальное устройство, включающее оборудованный механизм вращения барабан с наматываемым на него шлангом, подающим воду к струйному дождевателю, перемещаемому при поливе тяговым усилием, передаваемым на тележку дождевателя шлангом от наматывающего механизма барабана.

В классификационном отношении шлангобарабанные дождевальные машины относятся к поливающим в движении, дождевальным машинам фронтального перемещения, питающимися поливной водой из закрытой напорной оросительной сети или напорного водовода насосной установки.

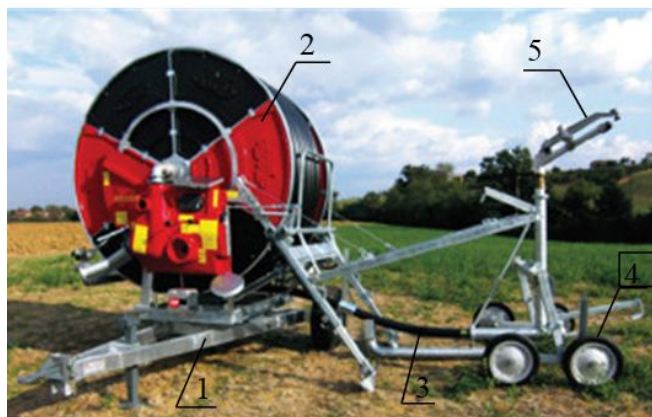
По виду используемого дождевателя (дождевального устройства) различают: шлангобарабанные (шланговые) машины (установки) с поворотными дальне- и среднеструйными (одно-, двух- и трёхсопловыми) дождеобразователями секторного (полукругового) или полнокругового действия (и (или) оборудованными дальне- и короткоструйными дождеобразователями) и дождевальные машины с фронтально перемещающимися при поливе двухконсольными дождевальными крыльями, оснащёнными системой короткоструйных дождевальных насадок и концевыми дождевальными аппаратами.

Условия применения. Шланговые и шлангобарабанные дождеватели предназначены для полива всех видов сельскохозяйственных культур

(пропашных, ягодных и др.), произрастающих во всех природно-климатических зонах орошаемого земледелия преимущественно на небольших по площади сельскохозяйственных угодьях (до 1 га – шланговые переставные и от 10 до 70 га – шлангобарабанные, перемещаемые тяговым усилием от вращения намоточного барабана) любой конфигурации с «неровным», но «спокойным» рельефом земной поверхности». Полив может осуществляться как чистой поливной водой, так и водой, содержащей животноводческие стоки. Питание водой шлангобарабанных дождевателей осуществляется от гидрантов закрытой напорной оросительной сети или от напорного трубопровода насоса (стационарной или передвижной насосной станции), забирающего(ей) воду из открытого водного источника (водоёма, водотока или канала).

Комплект оборудования шлангобарабанной дождевальной машины в общем случае включает: устанавливаемое на колёсное(ую) шасси (платформу) намоточное устройство (барабан-катушка), водоподающий и используемый как тяговый шланг механизм вращения барабана, дождевальное устройство (дождевальный аппарат, дождевальный агрегат, дождевальную насадку), размещаемое на отдельной перемещаемой платформе (раме или тележке).

Общий вид шлангобарабанной дождевальной машины в процессе полива и поливаемого машиной сельхозугодья приведен на рисунках 21.1 и 21.2, а общеконструктивные виды и схемы – на рисунках 21.3 и 21.4.



1 – опорно-транспортная тележка барабана; 2 – барабан с намоточным оборудованием шланга; 3 – водоподающий и тяговый шланг; 4 – опорно-ходовая тележка дождевателя; 5 – дождеобразователь

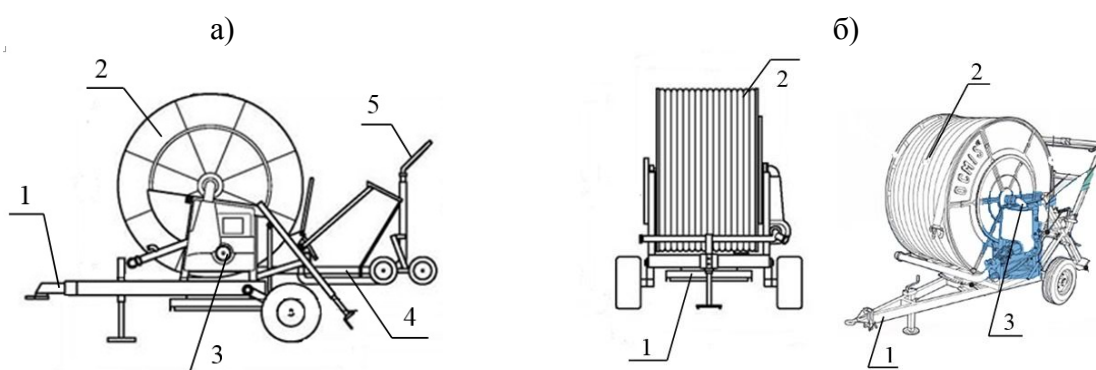
Рисунок 21.1 – Общий вид шлангобарабанной дождевальной машины



Рисунок 21.2 – Общий вид шлангобарабанного дождевателя при поливе



Рисунок 21.3 – Виды сельскохозяйственных угодий, орошаемых шлангобарабанными дождевателями



1 – опорно-транспортная тележка (платформа) шлангобарабанного устройства; 2 – барабан; 3 – намоточный механизм, обеспечивающий вращение барабана; 4 – опорно-ходовая тележка дождевателя; 5 – дождеобразователь (дождеобразующее устройство)

Рисунок 21.4 – Конструктивно-компоновочная схема шлангобарабанной дождевальной машины (а) и общий вид шлангобарабанного устройства (б)

Рабочее положение элементов комплекта шлангобарабанной дождевальной машины предусматривает: установку буксируемого трактором шасси с намотанным на барабан шлангом у гидранта напорного трубопровода; размотку шланга волочением его трактором и укладку его по поливному участку (зоне захвата дождём); установку тележки (платформы) с дождевателем в конце увлажняемой зоны (полосы); соединение дождевателя со шлангом и подсоединение шланга к гидранту оросительной сети; подачу поливной воды в водоподводящий шланг и включение дождевателя в работу (полив); по ме-

ре полива шланг автоматически с определённой скоростью наматывается на барабан, приводимый во вращение от турбинного гидропривода (под давлением воды, поступающей от гидранта или насосной станции на гидротурбину) или посредством отдельного намоточного механизма (с приводом от трактора); под усилием, передаваемым на шланг в процессе его намотки, тележка с дождевателем перемещается в направлении к гидранту, благодаря чему производится полив полосы сельскохозяйственного угодья шириной в 30÷90 м и длиной до 300÷600 м и более (в зависимости от модели (типоразмера) шлангобарабанного комплекта дождевальной машины).

Судя по технологии работы на поливном участке, шлангобарабанное дождевальное устройство (шлангобарабанное устройство дождевого полива) в разной степени относится к дождевальным установкам и дождевальным машинам (т. е. является их гибридом). По признаку отсутствия собственного двигателя для перемещения от одного поливного участка к другому и необходимости использования отдельного (от устройства) самоходного механизма при установке дождевателя в исходное рабочее положение рассматриваемое средство дождевания (дождевого полива) относится к дождевальным установкам. А по признаку наличия собственного средства для перемещения дождевателя по поливному участку в процессе полива данное дождевальное средство может быть отнесено к дождевальным машинам.

К настоящему времени разработано значительное количество разнообразных отечественных и импортируемых конструкций и типоразмеров шлангобарабанных дождевальных машин, часть из которых рассмотрена ниже.

Указанное обстоятельство предопределяет возможность использования при последующем изложении синониматического использования терминов: «шланговый дождеватель», «шлангобарабанный дождеватель», «шлангобарабанная установка» и (или) «шлангобарабанная дождевальная машина».

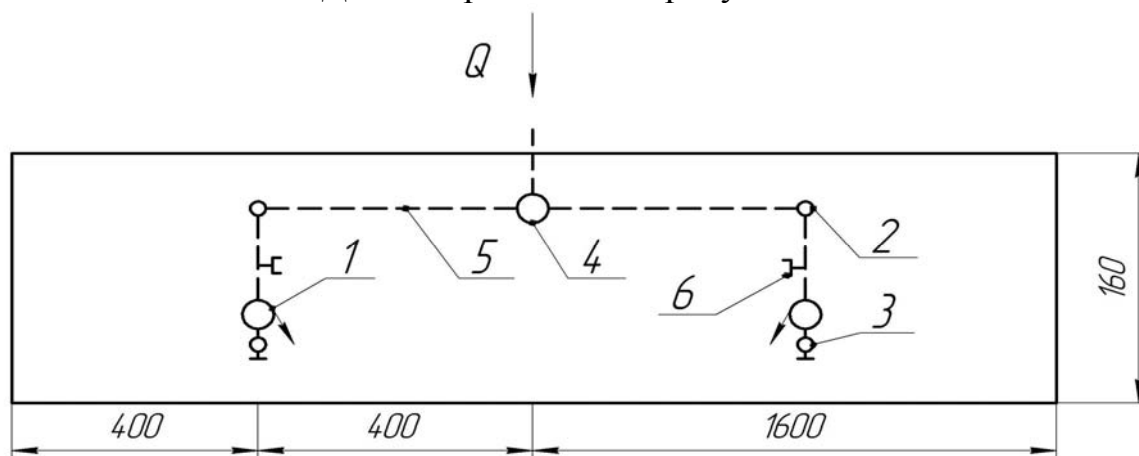
Дождеватель шланговый ДШ-10 состоит из: одноосного пневмоколёсного шасси с двумя барабанами (катушками) для намотки гибких полиэтиленовых шлангов; двух тележек с размещёнными и закреплёнными на них дальнеструйными дождевальными аппаратами секторного действия, питающимися поливной водой из подсоединяемых к ним водопроводящих шлангов; двух гидроприводных механизмов, обеспечивающих намотку шлангов; средств управления работой шлангобарабанного дождевателя. ДШ-10 характеризуется нижеследующими показателями: расход поливной воды – 12,8 л/с; давление – 0,78 МПа; слой дождя за один проход – 39÷93 мм; ширина захвата дождём – 50 м; сезонно орошаемая площадь – 10 га.

Полив осуществляется в движении перемещающимися с определённой (заданной) скоростью дождевателями в автоматическом режиме. В процессе подготовки к поливу тележки с установленными на них дождевальными аппаратами размещаются на удалении от питающего гидранта (барабанного шасси) соответствующем длине водопроводящих шлангов (в начале участка прохода дождевателей в процессе полива); подключается водоподводящий трубопровод к гидранту оросительного водовода. Процесс полива заключается: в подаче воды к водопроводящим шлангам и от них к дождевателям (дальнеструйным дождевальным аппаратам); во включении в работу гидро-

приводных механизмов барабанов и намотке на них гибких водопроводящих шлангов; в тяговом перемещении дождевальных тележек, осуществляемом посредством полиэтиленовых водопроводящих шлангов. По мере подхода дождевателей к установленному у гидранта шасси намоточного барабана подача воды к дождевателям автоматически прекращается, а шлангобарабанный дождеватель трактором перемещается на новую поливную позицию.

Шлангобарабанный дождеватель ДШ-30 с перемещающимся аппаратом включает: одноосное на пневматических колёсах прицепное шасси с барабаном; гибкий водопроводящий (водоподводящий) полиэтиленовый трубопровод; салазки с дождевальным аппаратом (водоподводящий трубопровод служит также для передачи усилия на подтягивание салазок). Вода поступает от гидрантов закрытых оросителей. Полив проводится в автоматическом режиме. Поливная норма устанавливается с помощью регулятора скорости. После автоматического выключения подачи воды в конце прохода барабан разворачивается с помощью гидросистемы трактора на 180° (на поворотном круге) для полива участка поля по другую сторону от линии гидрантов. Салазки с аппаратом вывозятся трактором в начало нового рабочего прохода.

Технические характеристики шлангобарабанного дождевателя ДШ-30: расход – 30 л/с; необходимое давление на гидранте – 1,1 МПа; необходимое давление на аппарате – 0,5 МПа; интенсивность дождя – не более 0,3 мм/мин; водопроводящий трубопровод длиной – 400 м; расстояние между оросителями – 800 м, а расстояние между гидрантами равно 80 м. Схема типичного поливного модуля и водоводов оросительной сети под шлангобарабанный дождеватель ДШ-30 приведена на рисунке 21.5.



- 1 – вентуз; 2 – гидрант-водовыпуск; 3 – гидрант концевой со сбросом; 4 – колодец;
5 – труба стальная; 6 – клапан защитный гидравлический

Рисунок 21.5 – Схема поливного модуля для шлангобарабанного дождевателя ДШ-30

Для орошения относительно малых по размерам (площади) поливных участков разработана система работающих от насоса или от напорного трубопровода (оросителя) разноразмерных узкозахватных шланговых барабанных (шлангобарабанных) дождевателей (комплектов дождевателей шланго-

вых) – КДШ-1; КДШ-2; КДШ-5 и КДШ-10, основные технические характеристики и технологические параметры которых приведены в таблице 21.1.

Таблица 21.1 – Данные по шланговым дождевальным комплектам типа КДШ

Наименование характеристики	Значение показателя			
	КДШ-1	КДШ-2	КДШ-5	КДШ-10
Расход дождевателя, л/с	1,5	1,5	5,0	10,0
Давление в шланге, МПа	0,6	0,6	0,6÷0,7	0,6÷0,7
Число насадок, ед.	1	2	1	2
Длина комплекта, м	100	100	200	200
Ширина полосы полива, м	20÷25	20÷25	50,0	50,0

Известен шлангобарабанный дождеватель «Агрос-32» (рисунок 21.6), предназначенный для полива относительно небольших (до 0,275 га) участков сельхозугодий или растительного покрова в парках, садах или спортивных площадках.



Рисунок 21.6 – Характерные виды шлангобарабанных дождевателей «Агрос»

Шлангобарабанный дождеватель «Агрос-32» характеризуется нижеприведенными показателями: расход поливной воды – 0,6÷1,0 л/с при давлении на гидранте составляющем – 0,4÷0,6 МПа; ширина зоны захвата – 20÷25 м; длина поливаемого участка – 110 м; масса дождевателя – 163 кг.

Известно конструктивное решение шлангового (шлангобарабанного) дождевателя «Агрос-75» с рабочей шириной захвата равной 50 м и длиной поливного участка равной 200 м. Применяемые в отечественном агропроизводстве шланговые (шлангобарабанные) дождеватели «Агрос» со средне-струйными дождеобразователями (дождевальными аппаратами) для секторного полива угодий разработаны в модификациях ДШ-90 и ДШ-110, характерные виды по которым представлены на рисунке 21.6, а их технические характеристики и технологические параметры приведены в таблице 21.2.

Таблица 21.2 – Данные по шланговым дождевателям «Агрос»

Наименование характеристики	Значение показателя	
	ДШ-90	ДШ-110
Расход поливной воды, л/с	8÷10	10÷20
Давление на входе в гидротурбину, МПа	0,6÷0,7	0,7÷0,9
Рабочая ширина захвата, м	55	60
Рабочая длина захвата, м	250	400
Поливаемая площадь с одной позиции, га	1,375	2,40

Известны шлангобарабанные дождеватели фирмы «Агрос» ДШ-90Ф и ДШ-110Ф, отличительной особенностью которых является конструктивное решение дождевального агрегата, представляющего собой двукрылую ферму, закреплённую на перемещающейся колёсной тележке за счёт тягового усилия, передаваемого шлангом от намоточного барабана (рисунок 21.7).



Рисунок 21.7 – Общий вид шлангобарабанного дождевателя «Агрос» ДШ-90Ф в работе

Технические характеристики и технологические параметры по шлангобарабанным дождевателям (дождевальным машинам) ДШ-90Ф и ДШ-100Ф (производства отечественной фирмы «Агрос») приведены в таблице 21.3.

Таблица 21.3 – Данные по дождевателям ДШ-90Ф и ДШ-100Ф

Наименование характеристики	Значение показателя	
	ДШ-90Ф	ДШ-100Ф
Расход поливной воды, л/с	10	20
Давление на входе в гидротурбину, МПа	0,6÷0,7	0,7÷0,9
Ширина захвата дождём, м	55	60
Длина поливного модуля, м	250	400
Площадь однопозиционного полива, га	1,375	2,40
Масса дождевателя, кг	3000	5000

Широкий спектр конструкций и типоразмеров шлангобарабанных дождевателей разработан зарубежными специалистами, отдельные (наиболее характерные) примеры по конструкциям рассмотрены ниже.

Дождевальные машины барабанного типа OSMIS (Италия). К основным узлам этих машин относятся: барабан (катушка); полиэтиленовый шланг; шасси барабана; телескопически выдвигающаяся подставка для шасси; поворотная платформа тележки барабана; система управления шлангом; гидроприводной механизм (гидротурбина) или индивидуальный механизм вращения намоточного барабана; устройство укладки шланга; 3÷6-ступенчатая коробка передач для регулирования скорости намотки водоподающего и тягового шланга на барабан; счётчик метров; струйный дождевальная аппарат или консольный дождеватель; средства систем управления и защиты конструктивных элементов дождевальной машины.

Общие виды характерных конструкций шлангобарабанных дождевальных машин (установок) компании OSMIS приведены на рисунке 21.8.



Рисунок 21.8 – Общие виды наиболее характерных конструктивных решений шлангобарабанных дождевальных машин, производимых итальянской компанией OSMIS

Дождевальные машины компании OSMIS (Италия), среди которых: 1) шланговые дождеватели (шлангобарабанные дождевальные машины) OSMIS IRRIGATION и их модификации MICRO RAIN (модели MR40; MR43; MR50; MR58; MR63), работающих в диапазоне давлений от 3 до 8 атм при расходах от 1,3 до 4,8 л/с; с длиной водоподающего шланга от 110 до 170 м и радиусом захвата $R_{\text{зах}} = 17 \div 34$ м; 2) модификации (серии) с вращающейся

рамой – «R» (модели R1 и R1/1; R2 и R2/1; R3 и R3/1; R4, R4-1 и R-4-2; R5) с длиной шланга от 160 до 650 м; 3) модификации (серии) с вращающейся и опускающейся на землю рамой – «IR» (IR1; IR2; IR3; IR4) с длиной водоподводящего гибкого шланга равной 300÷750 м; модификации Vario Rain (серии) VR 5, 6, 7 и серии VIR 5, 6, 77, оборудуются встроенным насосным агрегатом («мотор-насосом»).

Серия двухконсольных дождевателей этих машин в виде поливальных штанг из алюминия шириной 44 м (рабочая длина 50 м) и из оцинкованной стали (длиной от 13 до 42 м) обеспечивают тонкодисперсное распыление поливной воды (рекомендуются для «чувствительных» растений). Имеются различные варианты транспортных систем. Все элементы этих поливных машин долговечны и имеют антикоррозийное покрытие.

Известен широкий спектр шлангобарабанных дождевальных машин разработанных и выпускаемых: итальянской фирмой ET Heavy Duty PUMPS (серии: JOLLI; GIREVOLI), немецкой фирмой BEINLICH (серии: «ПРИМУС», «МОНСУН», «КВАТРО», «ПИККОЛО»); немецкой фирмой IRTEC (с характеристиками: скорость движения (перемещения по поливному участку (полосе) струйного поливающего по сектору или двухконсольного дождевателя) – 8÷48 м/час; площадь (производительность) полива – от 0,15 до 0,5 га/час; расход воды – 5,6÷16,8 л/с; рабочее давление – от 3 до 8 атм; длина поливной консоли – от 14 до 56 м и радиус полива дождевателем (дождевальным аппаратом) – от 30 до 70 м).

Дождевальные шлангобарабанные машины (системы) разработаны и выпускаются для широкого спектра природных, топографических, фенологических и хозяйственных условий их использования в широком ассортименте моделей и типоразмеров. Общие виды и параметры характерных конструктивных решений шлангобарабанных дождевальных машин семейства (производства) ET Heavy Duty PUMPS приведены на рисунке 21.9.

Барабанные (шлангобарабанные) дождевальные машины компании ET Heavy Duty PUMPS характеризуются нижеприведенными параметрами: скорость перемещения дождевателя – от 10 до 120 м/час; ширина захвата зоны полива дождевальным аппаратом – 70÷115 м; расход машины от 20 до 140 м³/с с возможностью его регулирования (заменой сопел) или изменением давления; угол сектора полива регулируется в пределах от 5° до 360°.

Дождевальные машины могут оборудоваться индивидуальным насосным агрегатом с приводом от двигателя внутреннего сгорания для подачи воды в дождевальный шланг или вспомогательным насосом при питании дождевальной машины из низконапорной оросительной сети. Возможно оборудование машины компрессором для освобождения трубопровода от воды и компактными дизельными двигателями для управления рабочими органами машины (поворотом, подъёмом и опусканием платформы барабана, перемотывания водопроводного шланга, подтягивания и подъёма дождевателя).

Серия JOLLI с длиной шланга от 100 до 150 м, диаметром – 40÷50 мм



Серия GIREVOLI (диаметр шланга – 50÷140 мм, длина – 200÷700 м)



Рисунок 21.9 – Общие виды шлангобарабанных дождевальных машин компании ET Heavy Duty PUMPS

Шланговые (шлангобарабанные) дождеватели (ДШ) фирмы RM представлены широким набором моделей и типоразмеров с длиной шланга от 90 до 670 м при рабочем давлении в пределах от 1,5 до 8 атм с различными конструктивными решениями: 1) барабанного устройства (турбины, намоточного механизма, собственно барабана, системами управления и автоматического отключения установки по окончании полива) при регулируемой скорости перемещения дождевателя (скорости намотки шланга) от 0 до 50 м/час; 2) дождевального устройства (двух и трехколёсной передвижной платформы-тележки или устраиваемой на салазках или вагонетке; секторного струйного дождевателя с набором форсунок-сопел диаметром от 5 до 40 мм). Для питания дождевального устройства используются гибкие полиэтиленовые шланги диаметром от 32 до 150 мм. Расход поливной воды (в зависимости от модели) составляет – 9,1÷170 м³/час. Ширина полива (полосы, захвата искусственным дождём) по всей линейке моделей шлангобарабанных дождевателей фирм RM изменяется от 40,8 до 132,6 м. При скорости перемещения дождеформирующего устройства (намотки шланга на барабан) при поливе, изменяющейся от 15 до 50 м/час, разработанный спектр моделей обеспечивает выдачу поливной нормы в пределах от 4,14 до 72,65 мм. Приведенные технические характеристики и технологические параметры шлангобарабанных дождевателей (дождевальных насадок) позволяют пользователю из всего спектра моделей и

типоразмеров этих дождевальных устройств выбрать наиболее приемлемую из них для конкретных условий полива орошаемого участка (рисунок 21.10).



1 – водоподающий трубопровод; 2 – тележка (платформа) шлангонамоточного барабана; 3 – барабан; 4 – дождевальный и тяговый шланг; 5 – тележка дождевателя; 6 – дождевальная насадка

Рисунок 21.10 – Общий вид шлангобарабанного дождевателя RM

Фирмой RM разработаны шлангобарабанные дождевальные устройства «Альбатрос» в виде двухконсольного дождевального агрегата (подобного отечественному агрегату ДДА-100МА) с дождеобразующими аппаратами мелкодисперсного «распыления» поливной воды (рисунки 21.11 и 21.12).

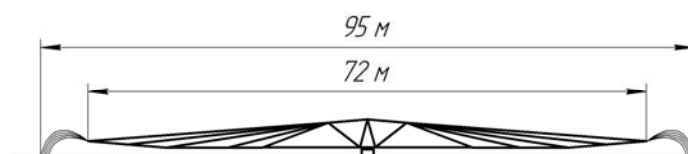


Рисунок 21.11 – Схема двухконсольного шлангового дождевателя «Альбатрос»



Рисунок 21.12 – Общие виды двухконсольного шлангобарабанного дождевателя фронтального полива «Альбатрос» в работе

Шланговый (шлангобарабанный) двухконсольный дождеватель (агрегат) «Альбатрос» разработан в широком спектре технических характеристик и технологических параметров, основные из которых приведены ниже.

Техническая ширина агрегата для различных типоразмеров составляет: 8, 14, 20, 30, 40, 50 и 72 м (при несколько большей ширине зоны полива при работе концевых дождевальных аппаратов). При устройстве концевых дождевальных насадок максимальная ширина зоны захвата дождём (для типоразмера – 72 м) составляет 95 м. Соответственно технической ширине захвата дождевальными крыльями на водопроводящем трубопроводе предусмотрено размещение 13, 15, 17, 27, 35, 45 и 65 дождевальных аппаратов с определёнными диаметрами сопел (от 2 до 4 мм). Для каждого типоразмера агрегата предусмотрены варианты с разным рабочим напором в дождевальном трубопроводе (от 1÷2 до 1÷3 бара) и соответствующими им расходами поливной воды (от 3,71 до 202 м³/час). Для различных типоразмеров двухконсольных агрегатов предусмотрен широкий диапазон скоростей намотки шланга на барабан (в пределах от 10 до 150 м/час), что позволяет выдавать слой искусственного дождя в диапазоне от 4,49 до 223,02 мм.

Кроме шлангобарабанного дождевателя (дождевальной машины) с дождеобразователем «Альбатрос» фирмой RM разработан «двукрылый» дождевальный агрегат фронтального действия, фронтально перемещаемый в процессе полива, «FALKON 50» (рисунки 21.13 и 21.14).



Рисунок 21.13 – Общий вид двухконсольного дождеобразовательного агрегата RM FALKON 50 в процессе полива



Рисунок 21.14 – Общий вид двухконсольной шлангобарабанной дождевальной машины RM FALKON-50 в процессе её подготовки к поливу

Дождевальный агрегат разработан в четырёх модификациях по конструкции опорной тележки – двух-, трёх-, четырёх- и пятиколёсным с системой копирования неровностей поверхности и с шириной колеи от 1,5 до 2,7 м. Аппарат предусматривает возможность изменения высоты расположения дождевальных крыльев в пределах от 1 до 2,7 м. Конструкция предусматривает подсоединение водоподводящего шланга к центральной или боковой (надколёсной) части тележки и установку на ней струйного дождевального аппарата. Разработан ряд типоразмеров дождевального агрегата с шириной захвата увлажняемой полосы от 16÷18 до 80÷82 м с разным конструктивным решением дождевальных консолей (крыльев).

Известны двухконсольные шлангобарабанные дождеватели Agritex с шириной консоли $b_k = 14$ м при ширине захвата поливной полосы искусственным дождём $b_{зах} = 20$ м; $b_k = 20$ м ($b_{зах} = 30$ м); $b_k = 30$ м ($b_{зах} = 40$ м); $b_k = 40$ м (при $b_{зах} = 50$ м); $b_k = 50$ м ($b_{зах} = 60$ м) и с шириной консоли равной 72 м ($b_{зах} = 90÷95$ м).

Шлангобарабанные дождевальные машины IRTEC. В мировой и отечественной практике нашли применение различные модификации и типоразмеры шлангобарабанных дождевальных машин фирмы IRTEC (Германия), адаптированных к поливу, как чистой водой, так и водой, содержащей мелкие илистые частицы и подготовленными животноводческими стоками с забором поливной воды из закрытых и открытых оросителей. Для шлангобарабанных дождевальных машин IRTEC характерен широкий диапазон расходов воды. Они могут использоваться как на спланированных угодьях, так и на полях со сложным микрорельефом и разнообразной конфигурацией. Для семейства ДМ IRTEC характерен широкий спектр конструктивных решений с широким диапазоном технических характеристик: эластичные водоподводящие шланги имеют диаметр – от 40 до 150 мм и длину – от 110 до 700 м; скорость перемещения дождевателя – от 8 до 48 м/час; расход поливной воды – от 5,6 до 16,7 л/с при рабочем давлении, изменяющемся в диапазоне, 3÷8 атм; радиус захвата – 30÷70 м и длина поливной консоли – 14÷56 м. В качестве дождеобразователей используются дальнеструйные, среднеструйные и короткоструйные дождевальные аппараты и «штанговые» или двухконсольные дождеватели с турбинными дождеобразующими аппаратами.

Конструкция шлангобарабанной дождевальной машины, выпускаемой фирмой IRTEC, включает: опорную раму шлангонамotoчного барабана, барабан, гидротурбину, редуктор, шлангонамotoчное устройство, поворотную платформу барабана, водоподводящий и тяговый полиэтиленовый шланг, дождеватель (консольный или стоечные), дождеобразователь(и), стабилизаторы положения – упоры, технические средства управления и контроля.

Общий вид шлангобарабанной дождевальной машины (ШБДМ) IRTEC с вращающейся платформой барабана и гидравлическим оборудованием для регулирования подъёма колёс приведен на рисунке 21.15.

Фирмой IRTEC разработан широкий спектр конструкций (моделей) и типоразмеров двухконсольных шлангобарабанных дождевальных машин – дождевателей («распылителей») с рабочей шириной от 19 до 48 м.



Рисунок 21.15 – Общий вид ДМ IRTEC

Известны шлангобарабанные дождеватели секторного полива Speedy Rain 405 (рабочее давление – от 3,5 до 8,0 атм; радиус полива – 18 м; скорость намотки шланга – до 40 м/час; масса – 182 кг) и Speedy Rain 505 с характеристиками: давление – 3,5÷8,0 атм., радиус сектора полива – 21 м; скорость перемещения дождевателя по поливному участку – от 0 до 40 м/час; масса – 345 кг (рисунок 21.16).

а)



б)



Рисунок 21.16 – Общие виды шлангобарабанных дождевателей Speedy Rain 405 (а) и Speedy Rain 505 (б)

Шлангобарабанная машина фирмы «Bauer» Rainstar, оборудованная струйным секторным или двухконсольным дождевателем, разработана в модификациях: Bauer Rainstar Т – со шлангом диаметром от 65 до 100 мм, длиной от 250 до 450 м; Bauer Rainstar Е – с водоподающим шлангом диаметром 90÷140 мм и длиной 300÷650 м.

Конструкция шлангобарабанной дождевальной машины фирмы «Bauer» с «шланговым» (двухконсольным) дождевателем обеспечивает полив полосы от 36 до 44 м при рабочем давлении, превышающем 3,5 атм. Харак-

терные виды предлагаемых компанией «Bauer Group» шлангобарабанных машин со струйным (преимущественно дальнеструйным) дождевальным аппаратом и дождевальной консолью приведены на рисунке 21.17.



а – общий вид машины; б – вид дальнеструйного дождевателя;
в – вид ферменно-консольного дождевателя

Рисунок 21.17 – Виды шлангобарабанных дождевальных машин «Bauer»

Дождевальные устройства со сходными характеристиками разработаны и выпускаются фирмами IRRILAND, «Beinlich», IRTEC SPAVIA и другими.

Известно сопоставление специалистами ВолжНИИГиМа характеристик полосовых позиционных шлангобарабанных дождевателей с забором поливной воды из гидрантов закрытой оросительной сети (таблица 21.4).

Таблица 21.4 – Характеристики позиционных полосовых шланговых гидротурбинных дождевателей (ДШ)

Наименование характеристики	Значение характеристик по дождевальным шлейфам		
	ДШ-110 «АГРОС»	Bauer, серия – RAINSTAR E21	ABI серии 58 GX
Расход воды, л/с	10÷20	9÷25	10÷25
Давление на входе в ДМ, МПа	0,7÷0,9	0,45÷1,1	0,6÷1,1
Ширина захвата, м	60	75÷110	66÷105
Стоимость по состоянию на 2014 год, руб.	1 190 512	1 280 000	950 000

Очевидными достоинствами шлангобарабанных дождевателей (дождевальных машин) являются: возможность их использования на участках «неправильной» (сложноконтурной) конфигурации, когда использование другой дождевальной техники затруднено или невозможно; возможность перемещения малых дождевателей с использованием средств «малой механизации»; возможность использования малорасходных оросительных (поливных) сетей и насосных установок; высокая степень адаптивности к условиям полива

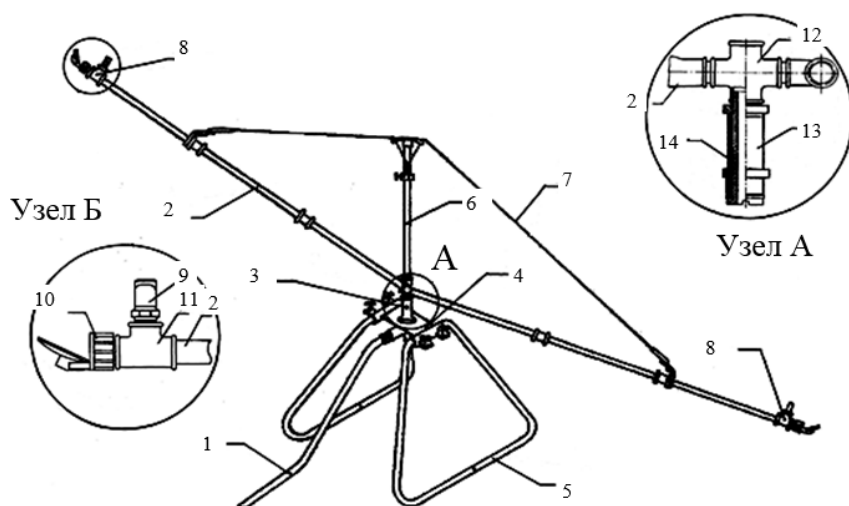
и размерам поливных участков; простота и отработанность конструктивных решений, высокий уровень ремонтпригодности и надёжности этих машин.

Основными недостатками шланговых дождевателей (шлангобарабанных дождевальных машин) являются: потребность в транспортных средствах для перемещения с одной позиции на другую; потребность в относительно высоких напорах; сравнительно низкое качество дождя и полива; относительно высокая удельная стоимость (на 1 га орошаемого угодья).

22 ШЛАНГОВЫЕ, ПРИНУДИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕЩАЕМЫЕ ДОЖДЕВАТЕЛИ

В семействе известных конструкций шланговых дождевателей следует различать шланговые дождеватели, принудительно перемещаемые (передвижные, переносные или переставные), в которых собственно гибкий водоподающий шланг является только средством подачи поливной воды.

Переставные и перетягиваемые шланговые дождеватели. Среди шланговых дождевателей, принудительно перемещаемых (передвижных или переставных шланговых дождевателей) вручную, механизмом или перетягиваемых шлангом по поливному участку, определённое распространение получили конструкции шланговых дождевателей, разработанных во ВНИИ «Радуга» для полива пропашных культур, ягодников, цветников и газонов на участках площадью до 1 га, среди которых: дождевальная шланговая установка ДШУ-0,9 (рисунок 22.1), «дождеватель шланговый передвижной ДШ-1» (рисунок 22.2) с модификациями (моделями) – ДШ-1С (разработанный для полива садовых насаждений) и ДШ-1Н («низконапорный») и «дождеватель шланговый переставной ДШ-0,6П» (рисунок 22.3).



- 1 – водоподводящий шланг (от гидранта напорной сети или от насоса, забирающего воду из открытого водного источника); 2 – водопроводящие дождевальные крылья; 3 – узел вращения; 4 – опорная платформа; 5 – опорная рама; 6 – стояк; 7 – тросовые растяжки с крюками; 8 – концевые дождевальные насадки; 9 – вертикальная насадка; 10 – горизонтальная насадка; 11 – тройник; 12 – крестовина; 13 – корпус; 14 – упорный стакан

Рисунок 22.1 – Конструктивная схема ДШУ-09 (по ВНИИ «Радуга»)



**Рисунок 22.2 – Шланговый передвижной кругового полива
дождеватель ДШ-1**



**Рисунок 22.3 – Шланговый передвижной дождеватель ДШ-0,6П
с круговым поливом**

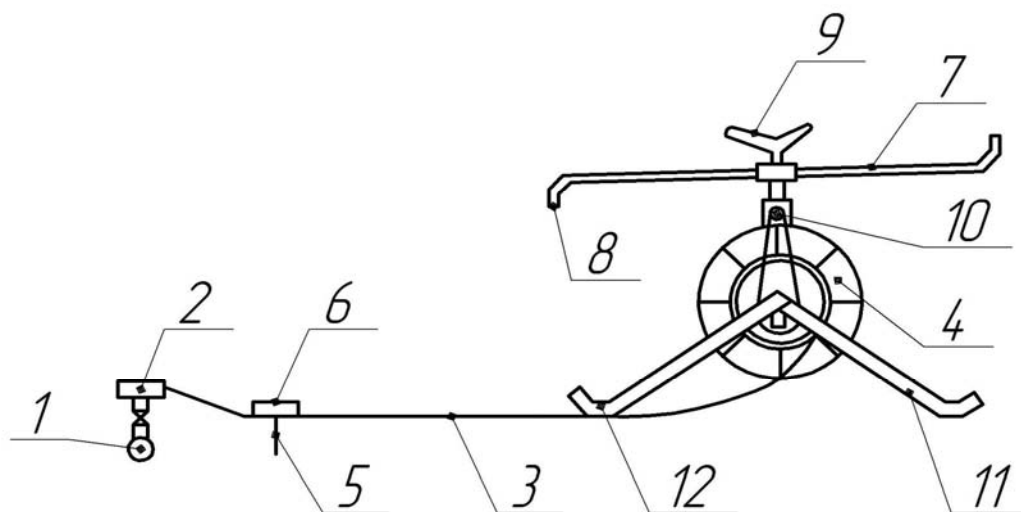
Дождевальной шланговой установкой (ДШУ-09) осуществляется позиционный полив микро- и мезоплощадных угодий при вращении двух, оборудованных концевыми дождевальными насадками, дождевальных крыльев.

Основные технические характеристики дождевателя шлангового ДШУ-09: расход поливной воды (водоподачи) – $0,6 \div 0,8$ л/с; давление на входе – $0,15 \div 0,20$ МПа; радиус полива (захвата дождём) более 8,0 м; площадь полива с одной позиции $S_{\text{пол}} \geq 200 \text{ м}^2$; длина водоподводящего шланга – $15 \div 25$ м; масса установки – 20 кг; обслуживаемая площадь – до 1 га; коэффициент эффективного полива $k_{\text{эф/пол}} \geq 0,75$.

Технические характеристики и технологические параметры передвижных [принудительно перемещаемых – (перетягиваемых)] шланговых дождевателей ДШ-1 и ДШ-0,6П конструкции ФГБНУ ВНИИ «Радуга» приведены в таблице 22.1. Схема и поливной модуль дождевателя ДШ-1 приведены на рисунках 22.4 и 22.5.

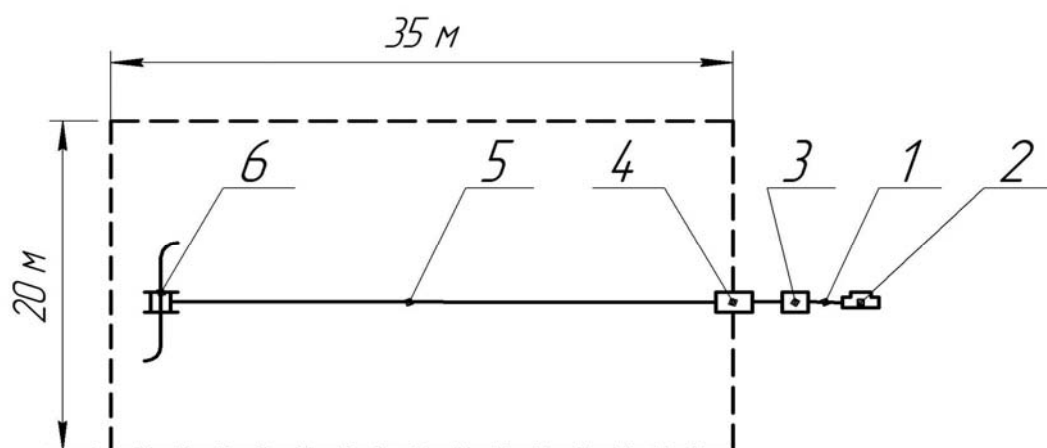
Таблица 22.1 – Данные по дождевателям конструкции ВНИИ «Радуга»

Наименование характеристики	Значение показателя	
	ДШ-1	ДШ-0,6П
Расход поливной воды, л/с	0,3	0,15
Давление в дождевателе, МПа	1,0	0,8
Площадь обслуживания, га	1,0	0,8
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,3	0,3



1 – трубопровод; 2 – гидрант; 3 – шланг; 4 – барабан; 5 – якорь; 6 – отсекающий;
7 – трубка; 8 – сопло; 9 – насадка; 10 – редуктор; 11 и 12 – опоры

Рисунок 22.4 – Схема дождевателя ДШ-1

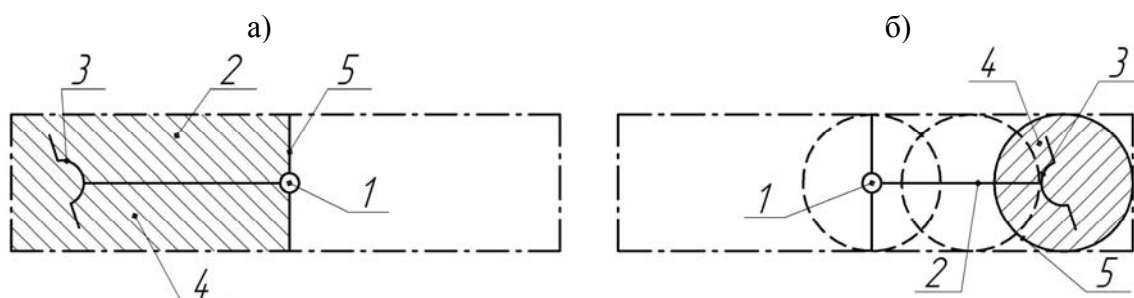


1 – трубопровод; 2 – гидрант; 3 – якорь; 4 – отсекающий; 5 – шланг; 6 – насадка

**Рисунок 22.5 – Поливной модуль
под шлангобарабанный дождеватель ДШ-1**

Полив шланговым дождевателем ДШ-1 может производиться в двух режимах передвигном (рисунок 22.6а) и неподвигном (рисунок 22.6б).

Полив в движении производится в направлении гидранта за счёт подтягивания дождевателя при намотке питающего шланга на катушку (барабан).

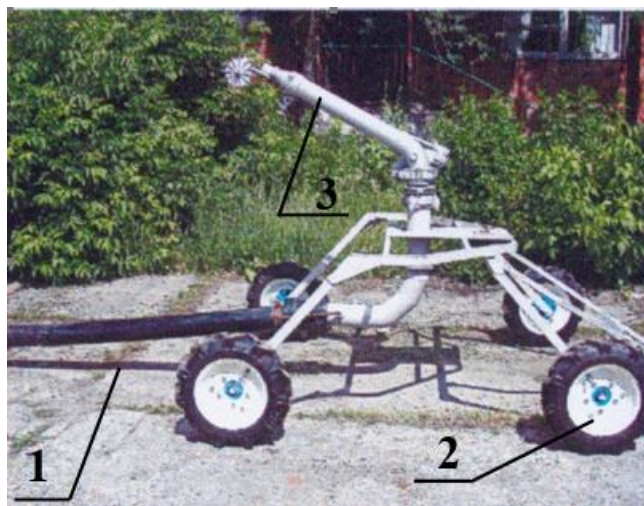


а – полив в движении; б – полив позиционный; 1 – гидрант; 2 – шланг;
3 – дождеватель; 4 – орошаемая площадь; 5 – граница поливного участка

Рисунок 22.6 – Технологические схемы полива шланговым дождевателем ДШ-1

Полив дождевальной шланговой установкой ДШ-0,6П производится позиционно при вращении дождевальных крыльев, приводящихся в движение реактивной силой струи насадок, установленных на концах крыльев. Модульная компоновка установки позволяет увеличивать площадь орошения до 2000 м² с питанием поливной водой от одного гидранта. Установка ДШ-0,6П перемещается на другую позицию при переносе или подтягивании за шланг.

Дальнеструйный дождеватель передвижной тележечный (ДДПТ). Для полива технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на угодьях с торфяным, песчаным, супесчаным и среднесуглинистым почвенным покровом площадью до 40 га и общем уклоне до 0,02 во ВНИИ «Радуга» разработан мобильный комплект дальнеструйного дождевателя на передвижной тележке (ДДПТ-30), общий вид и продольный разрез по которому приведен на рисунках 22.7 и 22.8.

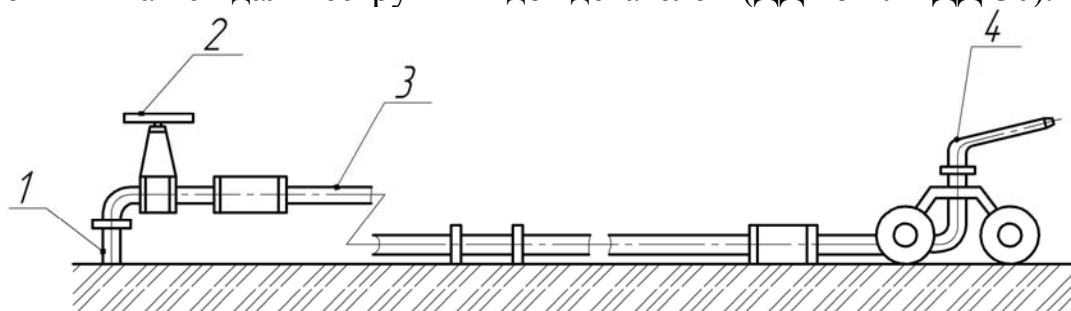


1 – гибкий пластмассовый водоподводящий трубопровод от гидранта напорной оросительной сети; 2 – опорно-ходовая тележка дождевателя;
3 – дальнеструйный дождеватель (дождевальный аппарат)

Рисунок 22.7 – Общий вид мобильного дальнеструйного передвижного дождевателя (ДДПТ-30)

Комплект оборудования мобильного дальнеструйного дождевателя (ДДПТ) включает: сборно-разборный полиэтиленовый трубопровод, соеди-

няющий дождеватель с оросительной сетью и передвижную тележку с установленным на ней дальнеструйным дождевателем (ДД-15 или ДД-30).



1 – гидрант оросительного трубопровода; 2 – узел подсоединения дождевателя к гидранту; 3 – гибкий(ая) полиэтиленовый(ая) шланг (труба); 4 – тележка с дождевальным аппаратом

Рисунок 22.8 – Продольный разрез по мобильному дождевателю (ДДПТ-30)

Мобильный комплект работает позиционно (по кругу и по сектору) с питанием поливной водой от гидрантов закрытой оросительной сети через дополнительный трубопровод. Изменение позиций полива осуществляется перемещением дальнеструйного дождевателя оператором-поливальщиком.

Во ВНИИ «Радуга» разработано два типоразмера мобильного дальнеструйного дождевателя серии ДДПП (ДДПТ-15 и ДДПТ-30), основные технические и технологические параметры которых приведены в таблице 22.2.

Таблица 22.2 – Данные по мобильному дальнеструйному дождевателю

Наименование характеристики	Значение показателя	
	ДДПТ-15	ДДПТ-30
Расход поливной воды, л/с	15÷17,5	15÷30
Напор на входе в дождеватель, м	50÷60	50÷60
Радиус захвата дождём, м	50÷55	50÷70
Площадь полива с одной позиции, га	0,78÷0,95	0,78÷1,54
Интенсивность дождя без перекрытия, мм/мин	0,11	0,11÷0,117
Частота вращения дождевателя, об/мин	0,2	0,2
Коэффициент эффективного полива	≥ 0,6	≥ 0,6

23 СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Применяемые названия: «Комплект ирригационного оборудования «Радуга» (КИ-50)»; «Комплект передвижного оборудования КИ-50 «Радуга»; «КИ-50»; «Дождевальная установка КИ-25»; «Комплект КИ-50»; «Комплект типа КИ-50 «Радуга»; «Комплект ирригационный КИ-50 «Радуга»; «Комплект ирригационного оборудования «Радуга» (КИ-50 и КИ-25)»; «Комплекты дождевального оборудования «Радуга» КИ-50 и КИ-25»; «Дождевальная установка КИ-50»; «Передвижной комплект дождевального оборудования КИ-50»; «Передвижное ирригационное оборудование КИ-50»; Переносная дождевальная установка КИ-50; «Установка КИ-50»; «КИ-50 «Радуга»; «Установка «Радуга»; «Ирригационное оборудование КИ-50»; «Комплект оборудования ирригационный КИ-50»; «Дождевальная установка «Радуга»; «Комплект передвижного дождевального оборудования «Радуга» (КИ-50)»; «Комплект «Радуга»; «Комплект ирригационного оборудования КИ-50»; «Передвижное дождевальное оборудование «Радуга»; «Передвижной комплект дождевального

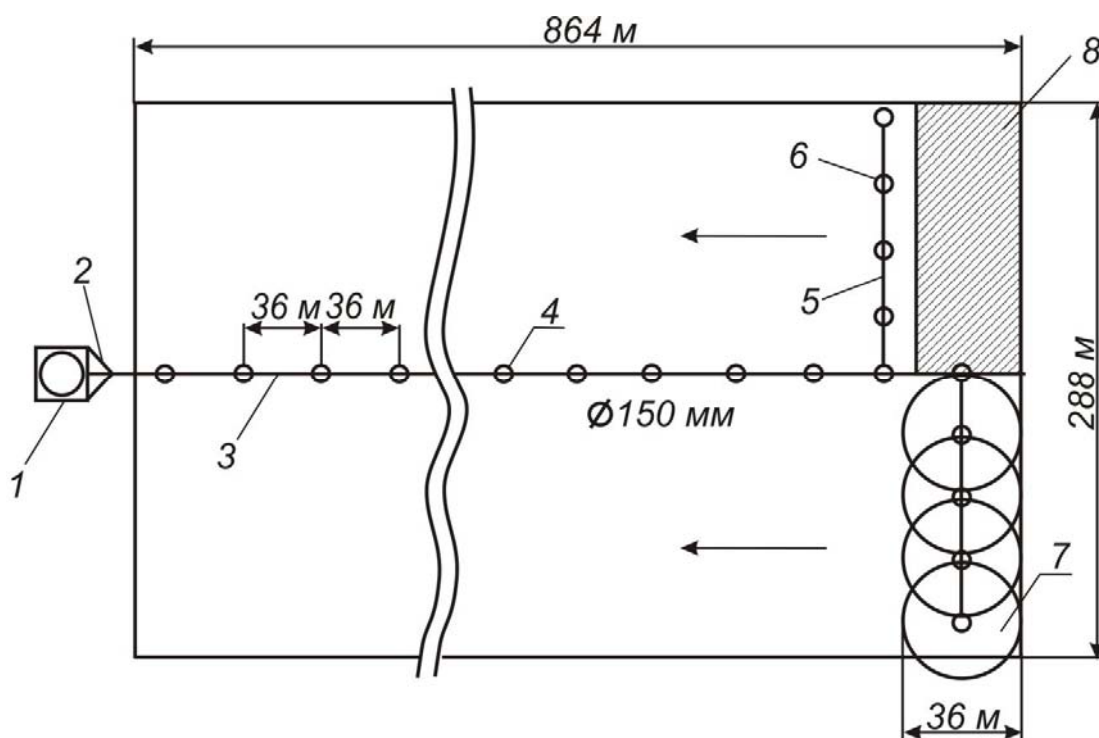
Условия применения. Перемещаемая (переносная) дождевальная установка – комплект дождевального оборудования («КИ-50»; «КИ-25»; «КИ-10»; «КИ-5») предназначена(ен) для орошения овощных, кормовых и технических (преимущественно низкостебельных) сельскохозяйственных культур, ягодников, питомников, сенокосов, пастбищ и других относительно небольших по площади сельхозугодий различной (преимущественно сложной) конфигурации в любых природно-климатических зонах орошаемого земледелия. Для разных по площади угодий используются разработанные специалистами ФГБНУ ВНИИ «Радуга» модификации перемещаемых (переносных) дождевальных установок (комплектов) семейства «КИ» (КИ-50; КИ-25; КИ-10 и КИ-5).

Technical drawing of a ship's hull cross-section showing the arrangement of gun turrets and their dimensions. The drawing includes the following details:

- Dimensions:**
 - Overall length: 864 M
 - Overall width: 576 M
 - Horizontal distances from the bow: 327 M, 286 M, 286 M.
 - Vertical distances from the baseline: 144 M, 270 M, 36 x 7 = 252 M.
 - Horizontal distances between turrets: 126 M, 144 M.
 - Vertical distances between turret levels: 18 M, 36 M, 36 M, 36 M.
- Gun Turret Arrangement:**
 - Turret 1:** Located at the bow, diameter $\varnothing 150$ MM.
 - Turret 2:** Located at the stern, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 3:** Located in the center, diameter $\varnothing 150$ MM.
 - Turret 4:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 5:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 6:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 7:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 8:** Located in the center, diameter $\varnothing 105$ MM.
 - Turret 9:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
 - Turret 10:** Located in the center, diameter $\varnothing 125$ MM.
- Other Details:**
 - Labels 1 through 10 indicate specific components or features.
 - Arrows indicate the direction of fire or movement.

- 1 – насосная станция; 2 – переходник; 3 – магистральный трубопровод; 4 – гидрант (150 мм); 5 – переходник; 6 – гидрант (125 мм); 7 – распределительный трубопровод; 8 – дождевальнй трубопровод; 9 – дождевальнй аппарат; 10 – заглушка

280



1 – насосная станция; 2 – переходник; 3 – магистральный трубопровод;
4 – колодец; 5 – дождевальный трубопровод; 6 – дождевальный аппарат;
7 – зона полива аппаратом; 8 – политая зона

Рисунок 23.2 – Конструктивная и технологическая схема работы сборно-разборной перемещаемой дождевальной установки «КИ-25»

Технические характеристики и технологические параметры передвижных комплектов дождевального оборудования «КИ-50» и «КИ-25» (рекомендуемых для фермерских и крестьянских хозяйств) приведены в таблице 23.1.

Таблица 23.1 – Технические и технологические параметры КИ-50 и КИ-25

Наименование характеристики	Значение показателя			
	по Б. Б. Шумакову		по Б. Г.Штепа	
	КИ-50	КИ-25	КИ-50	КИ-25
Площадь полива за сезон, га	50	25	50	25
Расход поливной воды, л/с	47,2	31,0	47	28
Напор в дождевальном крыле, МПа	0,45	0,40	0,45	0,40
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,28	0,40	0,27	0,32

Технологическая схема полива сельскохозяйственного угодья комплектом дождевального оборудования «КИ-50» предусматривает одновременную работу двумя дождевальными крыльями – по одному на каждом из распределительных трубопроводов и восемью среднеструйными дождевальными аппаратами – «Роса-3». В течение периода полива производится монтаж двух (свободных от работы) дождевальных крыльев с последующим включением их в работу. При схеме расположения дождевальных среднеструйных аппаратов «Роса-3» 36×36 м, одновременно поливаемая двумя дождевальными крыльями площадь составляет $36 \times 144 \times 2 = 10\,400 \text{ м}^2$. При радиусе действия (полива, устанавливаемом по «крайним каплям») каждого дождевального аппарата «Роса-3» равном 23÷40 м (по Б. Б. Шумакову) или

23÷35 м (по Б. Г. Штепа), обеспечивается высокая степень перекрытия ($k_{\text{пер}}=1,5\div2,0$) зон увлажнения, формируемых каждым дождевальным аппаратом, устраиваемым (размещаемым) на дождевальном трубопроводе (крыле).

Продолжительность позиционного полива ($t_{\text{пол/поз}}$, мин) одним дождевальным крылом (с одной позиции) определяется величиной расчётной (подлежащей подаче) поливной нормы ($N_{\text{пол}}$, мм) и значением средней интенсивности искусственного дождя ($\bar{I}_{\text{д/ср}}$, мм/мин) и при отсутствии ограничений по условию безлужевого и бесстокового полива устанавливается по соотношению: $t_{\text{пол/поз}} = N_{\text{пол}} / \bar{I}_{\text{д/ср}}$, мин. При несоблюдении условий: $\bar{I}_{\text{д/ср}} \leq v_{\text{вп.б/н}}$ и $t_{\text{пол/поз}} \leq t_{\text{пол/доп}}$ прибегают к прерывистому режиму дождевого полива (с паузой в поливе от 0,5 до 1,0 ч). По окончании полива площади подкомандной одному распределительному трубопроводу его разбирают и перемещают вместе с дождевальными крыльями на следующую поливную позицию (т. е. к следующему гидранту магистрального трубопровода).

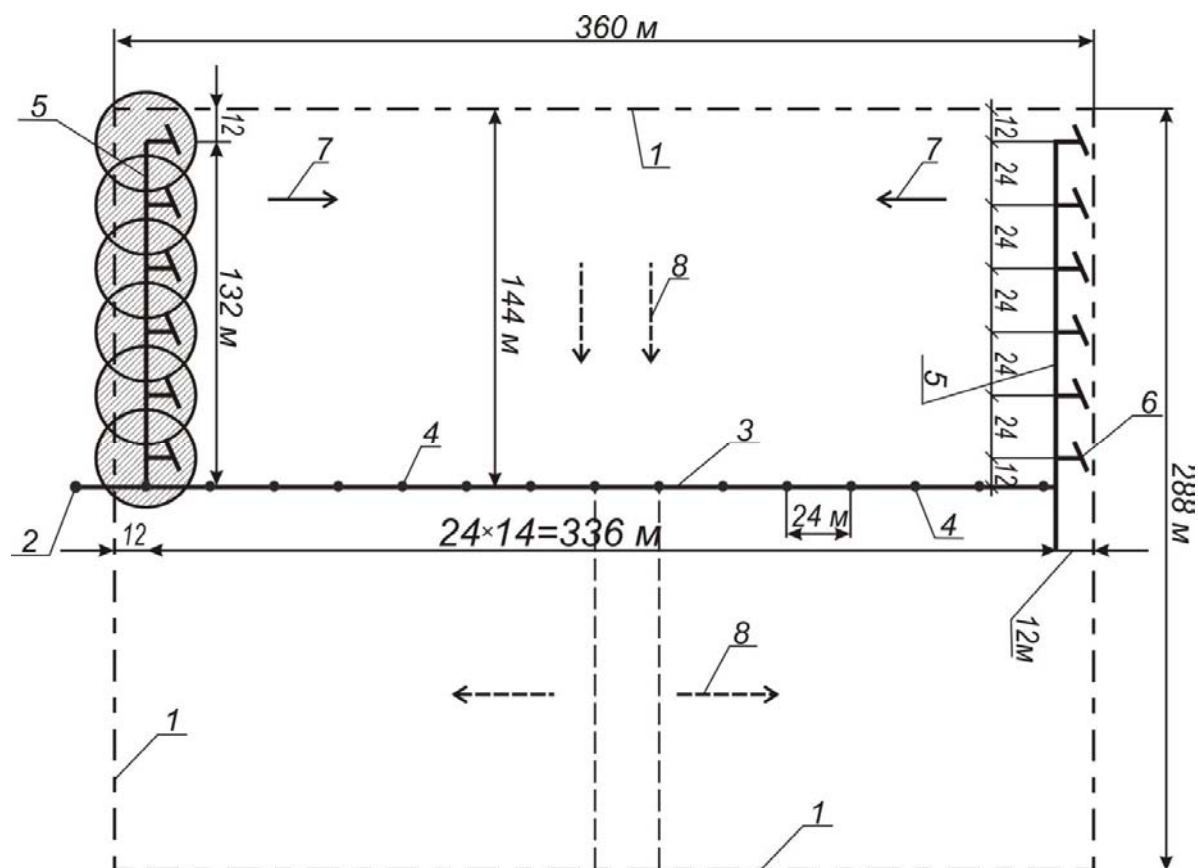
На дождевальной установке «КИ-25» предусмотрен полив одним дождевальным крылом при одновременной сборке второго крыла и последующим их перемещением к очередному гидранту магистрального трубопровода.

Комплект дождевального оборудования «КИ-10» разработан для полива сельскохозяйственных угодий площадью до 10 га с общим уклоном их поверхности, не превышающим 0,02, при местных уклонах рельефа до 0,05.

Комплект дождевального оборудования «КИ-10» (по ВНИИ «Радуга») включает распределительный водоподающий трубопровод и два переносных (сборно-разборных) дождевальных крыла с размещаемыми на них шестью среднеструйными дождевальными аппаратами (рисунок 23.3).

Технические характеристики и технологические параметры ирригационного комплекта («КИ-10») по данным ВНИИ «Радуга»: расход воды – 10,0÷11,0 л/с; напор на входе – до 60 м; площадь орошения – 10,4 га; площадь единовременного полива – 0,345 га; количество одновременно работающих дождевальных аппаратов – шесть; расстояние между соседствующими аппаратами – 24 м; средняя интенсивность дождя – 0,174÷0,191 мм/мин; продолжительность полива с одной позиции при поливной норме равной 300 м³/час составляет 2,9÷2,6 ч; коэффициент эффективного (качества) полива – 0,6. По данным Б. Б. Шумакова: расход воды – 14 л/с; давление на входе 0,4 МПа; средняя интенсивность искусственного дождя – 0,14 мм/мин; коэффициент эффективного полива – 0,65.

Комплект дождевального оборудования «КИ-5» разработан ВНИИ «Радуга» для полива технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на торфяных, песчаных, супесчаных и среднесуглинистых почвах на площади 5 га. Комплект «КИ-5» может осуществлять забор воды от гидрантов напорной оросительной сети или посредством передвижных насосных станций из открытых водных источников.



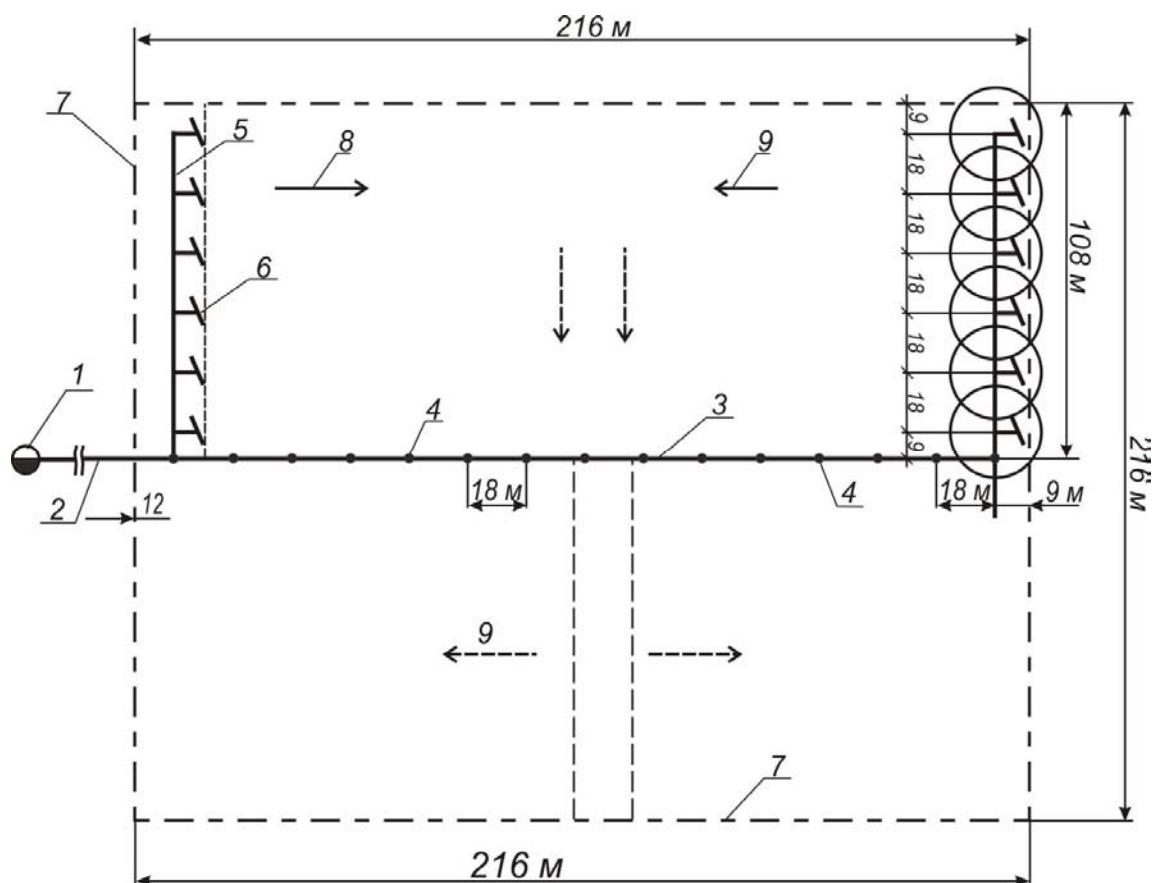
1 – границы участка орошения; 2 – гидрант напорной оросительной сети;
 3 – распределительный трубопровод; 4 – гидрант для подсоединения дождевального
 крыла; 5 – дождевальное крыло; 6 – дождевальный аппарат; 7 – направления перемещения
 дождевальных крыльев при поливе; 8 – направления движения дождевальных крыльев
 при технологическом перемещении на вторую половину участка орошения

Рисунок 23.3 – Схема дождевальной(го) установки (комплекта) «КИ-10»

Комплект КИ-5 состоит из: распределительного трубопровода; двух дождевальных крыльев со среднеструйными дождевальными аппаратами; соединительной и запорно-регулирующей арматуры (рисунки 23.4 и 23.5).



Рисунок 23.4 – Общий вид комплекта дождевального оборудования «КИ-5» (по ВНИИ «Радуга»)



1 – насосная станция; 2 – магистральный трубопровод; 3 – распределительный трубопровод; 4 – гидранты для подключения дождевальных крыльев; 5 – дождевальные крылья; 6 – дождевальные аппараты; 7 – границы орошаемого участка; 8 – направления перемещения дождевальных крыльев при поливе первой половины участка; 9 – направления перемещения и полива второй половины орошаемого участка

Рисунок 23.5 – Конструктивная и технологическая схема работы дождевальной установки «КИ-5» (по ВНИИ «Радуга»)

Технические и технологические характеристики дождевального комплекта «КИ-5»: расход воды – $5 \div 7$ л/с; полный напор – до 52 м; орошаемая площадь – 5,05 га; площадь одновременного полива – 0,195 га; количество одновременно работающих дождевальных аппаратов – шесть; расстояние между аппаратами – 18 м; средняя интенсивность дождя – $0,153 \div 0,213$ мм/мин. Полив каждым (одним) из двух дождевальных крыльев комплектом «КИ-5» осуществляется попеременно с монтажом (сборкой) одного из них.

Для полива высокостебельных и садовых древесных культур в комплектах дождевального оборудования (серии (семейства) КИ) предусмотрены удлиненные стойки (стояки) под дождеобразователи (рисунок 23.6).

Кроме описанных выше систем «КИ» для периодических поливов садов площадью от $5 \div 10$ до $50 \div 60$ га применяют дождевальные (ирригационные) комплекты с переносными (сборно-разборными) трубопроводами, среди которых комплекты Z-50D концерна «Sigma» (Чехия), «Хопалонг» и «Портагрид» фирмы «Wright Rain» (Великобритания), «Иррифранс» (Франция), «Бауэр» (Австрия), Perrot Regnesban EmbH (Германия), «Ocmis irrigation» и «Irriland» (Италия), «Rainmatic Mobile irrigation» (США) и др.



Рисунок 23.6 – Вид дождевальной установки с размещёнными на высоких стояках дождеобразователями «Роса-3» для полива садовых древесных культур (по ВНИИ «Радуга»)

Разработанные во ВНИИ «Радуга» комплекты дождевального оборудования рекомендуются для использования на относительно небольших по площади сельскохозяйственных угодьях (в фермерских и крестьянских хозяйствах) с произрастающими на них высокорентабельными культурами при наличии избытка трудовых ресурсов (в связи с высокой трудоёмкостью полива и большими затратами ручного труда) и когда другие виды более производительных дождевальных машин или установок отсутствуют.

24 МЕЗОПЛОЩАДНЫЕ (СРЕДНЕЗАХВАТНЫЕ) ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Мезоплощадная (среднеплощадная и среднезахватная) дождевальная техника объединяет дождевальные машины и установки, предназначенные для орошения участков площадью от 4 до 20,0 га с шириной захвата искусственным дождём от 20 до 100 м. Примеры по наиболее характерным конструкциям дождевальной техники этого ряда (вида) приведены ниже.

Шлангобарабанный дождеватель (перемещаемый в процессе полива посредством шланга), запитка поливной водой осуществляется из гидрантов трубопроводной сети посредством полиэтиленового шланга длиной 100 м с дождеобразующим аппаратом «Роса 2» [расход – 5÷7 л/с; напор – 50÷70 м; обслуживаемая площадь – до 4 га] (рисунок 24.1).

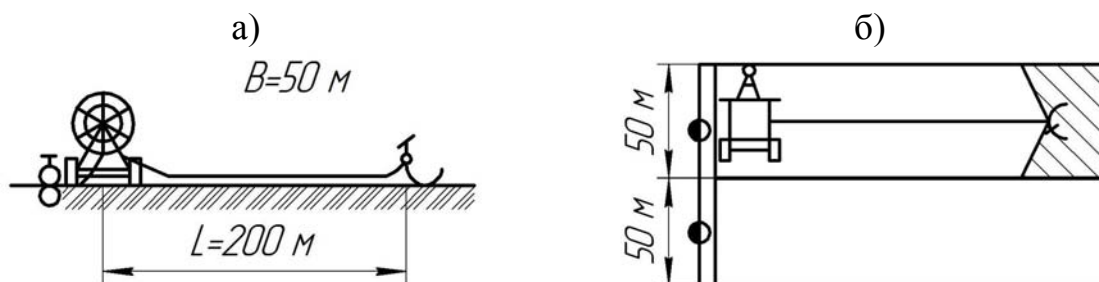


Рисунок 24.1 – Схема (а) и поливной модуль (б) шлангобарабанного дождевателя «Роса-2»

Однопролётная дождевальная машина кругового полива «Карусель» с забором поливной воды из гидрантов напорной трубчатой сети с нижеприведенными техническими характеристиками: расход поливной воды – 20 л/с; напор в водопроводящем трубопроводе – 35 м; сезонно орошаемая площадь – до 17,2 га; площадь полива с одной позиции – 1,72 га при радиусе захвата дождём равном 74 м (рисунок 24.2).

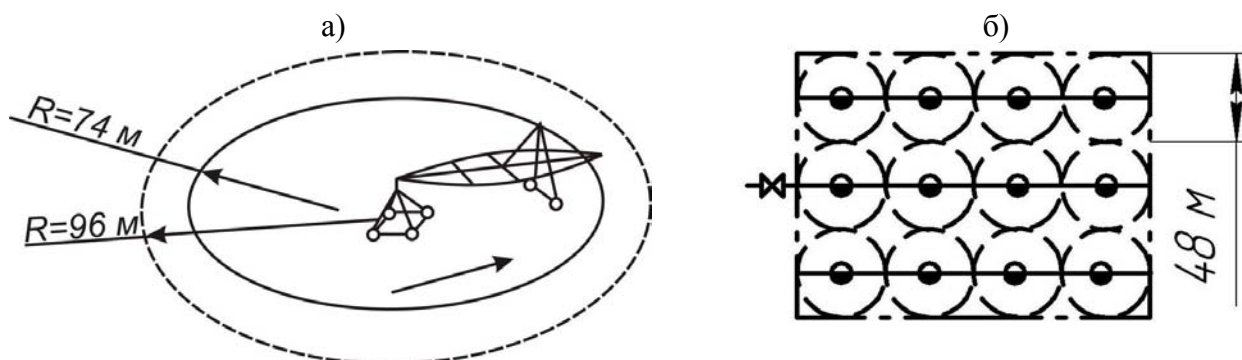


Рисунок 24.2 – Схема (а) и поливной модуль (б) ДМ «Карусель»

Однопролётная электроприводная дождевальная машина кругового действия «Мини-Кубань-К», питающаяся водой от гидранта напорной трубчатой сети, рассчитана на расход поливной воды $q_{д/м} = 7$ л/с при рабочем напоре – 20 м и обеспечивающая за оросительный период (вегетационный сезон) орошение $S = 9$ га сельхозугодий (при площади полива с одной позиции, составляющей 3 га) при радиусе захвата дождём $R_{зах} = 98$ м (рисунок 24.3). Перемещение дождевальной машины с одной поливной позиции на другую (с одного поливного участка на другой) осуществляется трактором с тяговым усилием в 1,5 т. Дождеобразователи дождевальной машины «Мини-Кубань-К» формируют разнокапельный искусственный дождь с диаметром капель в 0,3÷0,5 до 1,0÷1,5 мм.

Однопролётная дождевальная машина ипподромного перемещения (с фронтальным и круговым поливом) с забором воды из гидрантов напорной трубчатой сети посредством гибкого шланга «Коломна» имеет показателями: расход поливной воды – 20 л/с; напор в дождевальном трубопроводе – 35÷40 м; с площадью полива – 14 га.

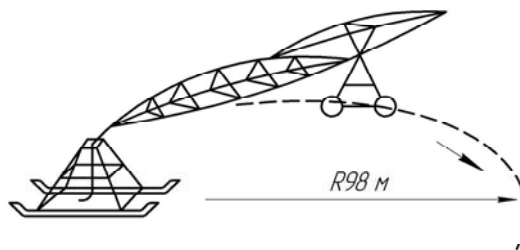


Рисунок 24.3 – Схема среднезахватной «мезоплощадной» электроприводной дождевальной машины кругового действия «Мини-Кубань-К»

Двухконсольная дождевальная машина фронтального полива в движении с забором поливной воды из открытого оросителя (посредством насоса) или гидранта напорной оросительной сети (посредством гибкого шланга) «ДИК-22» имеет следующие технические характеристики: ширина захвата – 100 м; расход – 20 л/с; напор – 32 м; производительность сезонная – до 15 га (рисунок 24.4).

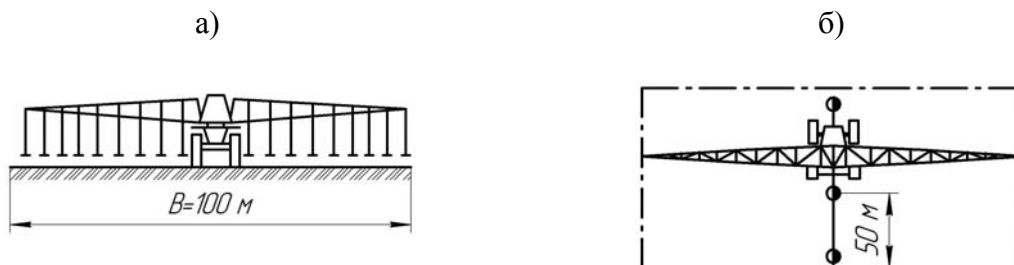


Рисунок 24.4 – Схема (а) и поливной модуль (б) дождевальной машины «ДИК-22»

Электроприводная дождевальная машина фронтального полива (перемещения) «Мини-Кубань-ФШ» с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети посредством водоподающего шланга с сезонной производительностью до 6 га. Двухпролётный водопроводящий (дождевальный) трубопровод опирается на три самоходные тележки и имеет две консоли с тросовой подвеской оборудованный низконапорными короткоструйными дождеобразователями. Дождевальная машина «Мини-Кубань-ФШ» обеспечивается электропитанием от индивидуальной дизель-генераторной электрической установки, размещённой на центральной ходовой тележке.

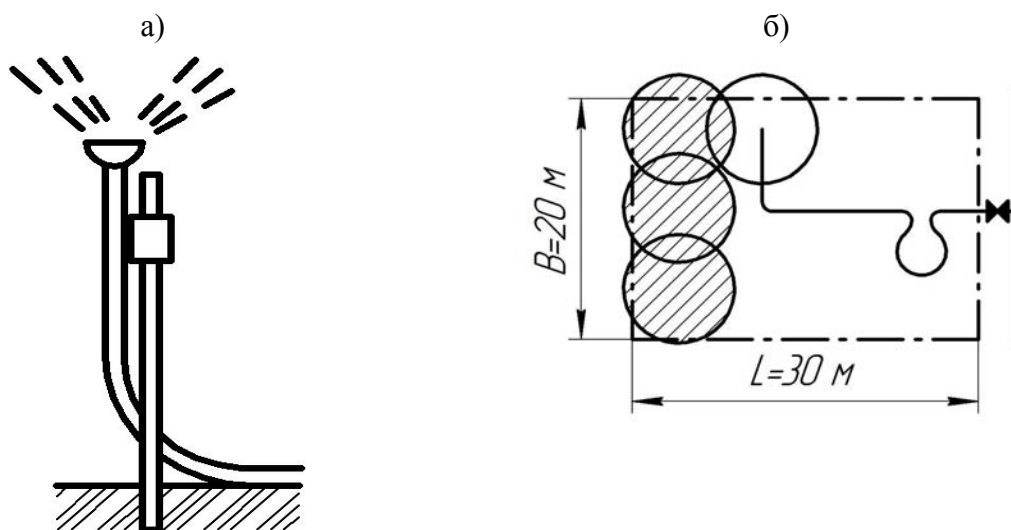
Дождевальная (однопролётная) машина кругового действия «Мини-Фрегат-К» с нижеследующими характеристиками: расход поливной воды – 7 л/с; рабочее давление на входе в машину – 0,4 МПа; минимальная продолжительность одного (полного) оборота – 8 ч; площадь полива с одной поливной позиции – 3 га; длина дождевального крыла – 98 м.

Дождевальная машина фронтального действия МДШ-25/100 «Таврия-1» имеет следующие характеристики: расход дождевальной машины $q_{д/м} = 25$ л/с; ширина захвата дождём $b_{зах} = 100$ м при расстоянии между гидрантами $b_{м/г} = 18$ м; сезонная площадь орошения (сезонная нагрузка) $S_{сез} = 10$ га; давление на гидранте $P_r = 0,45$ МПа.

25 ДОЖДЕВАЛЬНАЯ УЗКОЗАХВАТНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ МИКРОПЛОЩАДНЫХ И СЛОЖНОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ (МИКРОПЛОЩАДНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА)

К узкозахватной дождевальной технике относится комплект ирригационного оборудования – КИ-5, минисистемы шлангобарабанных дождевальных машин (установок), среди которых комплекты шланговых дождевателей (КДШ-1; КДШ-2; КДШ-5; КДШ-10 и КДШ-20; ДШ-10 и ДШ-20; ДШ-90 и ДШ-110), описание которых приведено в разделах 21 и 22. Кроме них для орошения малых по площади (до 1 га) и сложноконтурных сельскохозяйственных угодий на приусадебных, дачных и садово-огородных участках и других орошаемых участков земель разработано значительное количество разнообразных узкозахватных менее 50 м дождевальных устройств, среди которых: шланговые дождеватели «Агрос-32» (с расходом – $0,6 \div 2$ л/с и давлением – $0,4 \div 0,6$ МПа), «Агрос-63» (с рабочим расходом – $5 \div 6$ л/с и давлением – $0,5 \div 0,6$ МПа); шланговый дождеватель ДШ-8 (с расходом воды – $0,4 \div 0,6$ л/с и давлением – $0,15 \div 0,30$ МПа); переносные садово-огородные дождевальные установки «Улитка», «Сегнерово колесо», РВО-8; СК-16 и другие, рассмотренные ниже, дождевальные устройства.

Переставная шланговая дождевальная установка «Радуга» с забором воды из низконапорного трубопровода (или переставной микродождеватель с дождеобразующим устройством на базе дефлекторных или щелевых дождевальных насадок) конструкции ВНИИ «Радуга» (рисунок 25.1).



а – общий вид дождевателя; б – схема поливного модуля

Рисунок 25.1 – Садово-огородная установка «Радуга»

Установка «Радуга» характеризуется нижеприведенными показателями: гибкий полиэтиленовый водоподающий шланг протяженностью 20 м; расход установки (дождевателя) – 0,25 л/с; напор (давление) в дождевателе – $4 \div 10$ м; сезонная площадь полива – 0,06 га; площадь полива с одной пози-

ции установки – 0,01 га; масса установки – 5 кг; ширина поливного участка $B = 20$ м и его длина $L = 30$ м.

Садово-огородный шланговый микрождеватель «СОМ-1,3» с расходом поливной воды – 1,24 л/с при напоре – 15 м, рассчитанный на сезонный полив участка в 0,12 га при площади полива с одной позиции – 0,04 га, имеющий массу 32 кг, обеспечивает сезонный полив участка шириной 30 м и длиной 40 м (рисунок 25.2).

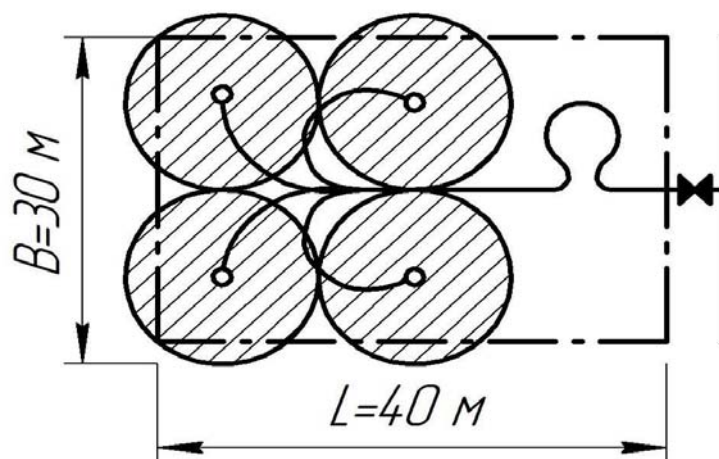


Рисунок 25.2 – Схема полива переносным шланговым садово-огородным микрождевателем «СОМ-1,3»

Среднеструйная дождевальная шланговая установка с забором поливной воды из трубопроводной сети «Росинка» с длиной водоподводящего полиэтиленового трубопровода равной 72 м, характеризуемая нижеследующими параметрами: расход воды – 0,18 л/с; напор в дождевальном аппарате – 15 м; поливаемая площадь – 0,06 га при ширине участка $B_{\text{уч}} = 20$ м и длине $L_{\text{уч}} = 30$ м; масса установки – 100 кг. Схема установки и её модуль проиллюстрированы рисунком 25.3.

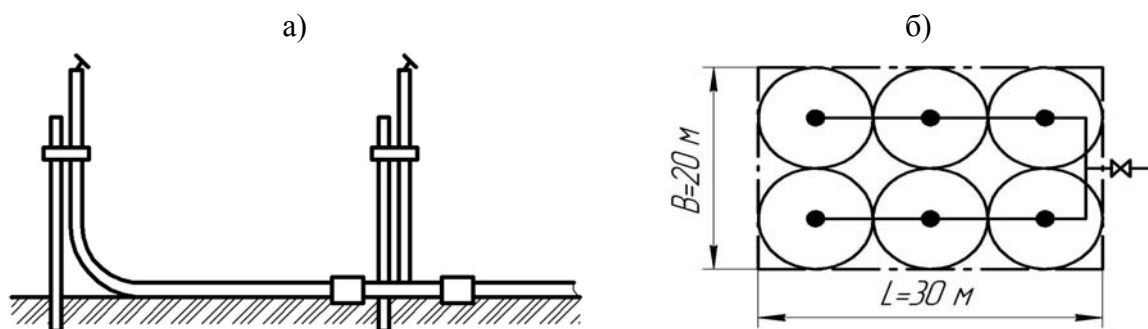


Рисунок 25.3 – Вид дождевальной установки «Росинка» (а) и её поливной модуль (б)

Переставной шланговый дождеватель (переставная дождевальная установка) «Кооператор» позиционного действия с забором поливной воды из напорного трубчатого водовода, оборудованный(ая) дождеобразующим устройством «сегнерово колесо», рассчитанный(ая) на: расход поливной воды

$q = 0,6$ л/с при напоре в сети $H = 10$ м, обеспечивающий сезонный полив участка площадью в 0,06 га (при поливе с одной позиции – 0,03 га); масса дождевателя – 40 кг. Дождеватель обеспечивает однопозиционный полив участка шириной 15 м и длиной 20 м (рисунок 25.4).

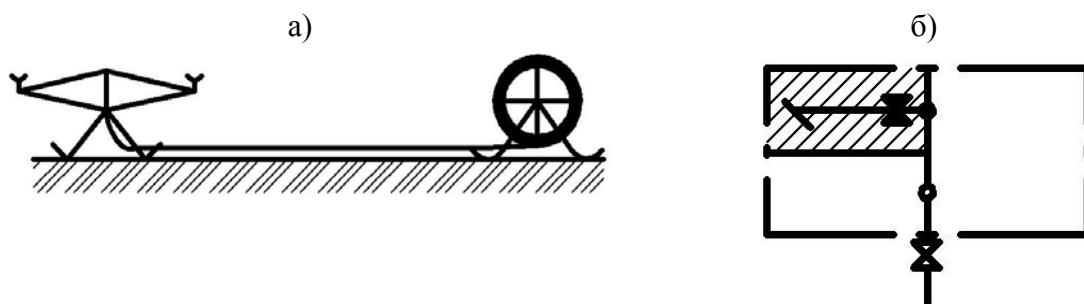


Рисунок 25.4 – Схема (а) и поливной модуль (б) дождевальной установки «Кооператор»

Шланговый, поливающий в движении (гидроприводной), дождеватель с забором поливной воды из трубопровода или из ёмкости посредством («бытового») насоса, оборудованный дождеобразующим устройством типа «сегнерово колесо» с показателями: расход поливной воды – 0,5 л/с; рабочий напор – 15÷20 м; поливаемая площадь – 0,36 га; масса дождевателя – 25 кг. Садово-огородный дождеватель обеспечивает однопозиционный полив участка шириной 26 м и длиной 70 м (рисунок 25.5).

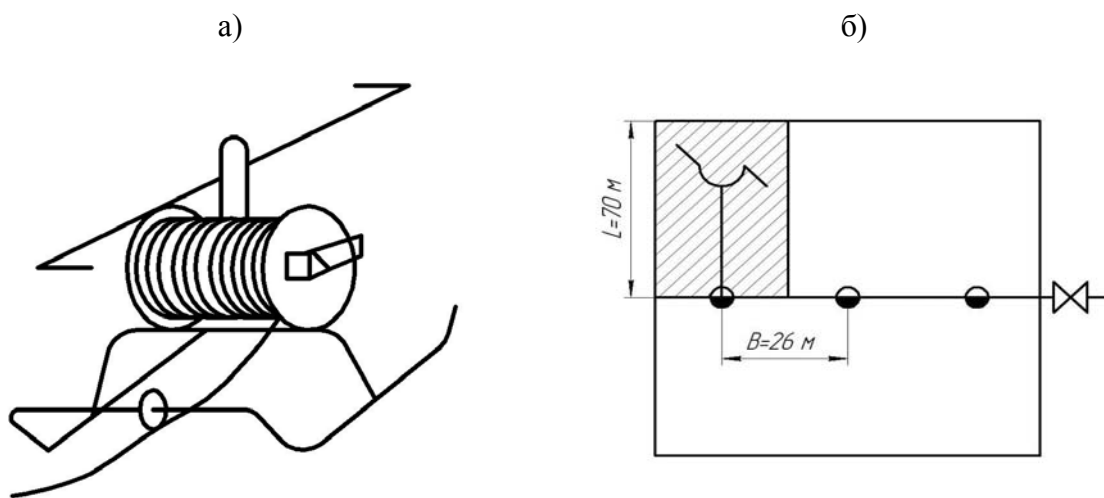


Рисунок 25.5 – Схема (а) и поливной модуль (б) гидроприводного микродождевателя с поливным крылом в виде «сегнерова колеса»

Работающий(ая) в движении шланговый импульсный(ая) дождеватель (дождевальная установка) с забором воды из трубопровода посредством полиэтиленового шланга «ДШИ-3» (дождеобразователь «Роса-2»), имеющий нижеприведенные технические характеристики: расход поливной воды – 0,05 л/с; напор – 25 м; поливаемая площадь – 0,08 га; масса установки (дождевателя) – 20 кг (рисунок 25.6).

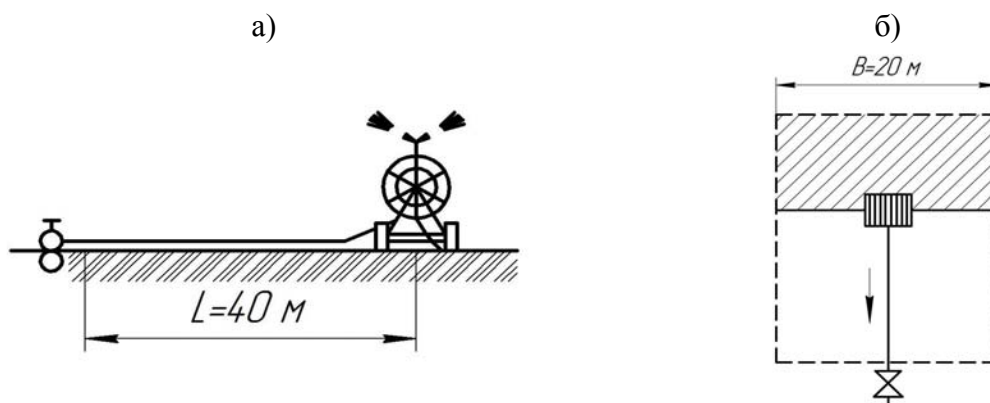


Рисунок 25.6 – Схема (а) и поливной модуль (б) садово-огородного шлангобарабанного дождевателя ДШИ-3

Поливающий в движении шланго-барабанный дождеватель «КДП-1», питающийся водой из напорного трубопровода (с напором 30 м), расходом в 1 л/с, используемый для орошения участка площадью до 1 га, имеющий массу 30 кг. Дождеватель обеспечивает единовременный полив участка шириной до 50 и длиной до 200 м (рисунок 25.7).



Рисунок 25.7 – Схема (а) и поливной модуль (б) шлангобарабанного дождевателя КДП-1

Дождевальные оросительные сети под рассмотренные выше дождевальные устройства предусматривают забор поливной воды из низконапорных водоводов с широким диапазоном значений рабочего давления в них, что предусматривает наличие и использование насосов различной (соответствующей дождевальному средству) производительности.

Оросительная сеть может устраиваться как стационарной, так и переносной с использованием труб и (или) шлангов. Забор воды может осуществляться из обособленных водных объектов, бассейнов-накопителей дождевого и (или) талого стока, систем технического водоснабжения и других источников орошения.

26 ТЕПЛИЧНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Одним из способов орошения культур (растений), выращиваемых в теплицах («закрытом грунте»), является дождевание, реализуемое различными дождевальными средствами, отдельные из которых рассмотрены ниже.

Комплект импульсного дождевания (блок-модульная система медленного дождевания) в плёночных теплицах на базе короткоструйных дождевальных насадок, размещаемых на полиэтиленовых водоводах, забирающих воду (питающихся водой) из низконапорной трубчатой сети. Комплект рассчитан на расход поливной воды равный 0,1 л/с при напоре 20 м и обеспечивает полив 0,1 га теплицы при массе комплекта импульсного дождевания 6,5 кг. Предназначен(а) для полива преимущественно зелёных тепличных культур. Схема импульсного дождевателя и оросительной сети, устраиваемой внутри ангарной теплицы, приведена на рисунке 26.1.

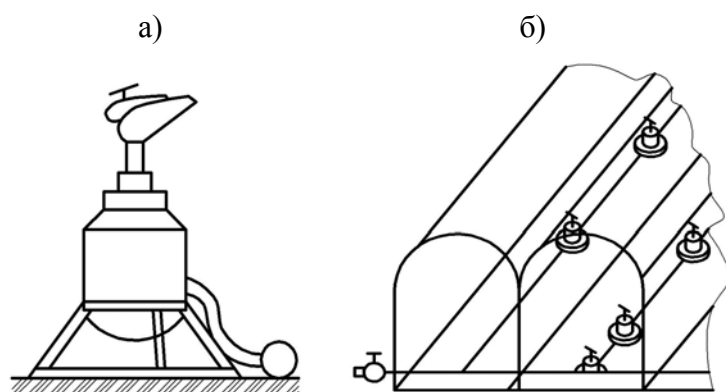


Рисунок 26.1 – Вид импульсного дождевателя (а) и поливного модуля (б) для дождевого полива культивируемых растений в плёночных теплицах

Блок-модульная система дождевого полива плёночных теплиц на базе малорасходных узкозахватных дождевальных (дождеобразующих) аппаратов с показателями: расход поливной воды – 0,1 л/с при напоре 20 м; максимальная сезонно орошаемая площадь – 0,1 га; масса блок-модуля – 30 кг. Схема «блок-модуля» приведена на рисунке 26.2.

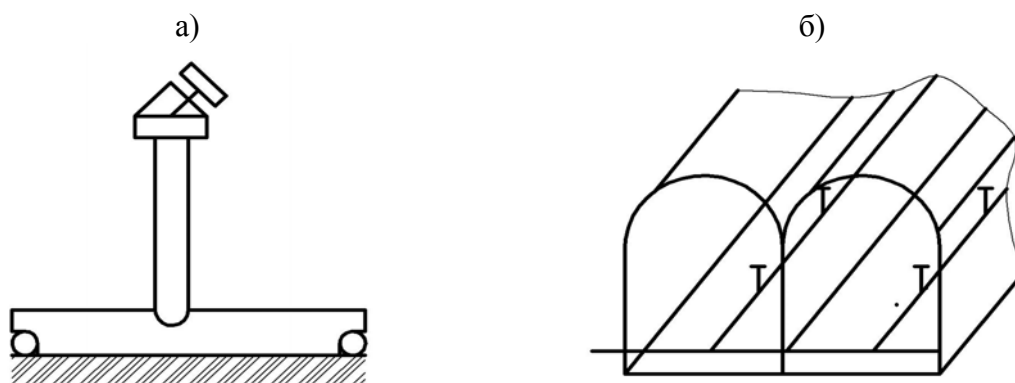


Рисунок 26.2 – Виды микродождевателя (а) и тепличного поливного модуля (б)

Комплект импульсного микродождевания КИМД-0,1 конструкции ВНИИ «Радуга», предназначенный для полива тепличных зелёных культур на площади до 0,1 га, включает: узел водоподачи, гидроаккумуляторы с распределительной арматурой и поливную сеть (рисунок 26.3).

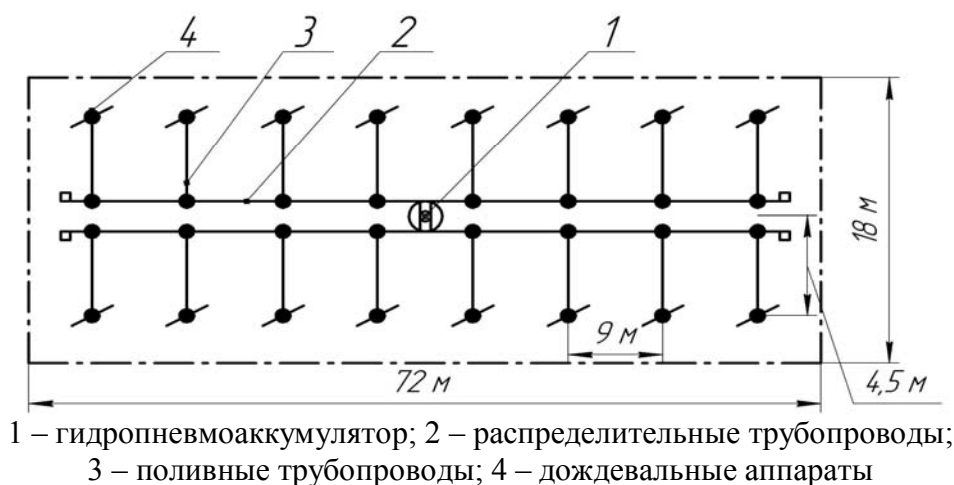


Рисунок 26.3 – Монтажная схема КИМД-0,1

Комплект микродождевания теплиц разработан в двух модификациях: для ангарных теплиц с размерами 14×72 м – КИМД-0,1А и для блочной теплицы с размерами 6,4×75 м – КИМД-0,1Б. Гидроаккумулятор рассчитан на давление в сети – 0,15 МПа, конструкция которого предусматривает возможность работы в непрерывном и импульсном режимах.

Во ВНИИ «Радуга» разработан комплект локально-импульсного полива КЛИП, предназначенный для полива сельскохозяйственных культур, выращиваемых в теплицах и парниках на площади до 36 м². Комплект оборудования КЛИП характеризуется нижеприведенными показателями: напор – 1,3 м; расход поливной воды – 2÷60 л/ч; масса оборудования – 2 кг.

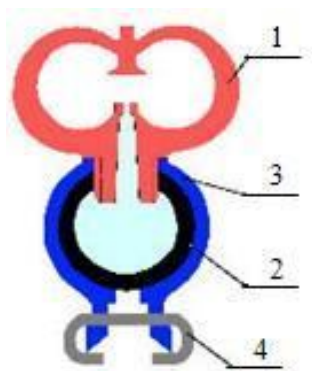
Известны системы дождевания теплиц – СДТ завода-изготовителя «Факел», состоящие из оросительной трубопроводной сети (распределительных из дождевательных (поливных) трубопроводов) и закреплённых на дождевательных трубопроводах микродождевателей с шагом в 1,0÷1,5 м.

Микродождеобразователи для тепличных установок Р-образной и Ф-образной формы выпускаются с диаметрами сопел равными 1,5; 1,8 и 2,0 мм, рассчитанные на работу при номинальном давлении в поливном трубопроводе, составляющем 1,8÷1,5 кг/см², обеспечивают радиус захвата дождём от 1,4 до 1,8 м и подачу поливной воды в 100 ± 5 л/час (рисунок 26.4).



Рисунок 26.4 – Виды микродождевателей Р-образной (а) и Ф-образной формы (б)

Узлы соединения микродождеобразователей 1 с поливным полиэтиленовым трубопроводом по рисунку 26.5 состоят из одеваемых на трубопровод 2 бандажей 3, стягиваемых скобами 4. Технология установки дождеобразователей предусматривает жёсткое закрепление банджа на трубопроводе и сверление отверстия в бандаже и трубе с последующей нарезкой конусной резьбы и вворачиванием в резьбовое отверстие дождевателя.



- 1 – Ф-образный микрождеобразователь;
2 – поливный полиэтиленовый трубопровод;
3 – бандаж; 4 – стягивающие бандаж скобы

Рисунок 26.5 – Схема узла бандажного соединения микрождевателя Ф-образной формы с поливным полиэтиленовым трубопроводом

Газонно-цветниковые дождеватели. Для полива газонов и цветников разработан широкий спектр конструктивных решений одно- и многоструйных дождевателей, примеры которых приведены на рисунках 26.6 и 26.7.

а)



б)



в)



Рисунок 26.6 – Виды многоструйного стационарного (а), многоструйного вращающегося (б) и многоструйного осциллирующего переносного дождевателя (в) для полива малых сложноконтурных участков (газонов, цветников, садовых и дачных участков)



Рисунок 26.7 – Вид части системы одноструйных дождевателей для полива сложноконтурных участков (с высокой степенью взаимного перекрытия струй)

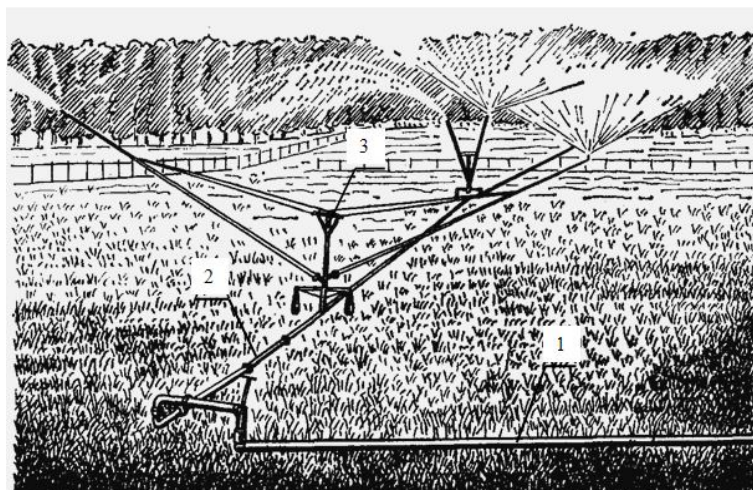
27 УСТАНОВКА «ДОЖДЕВАЛЬНЫЙ ШЛЕЙФ»

Используемые названия: «Дождевальный шлейф ДШ-25/300», «Дождевальное крыло ДШ-25/300», «Дождевальный трубопровод – шлейф ДШ-25/300», «Трубопровод-шлейф», «Шлейф ДШ-25/300», «ШД-25/300» и др.

Условия применения. «Дождевальный шлейф ДШ-25/300» разрабатывался и предназначался для позиционного полива пастбищ, сенокосов и плодовых насаждений культивируемых на сельскохозяйственных угодьях с равнинной поверхностью почвенного покрова ленточной(го) формы (очертания) шириной в 60 м и протяжённостью (длиной) в 1000 м и более при поперечном уклоне $i_{\text{п}} \leq 0,07$ и продольным уклоном (по направлению (гона) перемещения дождевального трубопровода) $i_{\text{п/пр}} \leq 0,05$.

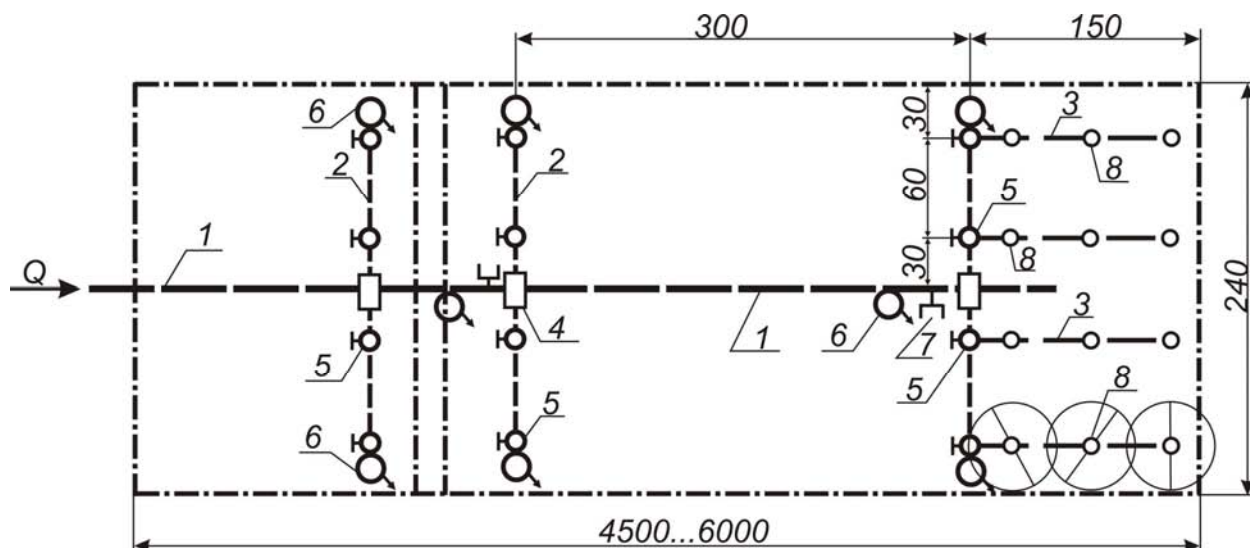
Конструктивное решение. Конструктивно «Дождевальный шлейф ДШ-25/300» представляет собой располагаемый и периодически перемещаемый по поверхности земли дождевальным трубопровод протяжённостью (длиной) 150 м, опирающийся на колёсные или лыжные опоры. По длине трубопровода (через каждые 50 м) размещены (установлены) три дождевателя КД-10 «Тимирязевец». Общий вид, план и продольный разрез по «Дождевальному шлейфу ДШ-25/300» приведен на рисунках 27.1–27.3.

Торцевая часть дождевального трубопровода оборудована устройством (трубчатым шарнирным хоботом с запорно-регулирующим устройством) для его подсоединения к гидранту напорного распределительного трубопровода. Опорная часть этого трубопровода выполнена в виде колёсной пары или лыж, улучшающих условия для его тягового (буксируемого) перемещения в направлении продольной оси трубопровода с одной позиции на другую.



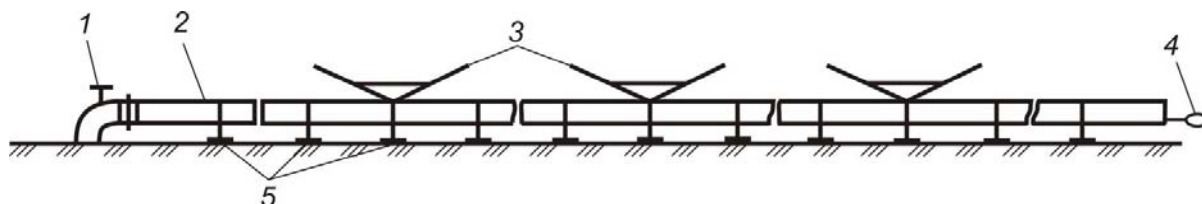
- 1 – напорный водоподводящий трубопровод оросительной сети;
2 – дождевальный трубопровод; 3 – карусельный дождевальный аппарат (карусельное дождеобразующее устройство)

Рисунок 27.1 – Общий вид «Дождевального шлейфа ДШ-25/300»



- 1 – водоподающий магистральный трубопровод; 2 – распределительный трубопровод;
3 – дождевальный трубопровод; 4 – распределительный колодец; 5 – гидрант;
6 – вентуз; 7 – защитный клапан; 8 – карусельный дождеватель

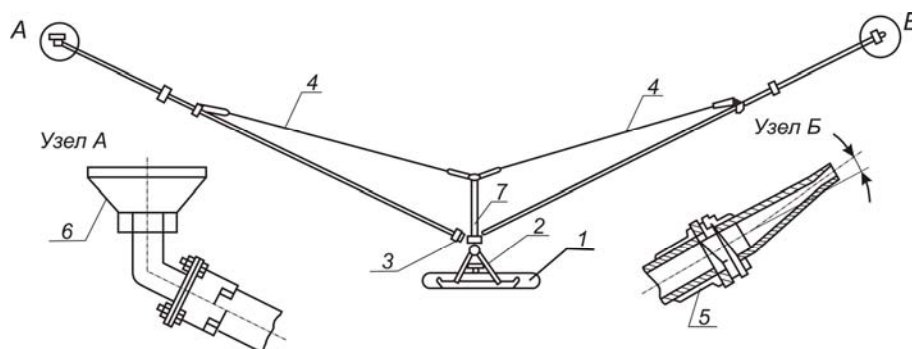
Рисунок 27.2 – План-схема поливного модуля (участка) «Дождевального шлейфа ДШ-25/300»



- 1 – гидрант напорной оросительной сети; 2 – дождевальный трубопровод;
3 – карусельный дождеватель; 4 – прицепное устройство для тягового перемещения дождевального шлейфа; 5 – опорные элементы дождевального трубопровода

Рисунок 27.3 – Продольный разрез по дождевальному трубопроводу «Дождевального шлейфа ДШ-25/300»

На дождевальном трубопроводе на стойке-патрубке размещено три дождевателя (дождевальные устройства) КД-10 «Тимирязевец». При этом крайние дождеватели располагаются на расстоянии 25 м от торцов дождевального трубопровода, а средний дождеватель – на расстоянии 50 м от соседствующих. Схема дождеобразователя приведена на рисунке 27.4.



1 – дождевальный трубопровод; 2 – узел физического и гидравлического сопряжения дождевателя и трубопровода; 3 – узел деления воды между трубопроводами (стволами) дефлекторной и струйной насадок; 4 – растяжки; 5 – среднеструйная насадка; 6 – короткоструйная насадка; 7 – стойка-кронштейн

Рисунок 27.4 – Конструктивная схема карусельного дождевателя КД-10 «Тимирязевец»

Дождеватель «Тимирязевец» имеет два трубчатых водоподающих ствола, один из которых оканчивается короткоструйной дождевальной насадкой, а на конце другого устроено среднеструйное сопло со сменным наконечником. Выброс дождевых струй из карусельного дождевателя осуществляется в процессе его полнокругового (полноповоротного) вращения. При этом короткоструйная дефлекторная насадка обеспечивает полив близрасположенной к дождевателю площади зоны увлажнения, а среднеструйная насадка поливает более удалённую часть увлажняемой зоны и за счёт реактивного усилия водных струй обеспечивает вращение карусельного дождеобразователя.

При давлении в напорном трубопроводе дождевального шлейфа ДШ-25/300 равном $0,45 \div 0,55$ МПа короткоструйная дождевальная насадка с диаметром сопла 9 мм «выдаёт» расход в $1,4 \div 1,6$ л/с, а струйная насадка с диаметрами главного сопла в 15, 18 и 22 мм выдаёт расход поливной воды, составляющий 4,9; 6,9 и 10,1 л/с. При этом общий расход дождеобразователя (по Б. Г. Штепа) составляет $6,1 \div 6,7$; $8,0 \div 8,7$ и $11,1 \div 12,3$ л/с.

Технические характеристики и технологические параметры дождевального шлейфа ДШ-25/300: расход воды $26 \div 30$ л/с при рабочем давлении равном 0,5 МПа; средняя интенсивность искусственного дождя (по разным информационным источникам) составляет $0,126 \div 0,168$ мм/мин; средняя сезонная нагрузка (производительность по площади полива) – 25 га; расстояние между двумя соседствующими оросительными трубопроводами – 300 м, а расстояние между соседствующими гидрантами на водоводе или ширина полосы полива – 60 м; длина полосы увлажнения – 150 м; площадь полива с одной позиции – 0,9 га ($150 \text{ м} \times 60 \text{ м} = 9000 \text{ м}^2$); один дождевальный шлейф об-

служивает за сезон полосу сельскохозяйственного угодья шириной в 60 м и протяжённостью в 1÷2 км и более.

Известны и другие конструктивные решения дождевальных шлейфов, среди которых высокостоечный дождевальный шлейф для полива садовых насаждений с дальнеструйным дождеобразователем ДД-30 (рисунок 27.5).



Рисунок 27.5 – Вид дождевального шлейфа с дождеобразователями ДД-30 (по ВНИИ «Радуга»)

На перемещаемом трубопроводе этого шлейфа предусматривается установка трёх односопловых дождевальных аппаратов с радиусом охвата искусственным дождём от 50 до 70 м (по крайним каплям) и расходом поливной воды $q_{д/а} = 15 \div 30$ л/с при давлении в сети равном 0,5÷0,7 МПа.

Технология полива сельскохозяйственных дождевальными шлейфами заключается в последовательном выполнении ряда нижеследующих операций.

1 Установка дождевального шлейфа на поливной позиции и подсоединение его поливного трубопровода к гидранту напорной оросительной сети.

2 Осуществление дождевого полива продолжительностью, соответствующей выдаче расчётной поливной нормы при определённом расходе воды, подаваемой на три дождеобразователя. Продолжительность полива (при соблюдении условия по интенсивности искусственного дождя $\bar{I}_{д/ср} < I_{д/доп}$) определяется по соотношению: $t_{пол} = N_{пол} \cdot S_{поз} / 600 q_{д/ш}$, где $N_{пол}$ – поливная норма, м³/га; $S_{поз}$ – площадь полива дождевальным шлейфом с одной позиции, га; $q_{д/ш}$ – расход дождевального шлейфа, л/с.

3 Перемещение дождевального шлейфа с использованием тягового усилия трактора на последующую поливную позицию сельхозугодья (поля).

Дождевальные шлейфы в настоящее время практически не применяются по причинам их низкой производительности и значительного объёма непроизводительных трудозатрат. При этом отметим перспективность использования в одном дождевателе короткоструйной и среднеструйной насадки и возможности для дальнейшего совершенствования дождевальных шлейфов при применении в качестве водоводов гибких водоподающих шлангов.

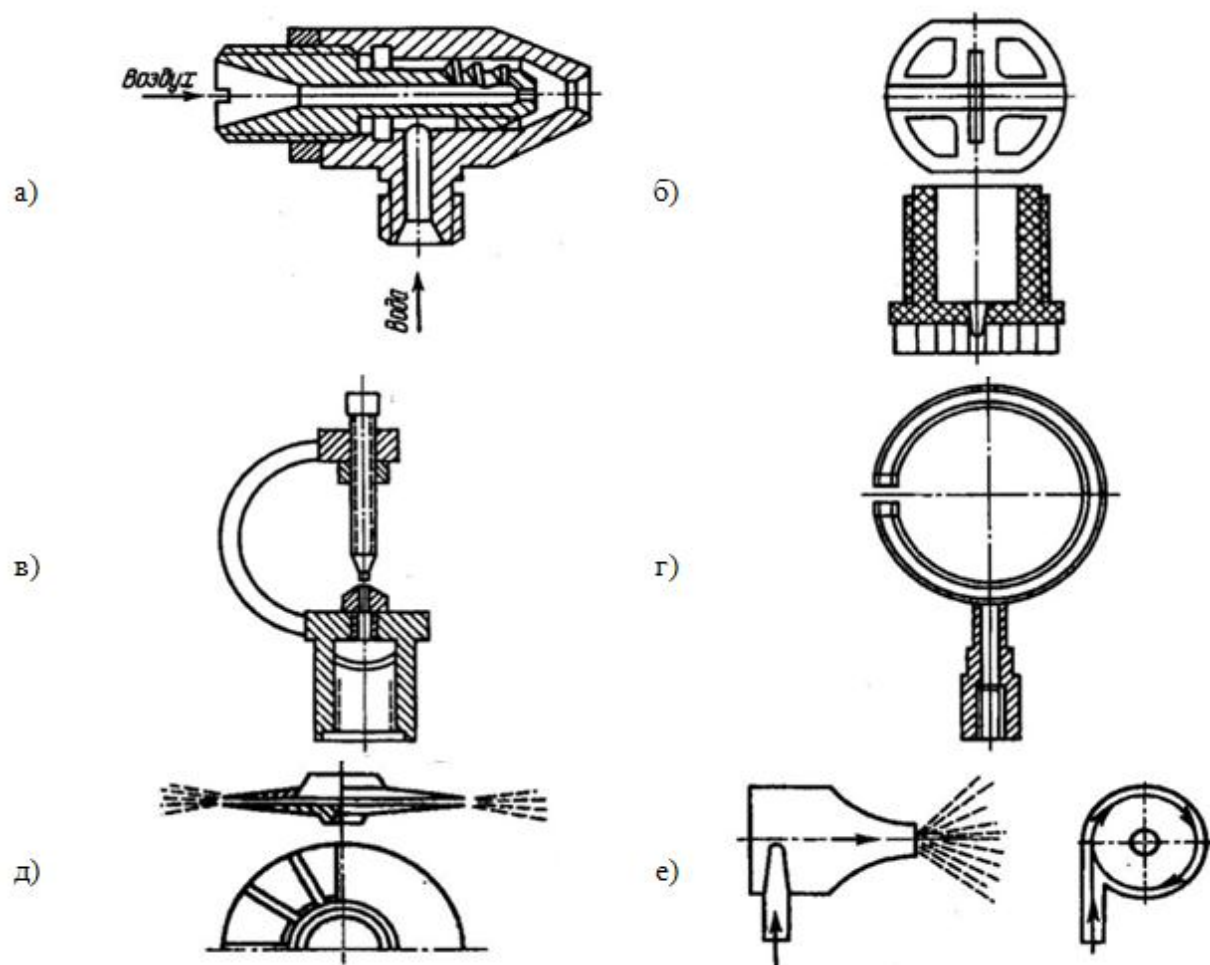
28 УСТРОЙСТВА ТУМАНОВОГО ОРОШЕНИЯ (МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ИЛИ АЭРОЗОЛЬНОГО ДОЖДЕВАНИЯ)

Тумановое орошение («Аэрозольное увлажнение», «Мелкодисперсное дождевание») – вид надземного орошения с выпуском поливной воды из туманообразователей (диспергаторов, распылителей, аэрозольных генераторов – аэрозолегенераторов, аэрозольных дождевателей – туманообразователей) над поверхностью земли в виде мельчайших капель, формирующих искусственный туман. **Комментарий.** Тумановое орошение целесообразно применять на сельскохозяйственных угодьях со сложным («склоновым») и (или) расчленённым рельефом (большими уклонами поверхности земли) при остром дефиците водных ресурсов и высокой сухости (аридности) климата с проявлениями засух и суховеев. **Применяется** для искусственного увлажнения приземного воздушного пространства, листовой поверхности растений и поверхности земли на сельхозугодьях (в садах, виноградниках, ягодниках, чайных и цитрусовых плантациях, при выращивании особо ценных пищевых, зеленных и лекарственных растений). **Позволяет** снизить интенсивность негативных воздействий засух, суховеев и заморозков. **Используется** в качестве дополнительного средства искусственного увлажнения (орошения) сельскохозяйственных угодий, но в отдельные периоды может самостоятельно регулировать водно-воздушный режим на орошаемом участке. **Реализуется** в сочетании с поверхностным внесением подкормок (макро- и микроэлементов или растворённых удобрений), гербицидов, стимуляторов роста и других агрохимических препаратов и с другими технологиями (способами) орошения.

Мелкодисперсное дождевание («тумановое орошение» или «аэрозольное увлажнение») обеспечивает регулирование микроклимата в приземном слое воздуха (его влажности и температуры) и увлажнение листовой поверхности растений в периоды засух, суховеев и весенних заморозков. Для его реализации используются дисперсные распылители поливной воды («диспергаторы»), образующие капли диаметром менее $0,5 \div 0,6$ мм, и туманообразующие установки («туманообразователи» или «аэрозолегенераторы»), формирующие облако мелкораспылённой в приземном слое воздуха водяной пыли с диаметром микрокапель от $100 \div 150$ до $300 \div 500$ мкм.

При таком(ой) уровне (степени) диспергации (распыления или дробления) поливной воды водные микрокапли хорошо удерживаются на листовой поверхности растений, увлажняя и снижая её температуру. Наибольший эффект от мелкодисперсного (аэрозольного) дождевания (увлажнения) достигается при частом (с периодом в $1 \div 2$ часа в термически напряжённый период суток) или непрерывном увлажнении орошаемого сельскохозяйственного угодья соответствующими природно-климатическим и фенологическим условиям поливными нормами (величиной, обычно не превышающей $1 \text{ м}^3/\text{га}$).

Диспергирование («распыление») поливной воды осуществляется форсунками гидродинамического, гидромеханического или пневмогидродинамического действия, примеры их конструкций приведены на рисунке 28.1.



а – пневматический распылитель ОП-1; б – ороситель ПФП-180;
 в – распылитель с регулируемым дефлектором; г – распылитель
 гидродинамический (соударяющихся струй) АФИ; д – дисковый
 вращающийся распылитель; е – центральная форсунка с вихревой камерой

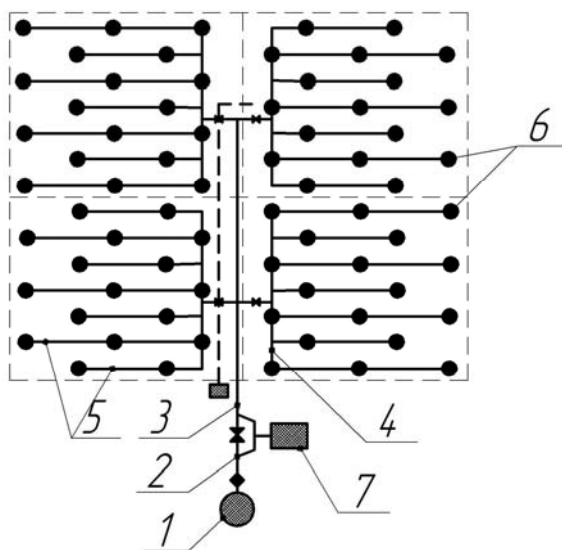
**Рисунок 28.1 – Форсунки диспергирования поливной воды
 для мелкодисперсного (аэрозольного) дождевания (по Б. Б. Шумакову)**

Тумановое орошение (увлажнение) сельскохозяйственных угодий (растений) реализуется устройством на участке орошения систем туманового («аэрозольного» или «мелкодисперсного» дождевания) орошения, основным рабочим элементом которого являются мелкодисперсные (аэрозольные) дождеватели (диспергаторы, аэрозолегенераторы) – «туманообразователи».

Среди известных систем мелкодисперсного дождевания или «аэрозольного увлажнения» сельскохозяйственных растений широко используется стационарная установка (комплект) мелкодисперсного дождевания (аэрозольного или туманового орошения) – КАУ-1 конструкции ВНИИ «Радуга».

Комплект аэрозольного увлажнения (аэрозольного орошения или мелкодисперсного дождевания) КАУ-1 относят к стационарно-сезонным системам дождевания (дождевого или туманового орошения), а, собственно, установку – к дождевателям позиционного действия. Комплект оборудования КАУ-1 включает: трубопроводную сеть, состоящую из распределительных (водоподводящих) и дождевательных напорных водоводов; дождевателей

(дождевальных или туманообразующих установок); блока управления поливом. Схема комплекта (системы) туманового орошения в составе сети напорных трубопроводов и системы диспергаторов приведена на рисунке 28.2.



- 1 – насос; 2 – водоподводящий трубопровод; 3 – магистральный водовод;
 4 – распределительные трубопроводы; 5 – оросительные водоводы;
 6 – туманообразователи (диспергаторы, аэрозолегенераторы);
 7 – блок управления поливом

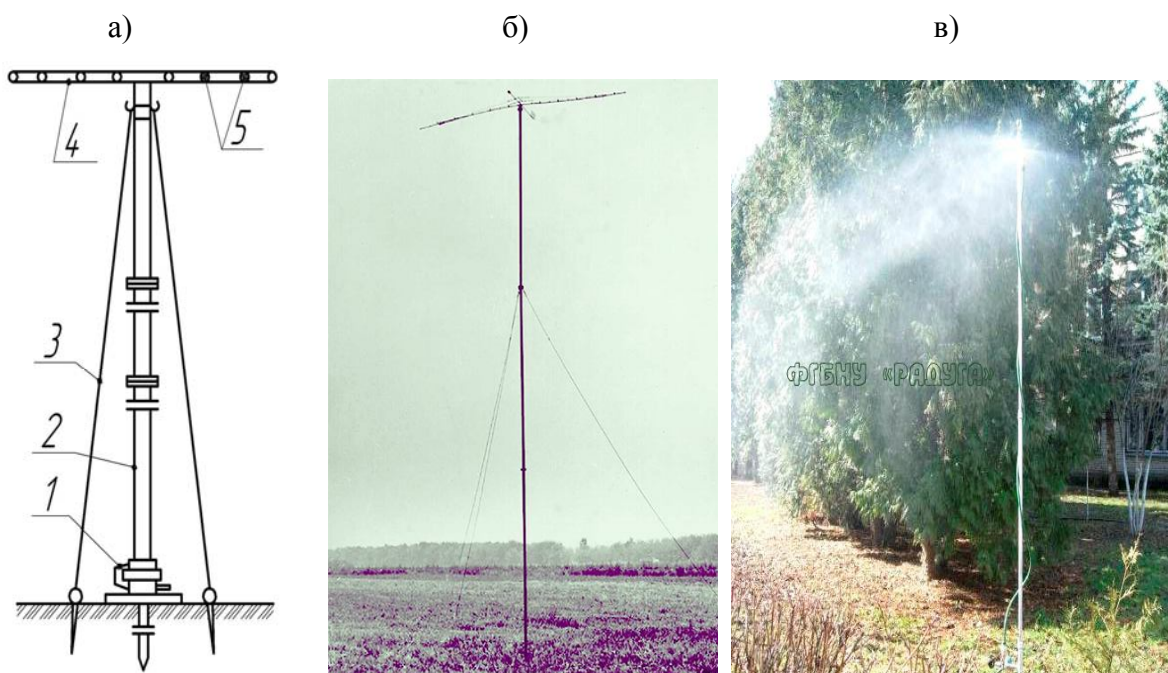
Рисунок 28.2 – Схема комплекта оборудования для аэрозольного (мелкодисперсного) дождевания

Технические характеристики и технологические параметры комплекта КАУ-1М: рабочее давление менее 0,6 МПа; расход поливной воды – до 3,2 л/с; площадь увлажнения – 1 га; число туманообразователей на 1 га – до 36 ед.; расстояние между туманообразователями – 17 м при высоте мачты равной 5 м; регулируемая продолжительность полива – до 40 мин; масса комплекта – 740 кг при массе туманообразователя менее 15 кг.

Основным рабочим элементом комплекта является туманообразующая установка, схема и общие виды которой приведены на рисунке 28.3.

Конструкция установки туманового дождевания включает стойку (мачту) высотой до 9÷12 м и закреплённую на ней вращающуюся штангу с системой форсунок-диспергаторов, обеспечивающих при скорости ветра в 3÷6 м/с среднюю интенсивность аэрозольного дождя на уровне 0,001 мм/мин на расстоянии 18÷19 м по радиусу. Установка и диспергаторы функционируют при давлении в рабочем органе 0,3÷0,4 МПа (на входе в стояк – 0,45÷0,50 МПа) и расходе воды от 0,08÷0,11 до 3,6 л/с и обеспечивают образование дождевых капель средним диаметром 0,4 мм.

В процессе испытаний комплекта аэрозольного орошения КАУ-1 зафиксировано: снижение температуры воздуха с 30 °С до 24,4 °С (на 8,6 °С); увеличение относительной влажности воздуха с 35,8 % до 56,2 % (на 20,4 %); снижение температуры листовой поверхности яблони с 30 °С до 26,9 °С (на 3,1 °С) при отсутствии избытка влаги на листьях яблоневых растений.



1 – основание стойки; 2 – стойка дождевателя; 3 – растяжка; 4 – штанга; 5 – форсунки

Рисунок 28.3 – Конструктивная схема (а) и общие виды (б, в) и установки мелкодисперсного дождевания ВНИИ «Радуга»

При аэрозольном увлажнении для повышения влажности воздуха на 16 % минимальная поливная норма должна превышать $0,15 \div 0,20 \text{ м}^3/\text{га}$, а средняя её величина составляет $0,6 \div 1,2 \text{ м}^3/\text{га}$ при часовом цикле полива.

В передвижных устройствах аэрозольного (туманового) увлажнения применяют жидкотранспортирующие ёмкости в комплекте с отработавшими «полётный» ресурс авиадвигателями. При работе газовой турбины в газодинамической установке МДД-ТОУ-7 конструкции ВНИИГиМ диспергируемая газовым потоком жидкость распределяется в приземном слое воздуха, образуя туман («тумановый покров») над сельскохозяйственным угодьем.

При соответствующем дооборудовании дождеобразующими диспергаторами (аэрозолеобразователями) для аэрозольного или мелкодисперсного орошения могут использоваться дождевательные машины семейства «ДДА-100МА», дождевательные машины третьего поколения «Кубань» и др.

Системы (комплекты) аэрозольного дождевания относятся к сезонно-стационарным дождевальным системам, а туманообразующее устройство – к дождевальным установкам. Режим аэрозольного дождевания (поливные нормы, продолжительность и частота поливов, степень диспергирования поливной воды) определяется микроклиматическими (температурными и ветровыми) условиями, видом и фазами развития культивируемых на сельскохозяйственном угодье растений. Усовершенствованные конструкции современных дождевательных машин при установке на них диспергаторов могут применяться при проведении освежительных и противозаморозковых поливов.

29 КОМПЛЕКТЫ СИНХРОННО-ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

Используемые названия: «Комплект синхронно-импульсного дождевания»; «Комплект оборудования синхронного импульсного дождевания»; «Комплект КСИД-10А»; «Комплект оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-10А»; «Система синхронного импульсного дождевания»; «Система СИД»; «Комплект синхронно-импульсного дождевания КСИД-1»; «КСИД-10А»; «Система импульсного микродождевания КИМД».

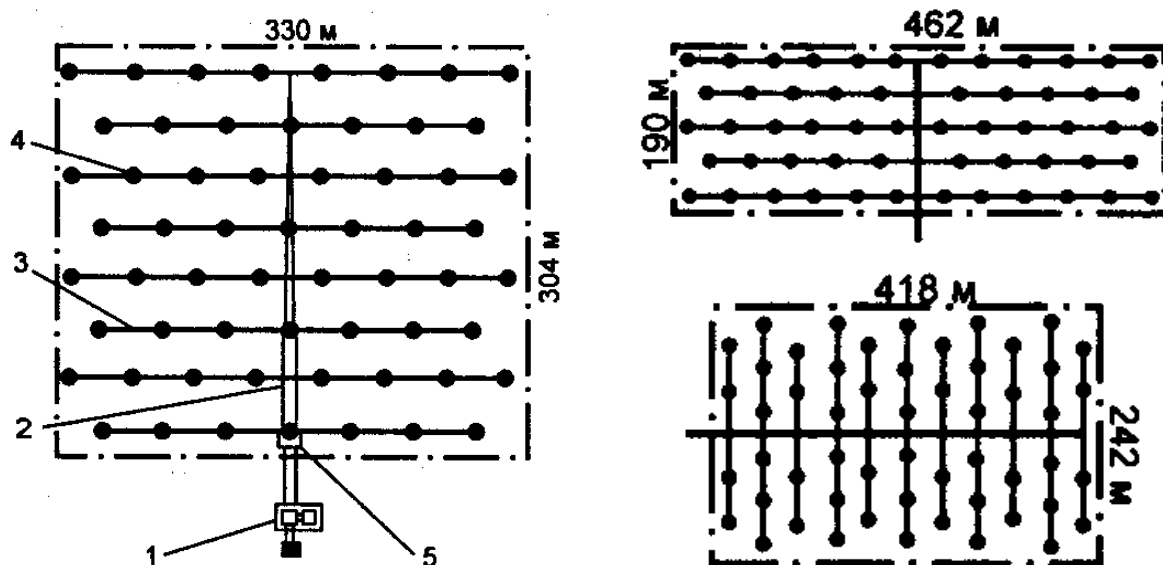
Условия применения. Система (комплект) синхронного импульсного (синхронно-импульсного) дождевания (КСИД-10А и КСИД-1) обеспечивает стационарно-позиционный круглосуточный полив сельхозугодий (преимущественно садов и чайных плантаций) сложной (неправильной) конфигурации и со сложным расчленённым рельефом с уклонами до 0,3 и перепадами отметок поверхности земли до 25 м с маломощным почвенным покровом при скорости ветров менее 5 м/с. Общий вид действующей системы синхронно-импульсного дождевания при поливе приведен на рисунке 29.1.



Рисунок 29.1 – Общий вид полива комплектом синхронно-импульсного дождевания КСИД-1 (по ФГНУ ВНИИ «Радуга»)

Для полива комплектами импульсного полива используется вода с содержанием взвешенных частиц не более 5 г/л, размером твёрдых частиц не более 1,5 мм и минерализацией менее 3 г/л. Технология импульсного и синхронно-импульсного дождевания (полива) предусматривает периодическую подачу поливной воды на орошаемую площадь в режиме коротких «выплесков» 1÷5 с и продолжительных пауз (от 1 до 12 мин).

Конструктивно-компоновочное решение. Комплект оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-10А (по Б. Б. Шумакову) включает: насосную станцию; трубопроводную сеть; импульсные дождевательные аппараты ДИ-15; генератор командных сигналов (импульсов снижения давления); датчик необходимости и интенсивности водоподачи; пульт управления; гидроподкормщик; контрольно-измерительное оборудование и систему аварийной защиты. Типовые схемы орошаемых системой (комплект) синхронного импульсного дождевания участков приведены на рисунке 29.2.



1 – насосный агрегат; 2 – распределительный трубопровод; 3 – дождевальные трубопроводы; 4 – импульсные дождеватели (дождевальные аппараты); 5 – узел управления работой комплектом синхронно-импульсного дождевания

Рисунок 29.2 – Компоновочно-конструктивные схемы расположения элементов оросительной сети и дождевателей КСИД-10А на орошаемом участке (по Б. Б. Шумакову)

Технические и технологические показатели системы синхронного импульсного дождевания (по Б. Б. Шумакову) на базе среднеструйных импульсных дождевателей: объём выброса поливной воды за один рабочий цикл – от 4 до 20 л, радиус действия – от 25 до 40 м; расход поливной воды одним аппаратом – $0,04 \div 0,3$ л/с; продолжительность периода (паузы) накопления воды – $30 \div 300$ с; продолжительность выброса – $1 \div 4$ с; «средняя круговая» интенсивность дождя – $0,0018 \div 0,005$ мм/мин; число рабочих циклов за один оборот $60 \div 90$; продолжительность одного оборота – $30 \div 750$ мин. По данным ВНИИ «Радуга» комплект синхронного импульсного дождевания КСИД-10А обеспечивает нижеприведенные технические и технологические характеристики: площадь полива – до 10 га; средний расход поливной воды – 10 л/с; рабочее давление в импульсных дождевателях $0,60 \div 0,30$ МПа при максимально-допустимом давлении на входе в них 1,25 МПа; количество дождевателей – 60, размещают на поливном участке по треугольнику с расстоянием между дождевателями $40 \div 44$ м и между линиями дождевателей – $34 \div 38$ м; «средняя круговая» интенсивность искусственного дождя – менее 0,02 мм/мин.

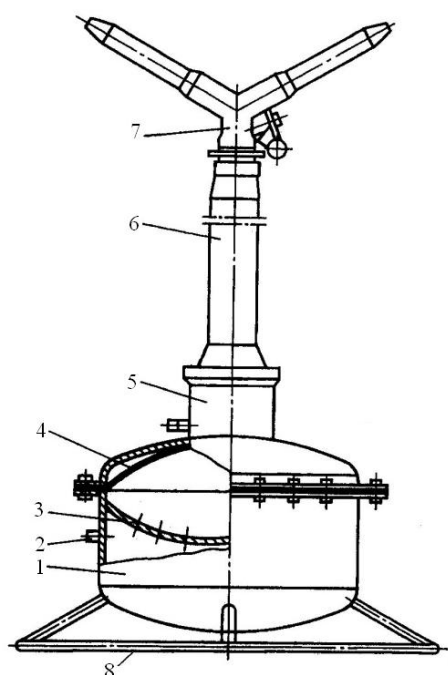
В зависимости от рослости (высоты) поливаемых растений выпускаются импульсные дождеватели с высотой выпуска струй равной 0,5; 1,5 и 2,5 м от поверхности земли, что регулируется высотой их стояка (патрубка).

Рабочим органом комплекта синхронно-импульсного дождевания являются импульсные дождеватели, общий вид которых приведен на рисунке 29.3. Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15 состоит из пневмогидроаккумулятора, запорного устройства и дождевальной насадки (рисунок 29.4).



а – в процессе полевых испытаний; б – в плодоносящем саду

Рисунок 29.3 – Общие виды импульсного дождевального аппарата



1 – пневмогидроаккумулятор; 2 – воздушный клапан;
3 – ограничительный свод; 4 – эластичная мембрана;
5 – запорное устройство; 6 – стояк; 7 – дождевальная
насадка; 8 – опорная рама

**Рисунок 29.4 – Среднеструйный
импульсный дождевальный аппарат
ДИ-15 для систем синхронно-импульсного
(аэрозольного или мелкодисперсного)
дождевого полива сельскохозяйственных
культур (по Б. Б. Шумакову)**

Дождевальный аппарат для синхронно-импульсного полива ДИ-15 рассчитан на подвод поливной воды расходом в 0,23 л/с при объеме выплескиваемой воды (выплеска) – 8,2 л и имеет массу – 59,5 кг.

При работе импульсного дождевального аппарата ДИ-15 нижняя часть пневмогидроаккумулятора (водовоздушного бака) заполняется сжатым воздухом, а в верхнюю из напорного водовода поступает вода. После заполнения аппарата водой до расчетного объема посредством генератора сигналов

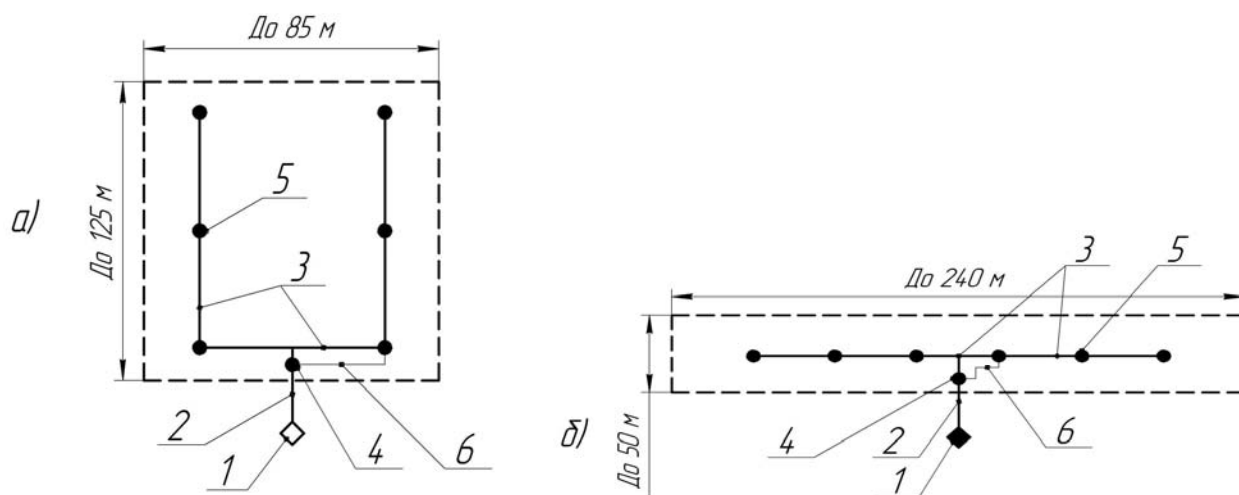
трубопроводная система соединяется с атмосферой, что приводит к резкому понижению давления в ней и к сработке дождевального аппарата. После выплеска воды дождевальная насадка автоматически поворачивается на угол $4\div6^\circ$ и цикл работы аппарата в режиме «накопление – выплеск» повторяется.

Известен автоколебательный импульсный дождеватель АИД-1, работающий в импульсном и непрерывном режиме при напорах в $0,35\div0,55$ МПа с расходами: в непрерывном режиме – 3,6 л/с, а в импульсном – 0,25 л/с. АИД укомплектован среднеструйным дождевателем («Роса-3») с выбросом струи до 30 м; рекомендуется для полива угодий площадью до 0,3 га.

Импульсные аппараты в комплекте синхронно-импульсного полива (КСИД) работают одновременно по всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды в гидроаккумуляторах и импульсного её выплёскивания (выплеска или выброса) под действием сжатого воздуха.

Комплект синхронного импульсного дождевания КСИД-1 рассчитан на полив плодово-ягодных насаждений и чайных плантаций на площади до 1 га. Комплект КСИД-1 может работать с забором воды из открытых водоисточников или из напорного трубопровода с напором в 0,65 МПа при расходе поливной воды – $4\text{ м}^3/\text{ч}$. Дождевальная насадка импульсного дождевателя КСИД-1 может устанавливаться на высоте от 1 до 2,5 м.

Комплект оборудования КСИД-1 включает шесть-восемь импульсных дождевателей, насосную станцию, узел подключения к гидранту, узел управления (генератор командных сигналов) и систему распределительных и полевых трубопроводов. Дождевальная насадка представляет собой среднеструйный дождеобразующий аппарат с противоположно расположенными стволами с принудительным поворотом за каждый цикл срабатывания. Типовые схемы поливных модулей для комплекта КСИД-1 приведены на рисунке 29.5.



1 – насос; 2 – распределительный трубопровод; 3 – поливной трубопровод;
4 – пульт управления; 5 – импульсный дождеватель; 6 – канал управления

Рисунок 29.5 – Типовые компоновочные схемы (поливные модули) КСИД-1 (по ВНИИ «Радуга»)

Кроме КСИД-10А и КСИД-1 во ВНИИ «Радуга» разработаны и другие системы (комплекты) синхронно-импульсного дождевания, среди которых:

1) система импульсного микрождевания КИМД-0,1, используемого для полива сельхозкультур в условиях открытого и защищённого грунта (с расходом – 0,1 л/с; напором – 0,2 МПа, радиусом захвата – от 6÷7 до 12÷14 м; площадью полива с одной позиции – 600 м² и массой – до 50 кг); 2) комплект локально-импульсного полива КЛИП-36М, предназначенный для полива теплиц и парников площадью до 36 м² (расход поливной воды – 2÷60 л/ч; напор – 0,80 м; орошаемая площадь – 36 м²; количество водовыпусков из поливной сети – 32; масса – 2 кг); 3) система импульсно-локального орошения садов и виноградников МИЛОС-М (площадь орошения – до 0,4 га; расход воды – до 0,4 л/с; напор – от 3,0 м; масса – 350÷400 кг; 4) комплекты КСИД-Р и КСИД-Р-1,0.

30 СТАЦИОНАРНЫЕ И СЕЗОННО-СТАЦИОНАРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

К стационарным дождевальным системам относят системы дождевого орошения, у которых все элементы оросительной сети, кроме дождеобразователей, занимают на орошаемом участке постоянное положение. Также системы отличает высокий уровень металлоёмкости, при их применении пользователи испытывают затруднения с обработкой сельхозугодий, что предопределяет их ограниченное использование, преимущественно, для высокопродуктивных и особо «отзывчивых на воду» культур, садов или плантаций.

Несколько меньшую (по сравнению со стационарными системами) строительную стоимость имеют сезонно-стационарные дождевательные системы, монтируемые (устанавливаемые) на поливном участке на поливной сезон с последующим демонтажом и соответствующим зимним хранением. Такие дождевательные системы имеют высокие показатели по надёжности и готовности к поливу и могут устраиваться в любых почвенных и топографических условиях, на полях любой конфигурации (на которых полив передвигающимися дождевальными средствами затруднён) и могут быть полностью автоматизированы; их отличает высокая производительность труда при поливе.

В комплект стационарных (сезонно-стационарных) дождевательных систем входит насосная станция (установка), водопроводящая оросительная сеть, дождевательные трубопроводы с гидрантами-стояками для размещения на них (преимущественно, дальнеструйных) дождевательных аппаратов кругового действия. Применяются тупиковые и кольцевые компоновки поливной сети с размещением дождевателей по схемам квадрата или равностороннего треугольника с соответствующим условием перекрытия зон полива, формируемых дождевальными аппаратами. Характерные схемы оросительной сети для таких дождевательных систем приведены на рисунках 30.1–30.3.

Стационарные и сезонно-стационарные системы орошения используются в Израиле при поливе угодий площадью в 10÷50 га в климатических условиях, характеризующихся высокой испаряемостью (рисунок 30.4).

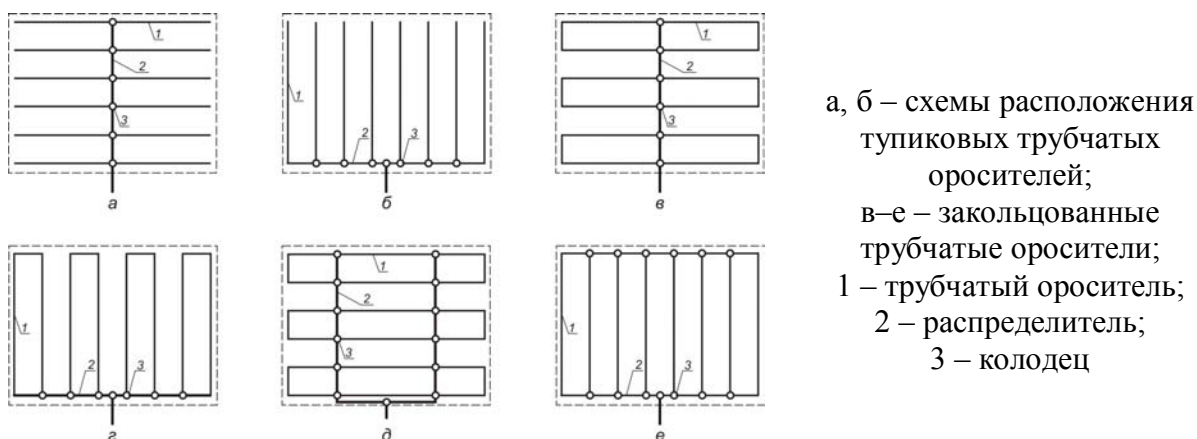
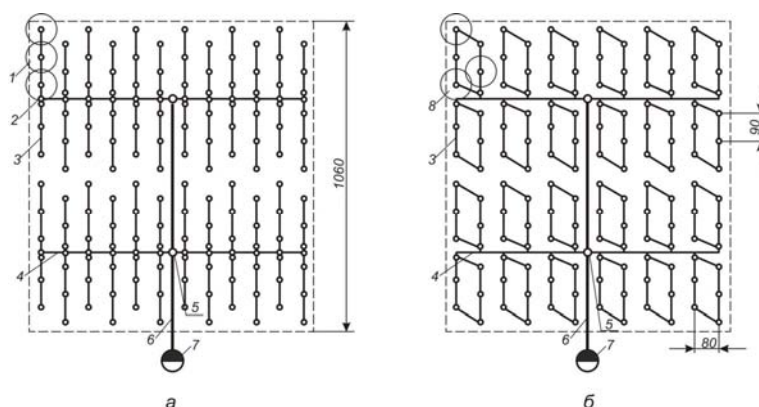
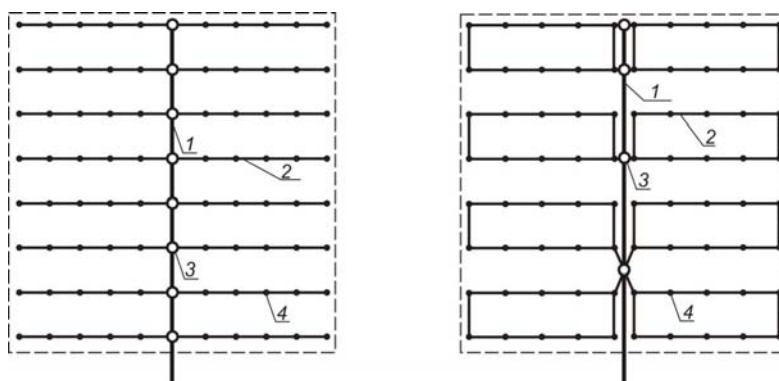


Рисунок 30.1 – Схемы расположения стационарных оросительных трубопроводов стационарных дождевальных систем (по Б. Г. Штепа)



1 – зона полива дождевальным аппаратом; 2 – колодец; 3 – поливной трубопровод;
4 – распределительный трубопровод; 5 – водораспределительный колодец;
6 – магистральный трубопровод; 7 – насосная станция; 8 – дождеватель
(гидрант-стояк с дождевальным аппаратом)

Рисунок 30.2 – Типовые компоновки тупиковой (а) и закольцованной (б) оросительной сети стационарных дождевальных систем при размещении дождевателей по схеме «равнобедренного треугольника» (по Б. С. Маслову)



1 – распределительный трубопровод; 2 – поливной трубопровод;
3 – распределительный колодец; 4 – дождеватели

Рисунок 30.3 – Типовые компоновки тупиковой (а) и закольцованной (б) оросительной сети автоматизированных дождевальных систем при размещении дождевателей по «квадратной» схеме (по Б. Б. Шумакову)



**Рисунок 30.4 – Вид участка «спринклерного орошения»
сезонно-стационарной дождевальной системой (по «Юг-Полив»)**

Подвод поливной воды к стойкам дождевателей (спринклеров) осуществляется по гибким полиэтиленовым трубопроводам. Для подкroнового орошения садов посредством таких систем компанией «Энталь» разработаны микродождеобразователи с расходом в $0,008 \div 0,014$ л/с и радиусом захвата равным $1,5 \div 3,0$ м. Для открытых угодий компаниями «Энталь» и «Мецерплас» предложены дождеобразователи («Ротор 688», «AR048», «AR70» и др.), рассчитанные на давление в $0,25 \div 0,40$ МПа с расходами поливной воды от 0,12 до 0,44 л/с и радиусом полива от 8 до 20 м при схемах расстановки дождевателей (8×8 ; 10×10 ; 12×18 и 18×18) м.

Учитывая отмеченные выше недостатки системы стационарного и сезонно-стационарного орошения на базе «стоечных» средне- и дальнеструйных дождевателей в отечественном сельскохозяйственном производстве, в настоящее время (несмотря на определённые достоинства) практически не применяются. Отдельные примеры полива ограниченных по площади посадок такими системами имеют место на приусадебных и дачных участках.

В бóльшей мере стационарные системы спринклерного полива на базе стоечных дождевателей (низконапорных дождевальных аппаратов кругового действия) применяются при орошении газонов, цветников и декоративных древостоев преимущественно на сложноконтурных и крутосклонных участках. При этом собственно действующие дождеватели являются малыми архитектурными («привлекательными для глаз») формами и средствами дизайна.

Известно применение стационарных дождевальных (спринклерных) систем для полива бульварно-аллейной растительности преимущественно «потайными» спринклерами с выдвижением их на поверхность поливаемого участка при поливе за счёт повышения напора в системе водоподачи.

Широкое применение системы стационарно-спринклерного полива нашли при выращивании растений в закрытом грунте (теплицах и оранжереях).

31 НАНОПЛОЩАДНЫЕ ДОЖДЕВАТЕЛИ (НАНОДОЖДЕВАТЕЛИ)

Предназначение наноплощадных дождевателей – обеспечение полива дачных, приусадебных и огородных участков, ягодников и садовых насаждений и отдельно произрастающих декоративных или плодовых древесных растений и кустарников, цветников и газонов, растительного покрова рекреационных и бульварно-аллейных зон на небольших по площади участках различной конфигурации. Наноплощадный дождеватель обеспечивает дождевой полив (искусственное увлажнение) микроландшафтных участков площадью до 2000 м²; для больших по площади участков применяют систему стационарных или переносных нанодождевателей (спринклеров), питающихся поливной водой из низконапорной (трубопроводной или шланговой) сети.

31.1 Общие сведения о наноплощадных дождевателях

Наиболее простыми (с точки зрения монтажа) являются переносные наноплощадные дождеватели. Для их установки не требуется подземная прокладка труб; они могут быть расположены в любом месте поливного участка, стоит лишь протянуть туда от напорного водовода шланг нужной длины. Известные конструкции переносных наноплощадных нанодождевателей отличаются по способу подачи поливной воды (струй поливной воды) и делятся на статические и роторные (вращающиеся), импульсные и осциллирующие.

Конструктивно наиболее простыми являются статические переносные нанодождеватели, разбрызгивающие воду, проходящую по ним под давлением (напором), через узкие щели. Механизм вращения в конструкциях статических дождевателей отсутствует, что предопределяет небольшой радиус полива – от 2,7 до 5 м. В зависимости от конструкции форсунок такие дождеватели обеспечивают сектор полива от 25° до 360°. В наиболее простых моделях используют форсунки с жёстко фиксированным сектором полива, а в более сложных разбрызгивателях (спринклерах) он регулируется. Известны модели, позволяющие поливать прямоугольные участки (дождеватели AVR (BOSCH); 15SQ, 15EST (RAINBIRD, NAANDAN); PL-1706, 1806-1808 (RAIN-STAR); Swing Oscillating Sprinkler-M (UNIFLEX) и др. Известны форсуночные дождеватели для орошения узких и вытянутых участков (15SST, RAINBIRD и NAANDAN; LCS515, RCS515, HUNTER и др.).

В роторных дождевателях сектор полива может изменяться благодаря механизму вращения его головной рабочей части (головки). Основное достоинство таких нанодождевательных устройств – возможность полива относительно больших площадей. При этом сектор полива роторной головки может регулироваться от 30° до 360° (к таким устройствам относятся секторно-круговые дождеватели Tango, Mambo и Samba TM GARDENA и др.).

Пример комбинированного секторно-кругового устройства – модель Margarite фирмы UNIFLEX. Эта модель нанодождевателя легко преобразуется из статической с размерами участка орошения 1×20 м в подвижную с площадью орошения до 165 м² (т. е. по кругу диаметром 14,5 м).

Роторный нанодождеватель Hozelock 2520 оборудован широким пластиковым основанием. Это поливное устройство имеет два режима работы: с подачей концентрированной струи, что приемлемо для полива газонов и с мягким мелкодисперсным распылением – для орошения цветников. Характерным для этого вида является роторный нанодождеватель модели 8-427610 GRINCLA. Площадь и зона полива этим нанодождевателем регулируется поворотом каждого из трёх сопел. Подключение нанодождевателя («распылителя») в цепь из нескольких потребителей поливной воды (позиций дождевателей) производят через два соединительных гнезда. Корпус этого нанодождевателя изготовлен из ударопрочного пластика. Его закрепление на поливном участке осуществляется посредством погружаемой в почву опоры.

Известно, что поливать газоны и участки сложной формы весьма не просто. Приходится использовать несколько разных нанодождевателей с разной дальностью и секторами полива или переставлять их по мере полива с одного места на другое. В отличие от вышеописанных одноконтурных нанодождевателей, многоконтурный (разноконтурный) нанодождеватель «Акваконтур» (GARDENA) может обеспечить точный и равномерный полив участков со сложной(ым) конфигурацией (очертанием) и с площадью до 380 м².

Импульсные дождеватели подобны роторным, но их конструкция предусматривает выбросы воды частыми отдельными порциями (импульсами). Сначала аппараты подают воду компактной струей на дальнюю дистанцию, а дойдя до границы сектора, меняют направление и орошают ближние области. Преимущества такого решения – высокая «дальнобойность» дождевания. Импульсный «распылитель» BRIGADIER 84750 применяется для кругового и секторного полива с радиусом орошения до 5 м. Устойчивость конструкции при порывах ветра достигается благодаря малому углу распыления и использованию пластмассовой, удерживающей конструкцию, опоре (пике), втыкаемой в грунт. Особенностью конструкции импульсного дождевателя GARDENA 00827-20 является подставка в виде треножника, легко устанавливаемого в нужной точке участка. Это дождевальное устройство регулируется как для полива отдельного сектора, так и для полива по кругу. Площадь полива составляет 30÷490 м², а дальность отлёта струй – от 3 до 12,5 м (в зависимости от подаваемого на нанодождеватель напора воды).

Осциллирующие (раскачивающиеся или качающиеся) нанодождеватели применяют для орошения прямоугольных участков с невысокой растительностью – газонами, цветниками или грядками. Простейшая конструкция такого «спринклера» представляет собой металлическую или пластиковую трубку с отверстиями (форсунками), которые расположены в один или два ряда в продольном направлении. В пластмассовом исполнении применяется прямолинейная короткая трубка, а в металлическом варианте эта трубка выполняется изогнутой, что позволяет создать веер из водяных струй при большом охвате площади полива по ширине. В воздухе тонкие поливные струи воды разбиваются (распыляются) на мелкие капли и равномерно распределяются по участку полива. Подающая воду линия водовода (шланга или

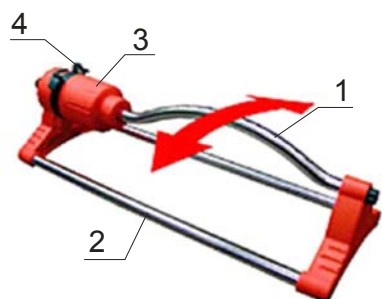
трубопровода) соединена с рабочей частью посредством специального механизма, обеспечивающего раскачивание трубки из стороны в сторону.

Даже в самом простом устройстве нанодождевателей предусматривается регулировка радиуса зоны полива и встроенный сетчатый фильтр, препятствующий проникновению в рабочий орган крупных частиц и засорению форсунок. В более совершенных моделях установлены трубки из латуни. Отдельные модели нанодождевателей оснащаются мини-таймером, позволяющим устанавливать период полива от 5 до 120 мин (например, в модели Aquazoom 350/ T GARDENA). Это приспособление освобождает пользователя от необходимости контроля продолжительности полива. В данном устройстве можно трансформировать геометрию зоны орошения, при этом дальность водоподачи регулируется углом отклонения струй от вертикали, а для уменьшения или увеличения ширины «водного веера» предусмотрен специальный механизм, пережимающий крайние форсунки. Имеются также варианты полива только в одну сторону 90°, только вверх и с поворотом на 180°. Осциллирующий дождеватель GARDENA Vario 50 предназначен для полива квадратных и прямоугольных участков площадью от 5 до 50 м². Ширина полива составляет от 2 до 5 м, а регулируемая дальность полива (отлёта дождевых струек) – от 2,5 до 10 м. Высоту установки осциллирующего поливного устройства изменяют посредством использования подставки.

31.2 Осциллирующие наноплощадные дождеватели

Осциллирующие нанодождеватели применяются для орошения участков прямоугольной формы. Размеры зоны увлажнения зависят от напора в сети и угла вылета водной струи по отношению к поверхности полива.

Простейший вариант конструкции дождевателя представляет собой устройство, где металлическая или пластмассовая водовыпускная (перфорированная) трубка с отверстиями подвижно закреплена на специальной подставке. Внутри трубки располагается гидропривод, состоящий из крыльчатки и шестерни. Поступающая из водопровода вода приводит в движение крыльчатку и связанную с ней шестерёнку; момент вращения вращательного движения передаётся через зубчатую передачу на трубку. Ограничитель хода меняет направление вращения приводной шестерни с одного направления на противоположное, обеспечивая перемещение закреплённой на осях трубки в заданных пределах. Отверстия (форсунки или сопла) по длине дождевальной трубки такого нанодождевателя располагаются в один ряд (рисунок 31.1).



1 – дождевальная трубка; 2 – опорная площадка;
3 – гидропривод; 4 – ограничитель угла качания

Рисунок 31.1 – Осциллирующий дождеватель с изогнутой трубкой

В воздухе тонкие струйки воды, исходящие из отверстий дождевателя, превращаются в отдельные капли и распределяются вдоль линии полива. Трубки и форсунки делают из разных материалов. Самый простой вариант – изогнутая металлическая трубка, у более совершенных моделей латунные форсунки имеют насечки на внутренней поверхности, благодаря чему струя воды на выходе закручивается и распыляется на более мелкие диспергируемые водные частицы, что обеспечивает более равномерное увлажнение.

Пластмассовую трубку не изгибают, но форсунки ориентируют в разных направлениях, что позволяет поливать участок с заданной геометрией. На пластмассовых трубках устанавливают сопла из мягкого пластика.

Практически у всех моделей осциллирующих дождевателей есть регулятор дальности полива, ограничивающий угол качания. Ширину поливаемого участка менять сложнее, но у более совершенных моделей такая возможность предусмотрена путём перекрытия подачи воды к крайним отверстиям или изменения направления выхода струек в атмосферное пространство.

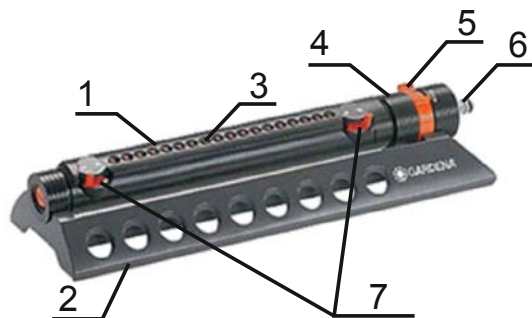
Примеры наиболее характерных конструкций осциллирующих (поворотных) дождевателей для малоплощадных участков приведены ниже.

Дождеватель Aquazoom Gardena 250/1. Дождеватель для полива маленьких прямоугольных площадей. Рабочее давление $1\div 4$ атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 105 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 250 \text{ м}^2$. Дальность отлёта струй – $7\div 17$ м. Ширина разбрызгивания струй: $b_{\text{разб.мин}} = 4 \text{ м}$ и $b_{\text{разб.макс}} = 15 \text{ м}$.



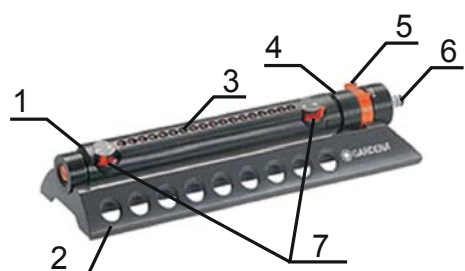
- 1 – пластмассовая трубка; 2 – опорная площадка; 3 – форсунки; 4 – гидропривод; 5 – ограничитель угла качания; 6 – узел подключения к шлангу

Дождеватель Aquazoom Gardena 250/2. Дождеватель предназначен для полива малых прямоугольных участков. Рабочее давление – $1\div 4$ атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 25 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 250 \text{ м}^2$. Дальность отлёта струй $7\div 18$ м. Ширина разбрызгивания поливных струй: $b_{\text{разб.мин}} = 4 \text{ м}$ и $b_{\text{разб.макс}} = 14 \text{ м}$.



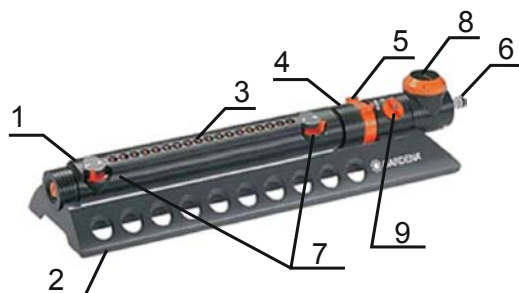
- 1 – пластмассовая трубка; 2 – опорная площадка; 3 – форсунки; 4 – гидропривод; 5 – ограничитель угла качания; 6 – узел подключения к шлангу; 7 – регулятор угла наклона форсунок

Дождеватель Aquazoom Gardena 350/2. Дождеватель предназначен для полива малых прямоугольных участков. Рабочее давление в сети – 1÷4 атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 28 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 350 \text{ м}^2$ при дальности отлёта струй 7÷21 м. Регулировка ширины разбрызгивания – 4÷17 м.



- 1 – пластмассовая трубка; 2 – опорная площадка;
3 – форсунки; 4 – гидропривод;
5 – ограничитель угла качания;
6 – узел подключения к шлангу;
7 – регулятор угла наклона форсунок

Дождеватель Aquazoom Gardena 350/Т. Переносной дождеватель с комплексным таймером подачи воды для полива прямоугольных участков. Рабочее давление – 1÷4 атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 28 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 350 \text{ м}^2$. Дальность полива – 7÷21 м. Ширина участка полива: $b_{\text{мин}} = 4 \text{ м}$ и $b_{\text{макс}} = 17 \text{ м}$. Время полива может быть установлено 5÷120 мин.



- 1 – пластмассовая трубка; 2 – опорная площадка; 3 – форсунки; 4 – гидропривод;
5 – ограничитель угла качания; 6 – узел подключения к шлангу; 7 – регулятор угла наклона форсунок; 8 – фильтр; 9 – таймер

Примеры работы таких дождевателей приведены на рисунке 31.2.

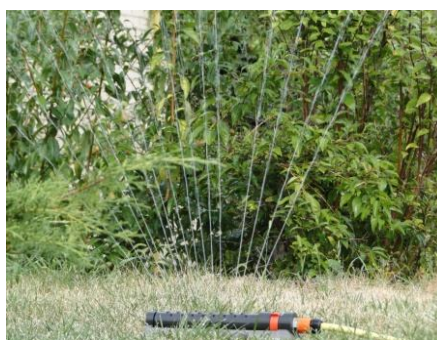
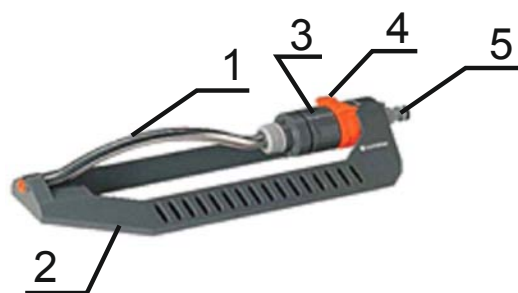


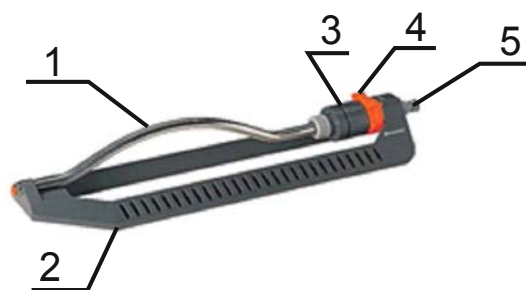
Рисунок 31.2 – Осциллирующие дождеватели Aquazoom Gardena в работе

Дождеватель Polo Gardena 220. Рабочее давление – 1÷4 атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 90 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 220 \text{ м}^2$. Дальность полива 7÷17 м. Ширина поливного участка – 4÷13 м.



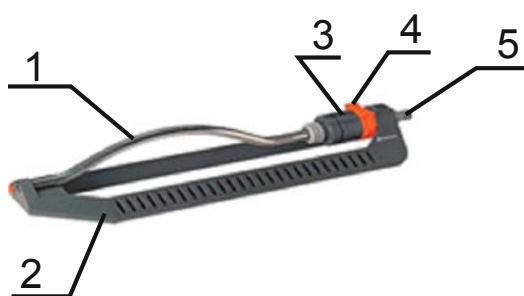
1 – изогнутая металлическая трубка; 2 – опорная площадка; 3 – гидропривод; 4 – ограничитель угла качания; 5 – узел подключения к шлангу

Дождеватель Polo Gardena 250. Рабочее давление в сети – 1÷4 атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 110 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 250 \text{ м}^2$. Дальность полива – 8÷18 м. Ширина поливного участка – 4÷14 м.



1 – изогнутая металлическая трубка;
2 – опорная площадка; 3 – гидропривод;
4 – ограничитель угла качания; 5 – узел подключения к шлангу

Дождеватель Polo Gardena 280. Калиброванные латунные сопла обеспечивают равномерный полив. Рабочее давление – 1÷4 атм. Площадь полива: $S_{\text{мин}} = 120 \text{ м}^2$ и $S_{\text{макс}} = 280 \text{ м}^2$. Дальность полива – 8÷19 м. Ширина зоны полива – 4÷15 м.



1 – изогнутая металлическая трубка;
2 – опорная площадка; 3 – гидропривод;
4 – ограничитель угла качания; 5 – узел подключения к шлангу

Примеры функционирования этих дождевателей даны на рисунке 31.3.



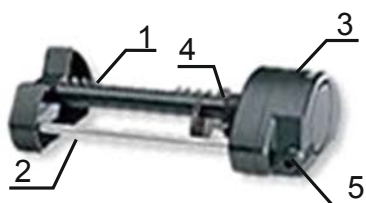
Рисунок 31.3 – Осциллирующие дождеватели Polo Gardena в работе

Осциллирующий дождеватель CLABER 8748. Благодаря особому устройству гидравлического двигателя и турбине большого диаметра дождеватель очень эффективен даже при низких давлениях. Площадь участка полива составляет 192 м². Ширина поливной зоны дождевателя регулируется.



- 1 – изогнутая металлическая трубка; 2 – подставка;
3 – гидропривод; 4 – ограничитель угла качания;
5 – узел подключения к шлангу

Осциллирующий дождеватель CLABER 8753. Дождеватель COMPACT-20 Aqua Control. Дождеватель с «Aqua Control», позволяющей изменить форму орошаемых площадей. В этой модели 20 отверстий с 8 регулируемыми соплами. Благодаря особому устройству микродождеватель очень эффективен даже при низких давлениях. Площадь зоны полива составляет 320 м².



- 1 – изогнутая металлическая трубка; 2 – подставка;
3 – гидропривод; 4 – ограничитель угла качания;
5 – узел подключения к шлангу

Примеры полива таким дождевателем приведены на рисунке 31.4.

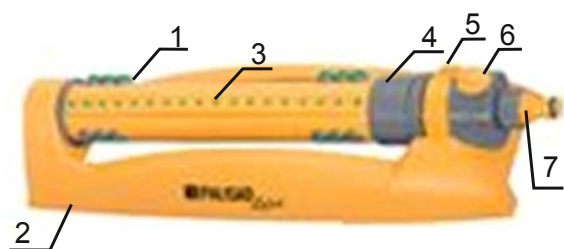


Рисунок 31.4 – Осциллирующие дождеватели CLABER в работе

Нанодождеватели семейства CLABER отличают широкие возможности для управления шириной зоны полива и длиной отлёта микроструй.

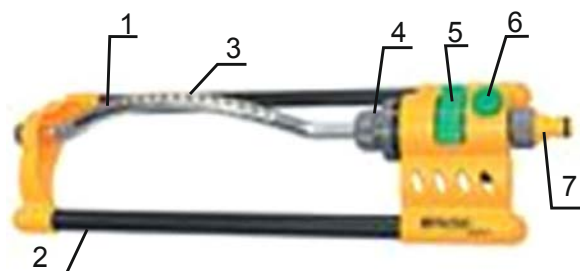
Разбрызгиватель для прямоугольных площадей (пластиковый) PALISAD LUXE. Разбрызгиватель осциллирующий со штуцерной посадкой и опорной площадкой для установки на поверхность. Качающаяся под давлением воды напорная рампа имеет механизм регулировки угла полива, обеспечивающий режимы: полный полив, полив справа, полив слева, центральный полив. Регулируется дальность разбрызгивания от 4 до 14 м. Разбрызгиватель предназначен для стационарного полива прямоугольной площади до 250 м² на дачных участках, в садах, парках и скверах. Напорная рампа изготовлена из прочного пластика и имеет 18 форсунок. Для дополнительного регулирования полива шесть форсунок могут перекрываться как вместе, так и

по отдельности. Разбрызгиватель имеет встроенный фильтр и пробку для принудительного слива воды.



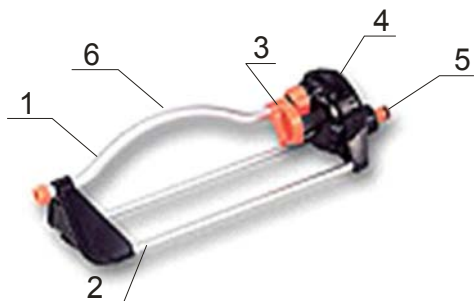
- 1 – пластмассовая трубка;
- 2 – опорная площадка; 3 – форсунки;
- 4 – гидропривод; 5 – ограничитель угла качания; 6 – регулятор дальности разбрызгивания; 7 – узел подключения к шлангу

Разбрызгиватель для прямоугольных площадей (металлопластиковый) PALISAD LUXE. Разбрызгиватель, осциллирующий со штуцерной посадкой и опорной площадкой для установки на поверхность. Качающаяся под давлением воды напорная рампа имеет механизм регулировки угла полива, обеспечивающий режимы: полный полив, полив справа, полив слева. Дополнительно регулируется дальность разбрызгивания от 4 до 19 м. Разбрызгиватель предназначен для стационарного полива прямоугольной площади до 280 м² на дачных участках, в садах, парках и скверах. Изготовлен из прочного пластика. Напорная рампа изготовлена из алюминия и имеет 18 форсунок. В комплекте предусмотрена игла для прочистки форсунок. Разбрызгиватель (дождеватель) имеет встроенный металлический фильтр и пробку для принудительного слива воды.



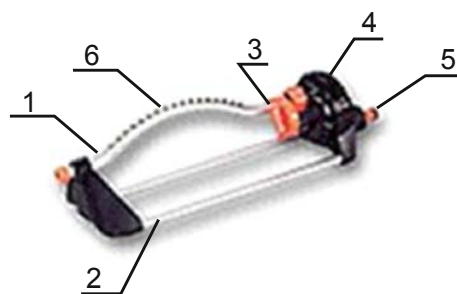
- 1 – пластмассовая трубка; 2 – опорная площадка; 3 – форсунки; 4 – гидропривод;
- 5 – ограничитель угла качания;
- 6 – регулятор дальности разбрызгивания; 7 – узел подключения к шлангу

Дождеватель серии Classic. Дождеватель с 17 калиброванными струевыпускными отверстиями. Рабочее давление – 1÷4 атм. Площадь полива изменяется от 90 до 280 м². Дальность полива составляет 7÷19 м. Ширина зоны полива регулируется и изменяется от 4 до 13÷15 м.



- 1 – изогнутая металлическая трубка;
- 2 – опорная площадка; 3 – ограничитель угла качания; 4 – гидропривод;
- 5 – узел подключения к шлангу;
- 6 – калиброванные отверстия

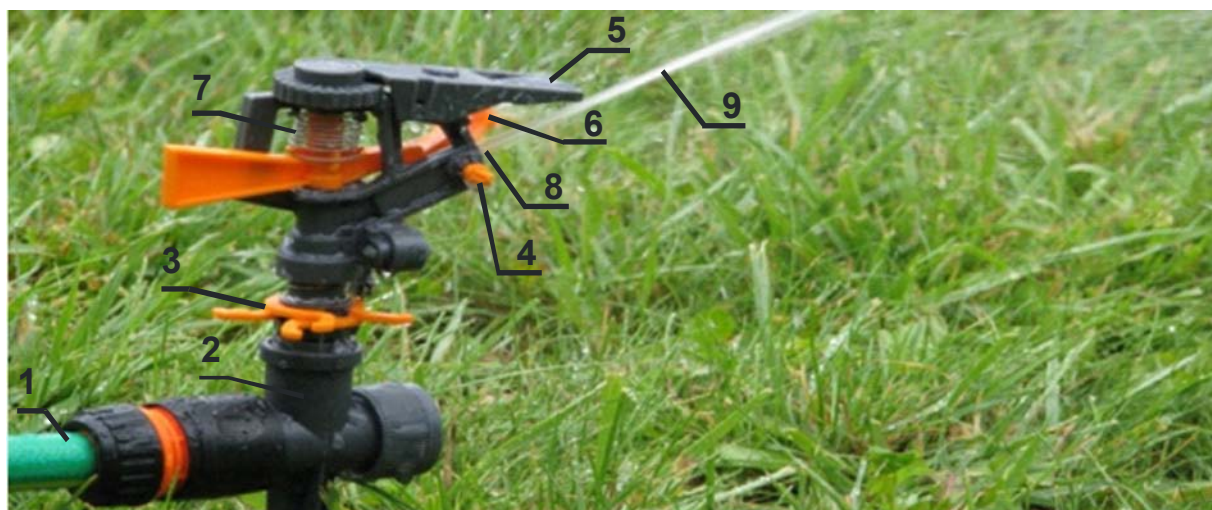
Дождеватель серии Classic. Дождеватель выполнен с 20-тью калиброванными струевыпускными латунными соплами, системно размещёнными на изогнутой трубке. Площадь полива изменяется от 20 до 280 м². Дальность полива (отлёта струй) изменяется от 8 до 19 м (в зависимости от напора в сети). Ширина зоны полива изменяется от 5 до 15 м.



- 1 – изогнутая металлическая трубка;
 2 – опорная площадка; 3 – ограничитель угла качания; 4 – гидропривод;
 5 – узел подключения к шлангу;
 6 – калиброванные сопла (форсунки)

31.3 Импульсные нанодождеватели

Импульсные нанодождеватели «выстреливают» поливную воду из сопла с небольшими временными интервалами. На начальном этапе полива дождевальные аппараты выпускают струи на дальнее расстояние, медленно поворачиваясь вокруг оси, а дойдя до границы сектора, возвращаются в первоначальное положение, орошая близлежащие области (за счёт разделения струи в горизонтальной плоскости). Такой процесс полива осуществляется пошагово или плавно, в зависимости от конструкции дождевального устройства. Общий вид такого вида нанодождевателя приведен на рисунке 31.5.



- 1 – присоединительный шланг; 2 – корпус; 3 – регулятор угла сектора;
 4 – винт разбивки струи; 5 – регулятор угла вылета струи; 6 – отражающая лопатка; 7 – возвратная пружина; 8 – сопло; 9 – струя воды

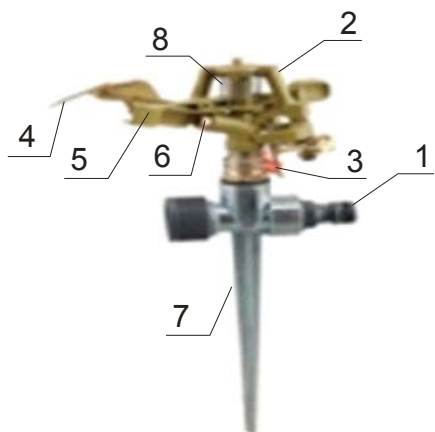
Рисунок 31.5 – Импульсный нанодождеватель в работе

Преимущества такого конструктивного решения нанодождевателя заключаются в сочетании возможности полива растений, расположенных как далеко от места установки разбрызгивателя, так и вплотную (близко) к нему.

У импульсных дождевателей предусмотрена регулировка угла раствора сектора (от 0° до 360°), степени деления струи и угла её выброса в вертикальной плоскости. Разработан широкий спектр наноплощадных импульсных дождевателей, конструкции и описание которых приведены ниже.

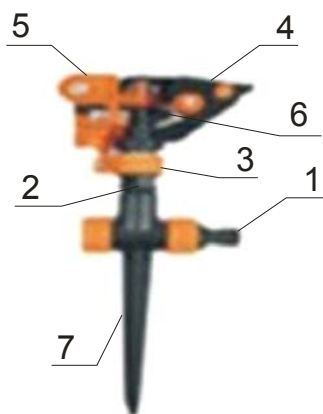
Импульсный дождеватель № 8105D серии Classic. Импульсный микродождеватель устанавливается на металлической опоре. Конструкция предусматривает регулирование радиуса и угла полива. Рабочее давление – 2÷4 атм.

Площадь полива – $45 \div 120 \text{ м}^2$. Дальность полива изменяется от 3 до 10 м, а сектор дождевания изменяется от 25° до 360° (т. е. от сектора до круга).



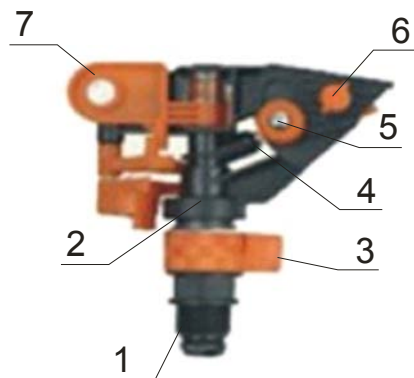
- 1 – присоединительный штуцер;
- 2 – корпус; 3 – регулятор угла сектора;
- 4 – регулятор угла вылета струи;
- 5 – отражающая лопатка; 6 – сопло;
- 7 – опора; 8 – возвратная пружина

Импульсный дождеватель № 1023 серии Classic. Импульсный микродождеватель устанавливается на пластиковой опоре. В конструкции предусмотрены регулировочные кольца для выбора сектора дождевания от 25° до 360° . Рабочее давление – $2 \div 4$ атм. Дальность дождевания $R_{\text{зах. мин}} = 3 \text{ м}$ и $R_{\text{зах. макс}} = 10 \text{ м}$. Площадь поливаемого участка изменяется от минимума 45 м^2 до максимума равного 120 м^2 .



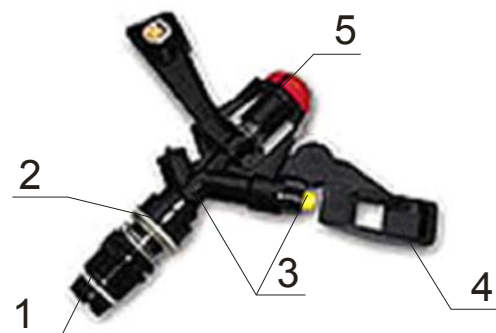
- 1 – присоединительный штуцер;
- 2 – корпус; 3 – регулятор угла сектора;
- 4 – регулятор угла вылета струи;
- 5 – отражающая лопатка; 6 – сопло;
- 7 – пика (опора)

Импульсный дождеватель № 6003 серии Classic. Рабочее давление в сети – $2 \div 4$ атм. Имеются регулировочные кольца для удобного выбора сектора дождевания в диапазоне – от 25° до 360° . Регулировка дальности дождевания: от минимума 3 м до максимума 10 м. Площадь полива: от минимума 45 м^2 до максимума 120 м^2 (в зависимости от угла сектора полива и рабочего напора воды, подаваемого на дождеватель).



- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
- 3 – регулятор угла сектора; 4 – сопло;
- 5 – регулятор угла вылета струи; 6 – винт разбивки струи;
- 7 – отражающая лопатка

Импульсный дождеватель № 6004 серии Classic. Импульсный дождеватель с двумя водоструйными насадками. Рабочее давление – 2÷4 атм. Область распыления струй – 360°. Дальности дождевания – от минимума 5 м до максимума 20 м. Площадь полива изменяется от минимума 45 м² до максимума 120 м².



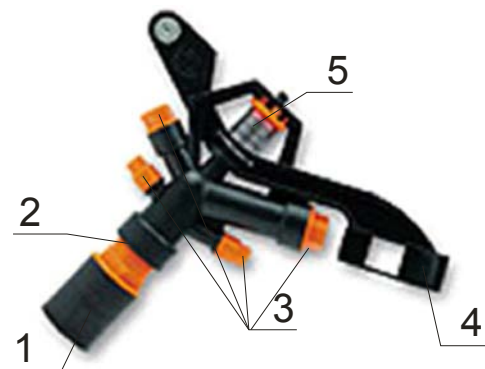
- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – сопло; 4 – отражающая лопатка;
5 – возвратная пружина

Импульсный дождеватель № 6008 серии Classic. Дождеватель с тремя водоструйными насадками. Рабочее давление – 2÷4 атм. Область распыления струй – 360°. Дальности дождевания: от минимума 5 м и до максимума 25 м. Площадь поливного участка изменяется от минимума 45 м² до максимума 145 м².



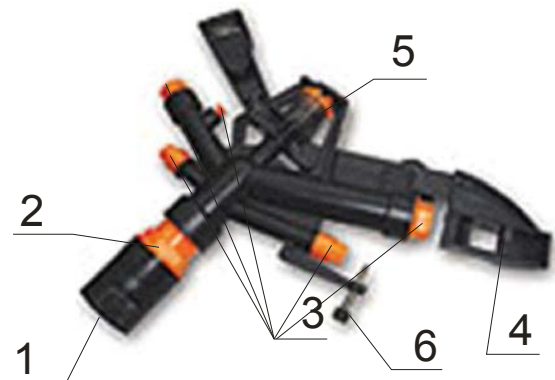
- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – сопло; 4 – отражающая лопатка;
5 – возвратная пружина

Импульсный дождеватель № 6009 серии Classic. Ороситель с четырьмя водоструйными насадками. Рабочее давление – 2÷4 атм. Область (сектор) распыления струй – 360°. Дальности дождевания: от минимума 5 м до максимума 25 м. Площадь поливного участка изменяется от минимума 45 м² до максимума 145 м² (в зависимости от напора).



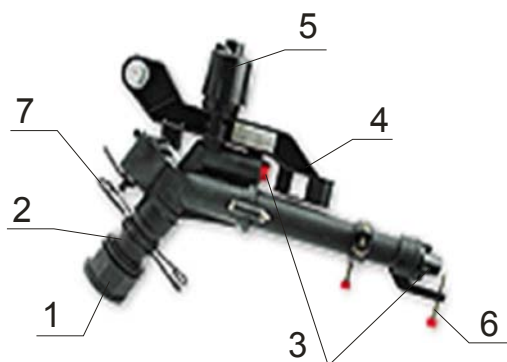
- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – сопло; 4 – отражающая лопатка;
5 – возвратная пружина

Импульсный дождеватель № 6010 серии Classic. Дождеватель с пятью водовыпускными насадками. Рабочее давление – 2÷4 атм. Область (сектор) распыления струй – 360°. Дальности дождевания: от минимума 5 м до максимума 25 м. Площадь поливного участка от минимума 45 м² до максимума 145 м².



- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – сопло; 4 – отражающая лопатка;
5 – возвратная пружина; 6 – винт
разбивки струи

Импульсный дождеватель № 6011 серии Classic. Ороситель с двумя струйными насадками и пятью сменными наконечниками. Рабочее давление – 2÷4 атм. Область распыления струй – 360°. Дальности дождевания от минимума 5 м до максимума 25 м. Площадь участка полива: от минимума 45 м² до максимума 300 м². Предусмотрено регулирование угла поворота дождевателя.



- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – сопло; 4 – отражающая лопатка;
5 – возвратная пружина; 6 – винт
разбивки струи; 7 – регулятор
угла сектора

Импульсный дождеватель Gardena. Рабочее давление – 2÷4 атм. Дальности дождевания: от минимума 5 м до максимума 25 м. Площадь участка полива: от минимума 75 м² до максимума 490 м². Регулируемый угол поворота. Регулировочные кольца обеспечивают выбор сектора дождевания, изменяющегося в пределах от 25° до 360°.



- 1 – резьбовое соединение; 2 – корпус;
3 – регулятор угла сектора; 4 – сопло;
5 – отражающая лопатка; 6 – регулятор
угла вылета струи; 7 – ручка для плавной
регуливовки дальности вылета струи

Варианты установки импульсного дождевателя **Gardena** приведены на рисунке 31.6.

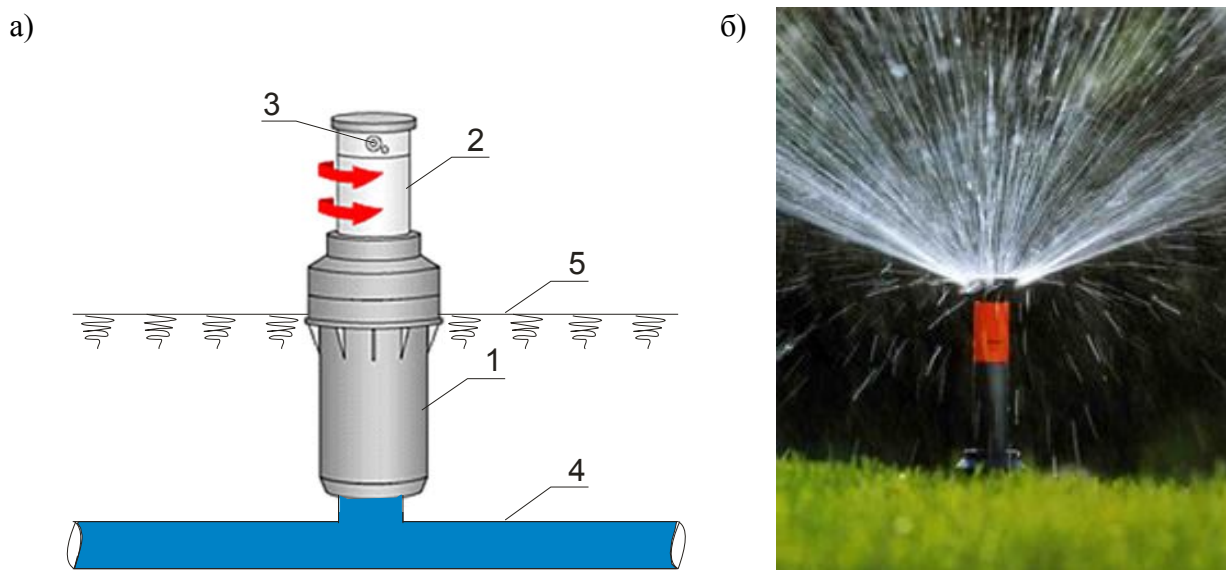


Рисунок 31.6 – Варианты установки импульсного дождевателя Gardena

Вариант 1. Голова импульсного дождевателя **Gardena** установлена на штативе. Штатив из прочного пластика с тремя металлическими вставками, обеспечивающими высокую устойчивость. Несколько дождевателей могут быть установлены в ряд. Вариант 2. Складные ножки треножника быстро устанавливаются. Общая высота около 100 см. Вариант 3. Голова дождевателя установлена на пике (опоре), оборудованной штуцером и заглушкой.

31.4 Выдвижные нанодождеватели («спринклеры»)

В автоматизированных системах полива с подземной прокладкой труб используют скрытые под уровень поверхности земли дождевательные устройства – спринклеры. В большинстве своём эти дождеватели состоят из корпуса в виде стакана (цилиндрического кожуха), подсоединённого к подающей трубе и выдвижного стержня с насадкой-форсункой на конце (рисунок 31.7).



а) конструктивная схема; б) вид на дождеватель при поливе; 1 – корпус; 2 – выдвижной стержень; 3 – насадка форсунка; 4 – трубопровод; 5 – поверхность земли

Рисунок 31.7 – Выдвижной дождеватель («спринклер»)

При отсутствии напора воды выдвижной стержень, длина которого составляет $10\div 30$ см, находится внутри корпуса, размещённого в почвенном покрове. При подаче поливной воды стержень поднимается, после чего начинается разбрызгивание поливной воды посредством насадок.

Чаще всего применяют веерные и роторные нанодождеватели (разбрызгиватели). Веерные поливают сразу всю площадь орошения тонкими струями; роторные – одной компактной струёй, последовательно перемещаемой в заданных границах. Последний метод водоподачи имеет больший радиус действия и более экономичен с точки зрения расходования воды.

Для прямоугольных площадей предпочтителен выдвижной осциллирующий дождеватель, например, GARDENA R140 (01537). Интервал орошаемой этим устройством площади $12\div 140$ м², дальность струи (отлёт струи) – $3,5\div 16,5$ м, а ширина разбрызгивания поливной воды – $3,5\div 8,5$ м (в зависимости от напора в системе).

Выдвижной дождеватель GARDENA S80 (01569) предназначен для полива участков площадью до 80 м². Дальность полива (отлёта поливных струй) варьируется от 2,5 до 5 м, а сектор дождевания составляет $5\div 360^\circ$. Для полива больших площадей рекомендуют использовать роторные дождеватели GARDENA T200 с дальностью полива до 8 м и поливаемой площадью до 200 м² или T380 с дальностью полива до 11 м и площадью – 380 м². В ассортименте NELSON также есть несколько серий выдвижных дождевателей роторного типа с разным радиусом действия (полива) $9,6\div 22$ м (PRO 5500, PRO 6000, PRO 6500, PRO 7000, PRO 7500).

Дождеватель выдвижной Gardena осциллирующий. Дождеватель обеспечивает полив квадратных и прямоугольных участков. Может использоваться в комбинации с выдвижными турбодождевателями типа T 50, T 200 и T 380. Площадь поливного участка изменяется в пределах $12\div 140$ м². Ширина зоны полива может изменяться от 3,5 до 8,5 м. Дальность полива при разных напорах изменяется от 3,5 до 16,5 м.



1 – защитный корпус; 2 – выдвижной осциллирующий дождеватель; 3 – защитная крышка

Турбодождеватель выдвижной Gardena T 200. Микродождеватель применяется для полива газонов средних размеров с площадью полива до 200 м². Дальность полива регулируется в диапазоне $5\div 8$ м. Плавная регулировка секторов полива в диапазоне от 25° до 360° . Имеет четыре сменных струйных форсунки разного диаметра с различным расходом поливной воды.



- 1 – корпус спринклера; 2 – выдвижной стержень; 3 – насадка-форсунка;
4 – соединительный штуцер

Турбодождеватель выдвижной Gardena T 380. Применяется для полива газонов относительно больших размеров с площадью поливного участка до 380 м². Дальность полива регулируется в диапазоне 6÷11 м. Плавная регулировка секторов полива обеспечивается в диапазоне от 25° до 360°. Имеет четыре водоструйных форсунки с различным расходом воды.



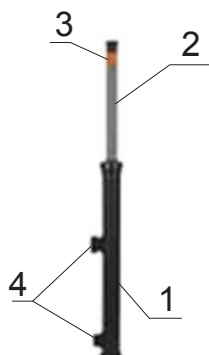
- 1 – корпус спринклера; 2 – выдвижной стержень; 3 – насадка-форсунка;
4 – резьбовое соединение

Дождеватель контурный выдвижной Gardena AquaContour. Обеспечивает полив газонов индивидуальной (сложной) конфигурации. Гибкий охват территории полива обеспечивается за счёт программирования до 50 точек траектории полива. Задаваемая программой дальность полива – 2,5÷9 м при 2 атм и 4÷11 м (при 4 атм). Площадь полива – до 380 м². Сектор полива регулируется в диапазоне 25÷360°.



- 1 – корпус спринклера; 2 – защитная крышка;
3 – программатор траектории полива;
4 – программатор давления

Дождеватель выдвижной Gardena S 80/300. Выдвижной микродождеватель обеспечивает полив с охватом участков, расположенных за высокими растениями. Длина выдвижного поршня спринклера составляет 300 мм и может быть увеличена. Регулирование высоты его подъёма осуществляется оператором.



1 – корпус спринклера; 2 – выдвижной стержень;
3 – насадка-форсунка; 4 – резьбовое соединение

31.5 Нанодождеватели кругового действия

Круговые нанодождеватели сочетают в себе неподвижное основание и вращающуюся верхнюю рабочую часть, где размещены разбрызгивающие головки, что и обеспечивает собственно круговой полив участка орошения.

Вода подаётся под давлением в разбрызгивающие головки и из них в форме струй выходит под некоторым углом. При этом сами разбрызгивающие головки вращаются под напором воды. Обычно у одного дождевателя предусмотрено от двух до трёх разбрызгивающих головок (рисунок 31.8).



1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть;
3 – разбрызгивающие головки

Рисунок 31.8 – Круговой дождеватель в работе

Тип струи и сектор полива в конструкциях таких дождевателей бывают регулируемыми и нерегулируемыми. Обычно полив территории проводят последовательно, повышая давление в водоводе. Результатом этого является увеличение максимального радиуса действия, а значит и площади полива. У многих моделей круговых нанодождевателей угол раствора регулируют

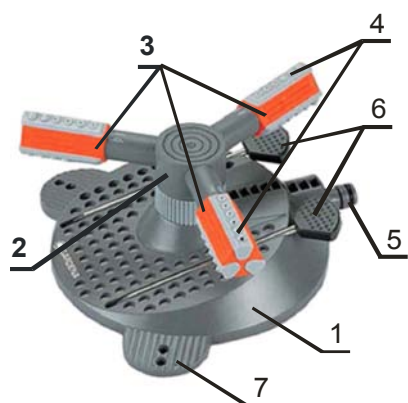
плавно или пошагово, добиваясь наилучшего результата. Некоторые круговые разбрызгиватели имеют настраиваемые головки или даже поворотные барабаны, что позволяет легко менять степень дробления капель воды и радиус орошения. Имеются модели способные работать при давлении от 1 атм. Характеристики круговых дождевателей приведены в таблице 31.1.

Таблица 31.1 – Технические показатели нанодождевателей кругового действия

Рабочее давление, атм.	1,0	2,0	3,0	4,0
Площадь полива, м ²	85	155	235	310
Количество сопел, шт.	4	5	5	6
Диаметр зоны полива, м	10,3	14,0	17,2	20,0

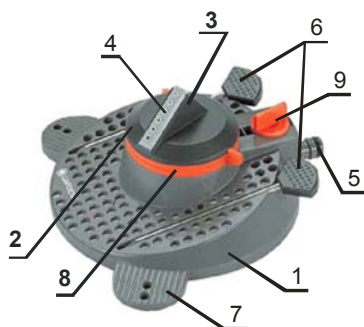
Разработан широкий спектр круговых нанодождевателей, конструктивные решения и описание наиболее характерных из них, приведены ниже.

Дождеватель Mambo Gardena серии Classic – дождеватель с тремя регулируемыми соплами. Предназначен для полива участков различной величины. Площадь полива от минимальной 9 м² до максимальной 310 м². Диаметр полива изменяется от 3 до 20 м. Индивидуальная настройка поливаемой поверхности с помощью вращающейся высокоточной форсунки. Плавная регулировка дальности полива осуществляется с помощью настройки расхода поливной воды.



- 1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающие головки; 4 – форсунки; 5 – соединительный штуцер; 6 – фиксирующие колышки; 7 – опорные площадки

Дождеватель секторно-круговой Tango Gardena. Бесшумный и удобный в применении круговой дождеватель, предназначенный для участков различной величины. Может обеспечивать полив секторов любой величины от 5° до 360°. Ширина полива и расход воды регулируется. Диаметр полива изменяется от 3 до 20 м. Площадь полива изменяется от $S_{\text{мин}} = 3 \text{ м}^2$ до $S_{\text{макс}} = 310 \text{ м}^2$ (рисунок 31.10).



- 1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающая головка; 4 – форсунки; 5 – соединительный штуцер; 6 – фиксирующие колышки; 7 – опорные площадки; 8 – регулятор угла сектора; 9 – фильтр

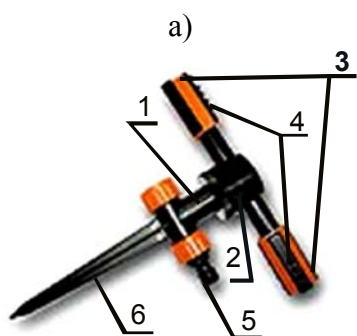


Рисунок 31.10 – Дождеватель секторно-круговой Tango Gardena в работе

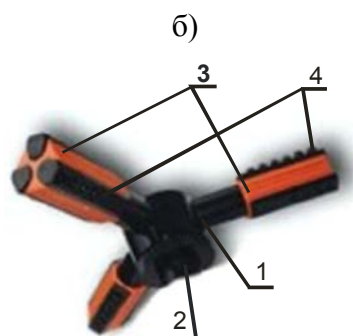
Дождеватели серии Classic:

а) вращающийся струйный дождеватель с двумя регулируемыми соплами. Устанавливается на опоре («ножке»). Диаметр зоны полива изменяется от 3 до 15 м. Площадь зоны полива может изменяться от $S_{\text{мин}} = 3 \text{ м}^2$ до $S_{\text{макс}} = 310 \text{ м}^2$;

б) вращающийся дождеватель с тремя регулируемыми водоструйными соплами. Устанавливается на опоре («ножке») или на подставке. Обеспечивает равномерный круговой полив площади до 180 м^2 . Максимальная дальность отлёта поливных струй (капель) составляет 15 м.

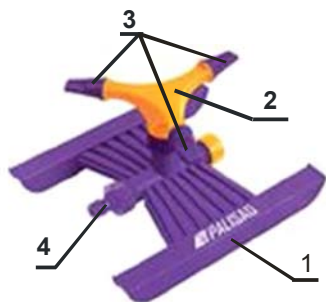


1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающие головки; 4 – форсунки; 5 – присоединительный штуцер; 6 – фиксирующая ножка (опора)



1 – вращающаяся рабочая часть; 2 – резьбовое соединение; 3 – разбрызгивающие головки; 4 – форсунки

Разбрызгиватель PALISAD 65409. Пластмассовая головка дождевателя с тремя ответвлениями вращается под напором воды, обеспечивая равномерный круговой полив площади до 180 м^2 . Максимальная дальность (радиус) полива составляет 15 м (рисунок 31.11).



1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающие головки; 4 – присоединительный штуцер



Рисунок 31.11 – Разбрызгиватели PALISAD в работе

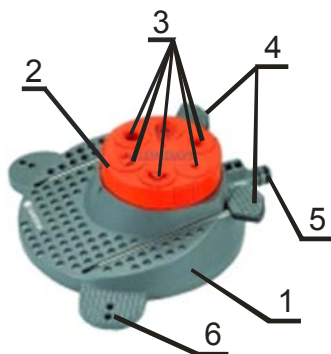
31.6 Многофункциональные нанодождеватели

Нанодождеватели со штуцерной посадкой на подставке и регулируемой рабочей частью отличаются возможностью изменения формы струи, а следовательно, и геометрии поливаемого участка. Многофункциональный «разбрызгиватель» представляет собой подставку или опору с закреплённым на ней вращающимся барабаном. При повороте барабана на определённый, строго фиксированный угол, происходит совмещение встроенной форсунки с отверстием определённой конфигурации в крышке, которое и определяет геометрическую форму поливных струй. В зависимости от сложности модели, количество отверстий в барабане колеблется от 4 до 10.

Наиболее распространённые фигуры – круг, полукруг, квадрат и прямоугольник, но бывают и другие варианты. Орошаемая площадь у таких моделей невелика, поэтому они подходят для участков средней величины.

Многофункциональные дождеватели совместимы со всеми системами полива, они изготовлены из прочного пластика, а устойчивая подставка позволяет установить микродождеватель даже на неровной поверхности.

Дождеватель Gardena Boogie (02073). Дождеватель Gardena Boogie для шести различных по конфигурации площадей полива. Выбор отверстия в зависимости от конфигурации и площади участка осуществляется путём вращения головки дождевателя. Круг: максимальный диаметр 10 м, площадь полива 80 м^2 . Полукруг: максимальный радиус – 8 м, площадь полива – 100 м^2 . Квадрат: максимальные параметры – $8 \times 8 \text{ м}$, площадь полива – 64 м^2 . Прямоугольник: максимальные параметры сторон – $16 \times 2 \text{ м}$, площадь полива – 32 м^2 . Эллипс: максимальные параметры – $3 \times 5 \text{ м}$, площадь полива – 11 м^2 . Пульсирующая водяная струя дождевателя с максимальным диаметром равным 1,5 м.



- 1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающие отверстия; 4 – фиксирующие колышки; 5 – присоединительный штуцер; 6 – опорные площадки

Многофункциональный дождеватель 8108 серии Classic. Выбор отверстия в зависимости от конфигурации и площади участка осуществляется путём вращения головки дождевателя. Круг: максимальный диаметр – 10 м, площадь полива – 100 м². Полукруг: максимальный радиус – 8 м, площадь полива – 80 м². Квадрат: максимальные параметры – 8×8 м, площадь полива – 64 м². Прямоугольник: максимальные параметры сторон – 16×2 м, площадь полива – 32 м². Эллипс: максимальные параметры – 3×5 м при площади полива – 11 м².



1 – неподвижное основание; 2 – вращающаяся рабочая часть; 3 – разбрызгивающие отверстия; 4 – присоединительный штуцер; 5 – фиксирующая ножка



Рисунок 31.12 – Многофункциональный «разбрызгиватель» в работе

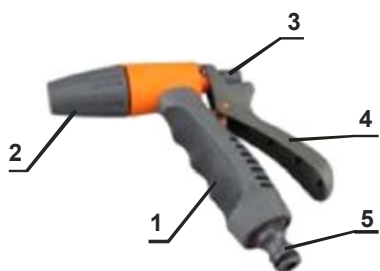
31.7 Поливочные пистолеты

Для полива растений в саду используется «поливочный пистолет», который представляет собой ручной нанодождеватель, не приспособленный к самостоятельной(му) работе (поливу) (рисунок 31.13).



Рисунок 31.13 – Поливочный пистолет

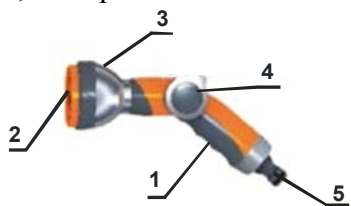
Подключив дождеватель к шлангу, можно выбрать тип струи: жёсткая, бьющая вдаль и смывающая всю грязь, или мягкий мелкокапельный полив. Пистолеты бывают двух типов: с наконечником, у которых струя плавно регулируется от жёсткой до мягкой, и с распылителем, обычно многофункциональным. Последние модели отличаются количеством типов струи (от 2 до 8), фактически – степенью распыления струи. У многих моделей предусмотрен фиксатор курка. Материал изготовления – металл, резина, пластик с низкой теплопроводностью. На некоторых моделях есть регулятор расхода воды. Фильтры на поливочных пистолетах не устанавливаются, поэтому при засоре необходимо прочистить все отверстия. Разработан широкий спектр поливочных пистолетов, конструкции и описание некоторых из них приведены ниже.



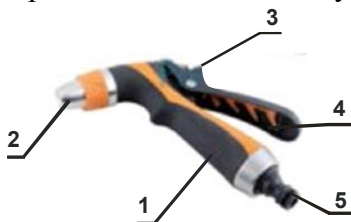
1 – рукоятка; 2 – вращающийся наконечник;
3 – запорный клапан; 4 – курок;
5 – присоединительный штуцер



1 – рукоятка; 2 – распылитель многофункциональный; 3 – запорный клапан;
4 – курок; 5 – присоединительный штуцер



1 – рукоятка; 2 – распылитель многофункциональный;
3 – регулятор расхода; 4 – курок;
5 – присоединительный штуцер



1 – рукоятка; 2 – вращающийся наконечник; 3 – фиксатор; 4 – курок;
5 – присоединительный штуцер

Пистолет пластиковый брендспойт серии Classic

Компактная модель. Элементы из мягкого пластика. Применяется для очистки поверхностей и мягкого полива. Два вида регулируемой струи: жёсткая струя и распыление. Плавная регулировка расхода поливной воды.

Пистолет пластиковый 8-морежимный серии Classic

Многофункциональный пистолет с 8-ю режимами полива от мощной точечной струи до мягкого тумана из водных мелкодисперсных капель.

Пистолет металлический 7-морежимный серии Soft-Touch

Разнообразная область применения в поливе и очистке. Семь видов струи: мягкий душ, аэрированная струя, жёсткая струя и плоская струя. Плавная регулировка расхода поливной воды.

Пистолет металлический брендспойт серии Soft-Touch

Применяется для очистки и для мягкого полива. Два вида струи: распыление, жёсткая струя. Плавная регулировка расхода воды. Эргономичный курок с удобным фиксатором стабилизации выбранного режима полива.

32 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

32.1 Выбор и комплексная оценка дождевальной техники

Наличие широкого спектра средств для дождевого полива (видов, типоразмеров и конструктивных решений дождевальной техники) при разнообразных природных и социально-экономических условиях проведения дождевого орошения различных по размерам и видам выращиваемых культур сельскохозяйственных угодий предопределило задачу выбора и комплексной оценки эффективности применяемых конструкций дождевальных машин и установок. Выбор вида дождевальной техники осуществляется её пользователем с учётом почвенных, рельефных и фенологических условий её использования и финансово-организационных возможностей пользователя (наличие средств и персонала, возможностей сервисного обслуживания, опыта её применения и др.). Чаще всего выбор средства дождевания осуществляется с учётом имеющегося предложения и условий использования без проведения комплексной технико-экономической оценки дождевальной техники.

Отметим, что в настоящее время отсутствует единая и общепринятая методика комплексной оценки дождевальной техники. Из имеющихся предложений определённое применение получили: методика оценки дождевальных машин и установок, разработанная специалистами ФГБНУ РосНИИПМ и методика их оценки, предложенная специалистами НГМА и ВНИИ «Радуга».

Оценка дождевальной техники по методике НГМА – ВНИИ «Радуга». В качестве основных технических, технологических и стоимостных показателей для комплексной оценки эффективности дождевальной техники рассмотрены: потребляемая мощность (кВт·ч); расход энергии при норме полива $300 \text{ м}^3/\text{га}$ (кВт·ч/га); энергоёмкость (кВт/ч на 1 м^3 воды); площадь обслуживания (га); количество обслуживающего персонала (ед.); интенсивность дождя (мм/мин); стоимость машино-смены (руб.); расход поливной воды (л/с); показатель надёжности; стоимость (руб.); коэффициент земельного использования; металлоёмкость.

Данная методика предусматривает определение значений технико-экономических показателей по рассматриваемому ряду видов дождевальной техники и составление соответствующей матрицы (таблица 32.1). На последующем этапе расчётов устанавливаются весовые коэффициенты каждого из принятых показателей методом экспертной оценки по принятой шкале, с учётом которых определяются скорректированные значения критериев оценки и составляют критериальную матрицу (таблица 32.2). В соответствии с расчётами по данной методике наиболее эффективными дождевальными машинами в нижеследующей последовательности являются: «Кубань-М»; «Кубань-ЛК», «Фрегат», «Днепр» и «Волжанка».

Таблица 32.1 – Техничко-экономические показатели дождевальных машин

Дожде- вальная машина	Мощность, кВт·ч	Расход энергии при норме полива 300 м ³ /га, кВт·ч/га	Энергоёмкость, кВт/ч на 1 м ³ воды	Площадь обслуживания, га	Обслуживающий персонал, ед.	Интенсивность дождя, мм/мин	Стоимость машино-смены, руб.	Расход, л/с	Показатель надёжности	Стоимость, тыс. руб. (на 2014 год)	Коэффициент земельного использования	Металлоёмкость
Кубань-М	130	65,7	0,17	180	4	0,20	142	220	0,10	1496,5	0,95	239
КИ-80	41	37,0	0,17	80	3	0,30	460	48	0,12	116,0	0,97	188
ДДН-70	33	42,0	0,24	70	1	0,45	70	65	0,06	111,0	0,95	107
ДДА-100МА	47	33,0	0,13	100	1	0,25	124	130	0,06	202,0	0,96	83
Днепр	53	36,7	0,17	120	0,25	0,28	151	120	0,70	347,0	0,97	111,7
Фрегат	64	56,4	0,24	111	0,33	0,24	125	100	0,11	395,5	0,91	166
Кубань-ЛК	65	65,0	0,17	140	2	0,20	112	200	0,09	965,0	0,90	220
ДКШ 64-800	26	34,0	0,16	70	0,5	0,20	102	64	0,04	34,8	0,98	84,7
ДНШ-25/900	15	53,0	0,19	50	0,4	1,00	106	25	0,06	15,1	0,99	462

Таблица 32.2 – Матрица относительных критериальных показателей

Дожде- вальная машина	Значение относительного критериального показателя											
	потребляемая мощность	расход энергии при норме полива 300 м ³ /га	энергоёмкость	площадь обслуживания	обслуживающий персонал	интенсивность дождя	стоимость машино-смены	расход воды	показатель надёжности	стоимость техники	коэффициент земельного использования	металлоёмкость
Кубань-М	0,12	0,50	0,76	1,00	0,06	0,20	0,49	1,00	0,14	0,01	0,96	0,35
КИ-80	0,37	0,89	0,79	0,44	0,08	0,30	0,15	0,22	0,17	0,13	0,98	0,44
ДДН-70	0,45	0,79	0,54	0,39	0,25	0,45	1,00	0,30	0,09	0,14	0,96	0,78
ДДА-100МА	0,32	1,00	1,00	0,56	0,25	0,25	0,56	0,59	0,09	0,07	0,97	1,00
Днепр	0,28	0,90	0,76	0,67	1,00	0,28	0,46	0,55	1,00	0,04	0,98	0,74
Фрегат	0,23	0,59	0,54	0,62	0,76	0,24	0,56	0,45	0,16	0,04	0,92	0,50
Кубань-ЛК	0,23	0,51	0,76	0,78	0,13	0,20	0,63	0,91	0,13	0,02	0,91	0,38
ДКШ 64-800	0,58	0,97	0,81	0,39	0,50	0,20	0,69	0,29	0,06	0,43	0,99	0,98
ДНШ-25/900	1,00	0,62	0,68	0,28	0,63	1,00	0,66	0,11	0,09	1,00	1,00	0,18

По данной методике была проведена оценка эффективности дождевальных средств для фермерских хозяйств. К оценке были выбраны 8 видов техники: «ДШ-Агрос 32», «ДШ-Агрос 63», «ДШ-8», «ДШ-22», «Карусель Мини-Фрегат», «Мини-Кубань», «Коломна», «Мини-Кубань ФШ». Оценка эффективности этих устройств проводилась по пяти базовым показателям: производительности по водоподаче ($\text{м}^3/\text{ч}$); трудоёмкости подачи 100 м^3 воды в чел.-ч; потребляемой мощности ($\text{кВт}\cdot\text{ч}$); стоимости машино-смены (руб.); удельным вложениям (руб./га). В результате получен ранжированный ряд эффективных дождевальных средств в виде – «Мини-Кубань», «Мини-Кубань ФШ», «Карусель Мини-Фрегат», «ДШ-Агрос 32» и «ДШ Агрос 62».

Оценка дождевальной техники по методике РосНИИПМ. Оценку дождевальной техники по методике РосНИИПМ предлагается проводить по трём определяющим их показателям: ресурсным, технологическим и комплексным. В состав ресурсных показателей входят: технические (материалоёмкость) в тоннах металла на 1 га орошаемого угодья и на 1 л/с расхода дождевальной техники, экономические (начальные капиталовложения в руб./га и в руб./л/с) и энергетические (мощность в $\text{кВт}/\text{ч}$ и (или в $\text{кВт}/\text{л}/\text{с}$). При оценке дождевальных средств по ресурсным показателям необходимо учитывать, что все дождевальные машины, работающие от открытой оросительной сети, имеют собственную энергоустановку. Дождевальные машины, работающие от закрытой оросительной сети и при групповой работе дождевальных машин, имеют коллективную (общую) энергоустановку.

Ресурсный показатель ($K_{\text{рес}}$) определяется через значения удельных показателей: технического (определяющего расход металла на 1 га орошаемой площади ($m_{\text{дм, о/п}}$) или л/с расхода ($m_{\text{дм, расх}}$) дождевальной машины); экономического [определяющего затраты на строительство орошаемого участка ($C_{\text{дм, о/у}}$), обслуживаемого одной машиной, отнесённых к 1 га или к расходу 1 л/с ($C_{\text{дм, расх}}$)]; энергетического (определяющего мощность, необходимую для обслуживания нормативной площади машиной, отнесённой к 1 га орошаемой площади или к 1 л/с расхода машины).

Для определения ресурсного показателя оценки существующей и проектируемой дождевальной техники существующие типы дождевальных машин разбиваются на два класса: класс машин, работающих от закрытой оросительной сети, и класс машин, работающих от открытой поливной сети.

По каждому классу дождевальных машин по этим рекомендациям определяются их удельные показатели по нижеприведенным зависимостям:

$$K_{\text{тех, га}} = m_{\text{дм}} / S_{\text{дм, норм}}, \text{ т/га}, \quad (32.1)$$

$$K_{\text{тех, л/с}} = m_{\text{дм}} / Q_{\text{дм}}, \quad (32.2)$$

$$K_{\text{эк, га}} = C_{\text{о/у}} / S_{\text{дм}}, \text{ тыс. руб./га}, \quad (32.3)$$

$$K_{\text{эк, л/с}} = C_{\text{о/у}} / Q_{\text{дм}}, \text{ тыс. руб./л/с}, \quad (32.4)$$

$$K_{\text{эн, га}} = E_{\text{дм}} / S_{\text{дм}}, \text{ кВт/га}, \quad (32.5)$$

$$K_{\text{эн, л/с}} = E_{\text{дм}} / Q_{\text{дм}}, \text{ кВт/л/с}, \quad (32.6)$$

где $m_{\text{дм}}$ – масса металла дождевальной машины, т; $S_{\text{дм, норм}}$ – нормативная площадь, обслуживаемая машиной, га; $Q_{\text{дм}}$ – нормативный расход машины, л/с; $C_{\text{о/у}}$ – расчётная (сметная) стоимость строительства орошаемого участка, обслуживаемого дождевальной машиной, тыс. руб; $E_{\text{дм}}$ – мощность, необходимая для обслуживания одной дождевальной машины, кВт.

Результаты определения показателей приведены в таблицах 32.3 и 32.4.

Таблица 32.3 – Удельные показатели машин, работающих от закрытой сети

Марка дождевальной машины	Оценочный показатель					
	материалоёмкость		экономический		энергетический	
	т/га	т/л/с	тыс. руб/га	тыс. руб/л/с	кВт/га	кВт/л/с
«Фрегат»Б434	0,60	0,44	41,95	30,81	1,33	0,98
«Днепр»	0,41	0,31	37,81	28,36	0,92	0,69
«Волжанка»	0,27	0,42	23,94	37,41	0,55	0,86
«Кубань ЛК»	0,46	0,42	33,18	31,76	0,80	0,72
Шлейфы 25/300	0,61	0,63	36,21	37,91	1,03	1,08

Таблица 32.4 – Удельные показатели машин, работающих от открытой сети

Марка дождевальной машины	Оценочный показатель					
	материалоёмкость		экономический		энергетический	
	т/га	т/л/с	тыс. руб/га	тыс. руб/л/с	кВт/га	кВт/л/с
«Кубань»	0,66	0,33	23,18	13,78	1,14	0,68
ДДН-70	0,13	0,12	12,66	11,69	1,13	1,05
ДДА-100ВХ	0,11	0,09	8,94	6,88	0,66	0,51
ДКДФ-1	0,16	0,09	8,40	6,72	0,78	0,62

Из таблиц 32.3 и 32.4 для каждого класса принятых к анализу дождевальных машин и установок выбираются минимальные значения удельных показателей, и результаты сводятся в таблицу 32.5 как показатели идеальных (условных) машин по каждому (определённому) классу.

Таблица 32.5 – Удельные показатели идеальной (условной) машины

Марка дождевальной машины	Оценочный показатель					
	материалоём- кость		экономический		энергетический	
	т/га	т/л/с	тыс. руб/га	тыс. руб/л/с	кВт/га	кВт/л/с
От закрытой сети						
Идеальная машина	0,27	0,31	23,94	28,63	0,55	0,69
От открытой сети						
Идеальная машина	0,11	0,09	8,40	6,72	0,66	0,51

Относительные удельные показатели (K) для каждого класса машин могут быть установлены как отношение текущего значения удельного показателя рассматриваемой реальной дождевальной машины к аналогичному удельному показателю фиктивной (идеальной) дождевальной машины соответствующего класса. Результаты расчётов приведены в таблицах 32.6 и 32.7.

Таблица 32.6 – Относительные удельные показатели машин, работающих от закрытой сети (по ресурсным показателям)

Марка дождеваль- ной машины	Относительный удельный показатель								
	материалоём- кость		экономический		энергетический		$\sum K_1$	$\sum K_2$	K_p
	на га	л/с	на га	л/с	на га	л/с			
	$K_{\text{тех, га}}$	$K_{\text{тех, л/с}}$	$K_{\text{эк, га}}$	$K_{\text{эк, л/с}}$	$K_{\text{эн, га}}$	$K_{\text{эн, л/с}}$			
«Фрегат» Б434	2,22	1,42	1,75	1,09	2,42	1,42	6,39	3,93	10,32
«Днепр»	1,52	1,00	1,58	1,00	1,67	1,00	4,77	3,00	7,77
«Волжанка»	1,00	1,35	1,00	1,32	1,00	1,25	3,00	3,92	6,92
«Кубань ЛК1»	1,70	1,35	1,39	1,12	1,45	1,04	4,54	3,51	8,05
Шлейф ШД 25/300	2,26	2,03	1,51	1,34	1,87	1,56	5,64	4,93	10,57
Идеальная машина	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 32.7 – Относительные удельные показатели машин, работающих от открытой сети (по ресурсным показателям)

Марка дождеваль- ной машины	Относительный удельный показатель								
	материалоём- кость		экономический		энергетический		$\sum K_1$	$\sum K_2$	K_p
	на га	л/с	на га	л/с	на га	л/с			
	$K_{\text{тех, га}}$	$K_{\text{тех, л/с}}$	$K_{\text{эк, га}}$	$K_{\text{эк, л/с}}$	$K_{\text{эн, га}}$	$K_{\text{эн, л/с}}$			
«Кубань»	6,00	4,33	2,76	2,05	1,73	1,33	10,5	7,71	18,2
ДДН-70	1,20	1,33	1,51	1,74	1,71	2,06	4,42	5,13	9,55
ДДА-100ВХ	1,00	1,00	1,06	1,02	1,00	1,00	3,06	3,02	6,08
ДКДФ-1	1,45	1,00	1,00	1,00	1,18	1,21	3,63	3,21	6,84
ФМ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	6,00

Суммируя значения, приведенных в таблицах 32.6 и 32.7 показателей, отнесенных к 1 га орошаемого сельскохозяйственного угодья и к 1 л/с расхода, подаваемому каждой дождевальной машиной из ряда машин по каждому классу, получают комплексные показатели их эффективности (K_p) относительно фиктивных (идеальных) дождевальных машин по ресурсным показателям в виде соотношения: $K_p = \sum K_1 + \sum K_2$. Чем выше значения (K_p), тем машина менее эффективна и по значениям ресурсных показателей дальше отстоит от идеальной (условной) дождевальной машины.

Данные таблицы 32.6 показывают, что из дождевальных машин, работающих от закрытой сети, наиболее эффективны ДМ «Волжанка» и «Днепр», а менее эффективна ДМ «Фрегат». Дождевальная машина «Кубань ЛК» занимает промежуточное место между ДМ «Днепр» и ДМ «Фрегат». Из дождевальных машин, работающих от открытой сети, по ресурсным показателям наиболее эффективной и близкой к условно идеальной машине является ДМ

ДДА-100ВХ. Широкозахватная дождевальная машина «Кубань» является наиболее ресурсоёмкой машиной, работающей от открытой поливной сети.

Специалистами ВолжНИИГиМа проведено сопоставление отечественных дождевальных машин с их зарубежными аналогами. Сопоставляемые дождевальные машины кругового действия с питанием водой из гидранта напорной оросительной сети на период сопоставления (2014 г.) имели близкую стоимость, но отечественный аналог сопоставляемых дождевальных машин уступает машине американского производства (таблица 32.8).

Таблица 32.8 – Данные сопоставления технических характеристик ДМ «Кубань-ЛК-1» и ДМ фирмы «Valley»

Характеристика дождевальных машин	Описание и величина сопоставляемых характеристик	
	ДМ «Кубань-ЛК-1»	ДМ фирмы «Valley»
Расход воды, л/с	70	31÷263
Рабочее давление, МПа	0,35÷0,40	0,21÷0,40
Диаметр дождевального трубопровода, мм	168,0; 152,0	254; 219; 168,3 и 152,4
Радиус захвата, м	483	От 396 до 850 м (в зависимости от конструкции центральной опоры)
Дополнительные опции	Устроено 37 дождевальных аппаратов «Фрегат № 2» и 125 дождевальных насадок на коротких изогнутых патрубках	Авторские насадки на гибких шлангах для приповерхностного дождевания и система для полива угловых зон

Дождевальная машина «Valley» в сравнении с ДМ «Кубань» имеет: более высокий коэффициент полезного действия и более высокую надёжность привода ходовых тележек; более совершенную систему автоматического управления перемещением этих тележек. У ДМ «Valley» предусмотрено варьирование проходимостью за счёт изменения размера шин колёсных опор и использования разных опорных тележек, тогда как ДМ «Кубань-ЛК-1» таких опций не предусматривает. Указанные достоинства дождевальной машины «Valley» делают её более конкурентоспособной на «российском рынке».

Известно сопоставление дождевальных машин фронтального действия «Кубань-Л» и её аналога ДМ «Valley» с забором поливной воды из открытого оросителя. Расход дождевальной машины «Кубань» составляет фиксированные 200 л/с, а ДМ «Valley» предусматривает его варьирование в диапазоне 31÷302 л/с при давлении равном 0,31 МПа и 0,3÷0,45 МПа соответственно, что является её очевидным преимуществом. Ширина захвата искусственным дождём у ДМ «Кубань-Л» составляет 800 м, а у ДМ «Valley» достигает 975 м. Для американского аналога дождевальной машины «Кубань-Л» характерны вышеописанные преимущества по системе привода опорно-ходовых тележек, системы регулирования проходимости машины и применяемых дождеобразователей (дождевальных аппаратов) с регулируемой высотой их расположения. И при этом стоимость ДМ «Valley» у фермеров компании «Valmont» в 2014 году была на 20÷30 % ниже заводской стоимости дождевальной машины «Кубань-Л». По данным ВолжНИИГиМа дождевальная машина «Ладога» также уступает американскому аналогу «Valley» (Linear

Ditch Feed) по вышеуказанным характеристикам: по расходу – 60 л/с у «Ладоги» и от 12 до 88 л/с – у ДМ «Valley»; ширине захвата $L_{\text{зах}} = 460$ м и до 500 м соответственно; по надёжности привода ходовых тележек, автоматизации системы управления, уровню и возможности регулирования проходимостью. И, при всём при этом, дождевальная машина «Ладога» отечественного производства по заводской стоимости превышает стоимость американского аналога у дилеров.

При выборе дождевального устройства оценивается соответствие средней интенсивности искусственного дождя по технологическим возможностям дождевального устройства с впитывающей способностью почвы (скоростью безнапорного впитывания поливной воды в почву); соответствие размеров, конфигурации и рельефных условий орошаемого участка техническим параметрам и технологическим возможностям дождевального устройства; соответствие регламентных параметров устройства микроклиматическим условиям полива (по интенсивности ветров и испарения воды из дождевого облака); учитываются фитобиологические требования возделываемых культур к параметрам искусственного дождя (по допустимой крупности дождевых капель и высоты их падения) и параметрам дождевого полива. При технико-экономическом варьировании техническими решениями при разработке проектов учитываются хозяйственно-экономические, правовые и организационные соображения; возможности устройства оросительной сети; технико-экономические показатели устройств и дождевальных систем в целом.

При экономическом обосновании проектов орошения участков с определёнными видами дождевальной техники учитывается стоимость строительства оросительной сети и объектов водоподачи (насосных станций), стоимость дождевальных устройств соответствующего (конкурентоспособного) уровня и качества, эксплуатационные и другие затраты (стоимость водных, энергетических и других ресурсов). В результате расчётов устанавливаются экономические показатели проектных решений и срок окупаемости затрат на их реализацию и использование орошаемых участков (угодий).

32.2 Направления совершенствования средств дождевого орошения

Современные обоснования совершенствования существующих и используемых дождевальных систем, машин, установок, дождевателей, дождеобразователей и других устройств дождевого орошения разработаны специалистами РосНИИПМ, ВНИИ «Радуга», ВолжНИИГиМ и других организаций. Известны предложения и рекомендации В. Н. Щедрина, Ю. Ф. Снопич, К. В. Губера, В. И. Городничева, В. Ф. Носенко, Г. В. Ольгаренко, Б. П. Фокина, Н. Ф. Рыжко и ряда других специалистов, отдельные из которых приведены ниже.

По мнению специалистов ВолжНИИГиМа совершенствование существующей дождевальной техники необходимо осуществлять в направлении улучшения качества дождя и повышения степени соответствия процесса полива агроэкологическим требованиям, снижения материалоемкости и энерго-

ёмкости, автоматизации систем управления на базе компьютерных технологий и использования информационно-советующих систем оперативного управления поливными режимами по агрометеопараметрам, а также создания машин с изменяемой шириной захвата, применения новых технологий и материалов, компоновочных решений, дождевальных оросительных систем и сетей, уменьшения воздействия ходовых систем на почву, модификации дождевальных систем для многоцелевого их использования (внесение минеральных и органических удобрений, микроэлементов, химических веществ с поливной водой, проведения мелкодисперсного и аэрозольного дождевания).

По мнению К. В. Губера «применительно к орошаемому земледелию» необходимо осуществить переход от проведения отдельных технологических операций (полива, внесения удобрений, борьбы с вредителями и болезнями растений, внесения химических мелиорантов, ростовых и других веществ) «к одновременному выполнению этих операций за один рабочий цикл». В широкозахватных дождевальных машинах перспективна замена металлических трубопроводов на металлопластиковые или стеклопластиковые.

Необходимо снизить интенсивность дождя, создаваемого широкозахватными машинами, работающими в движении путём расстановки на открылках различных типов дефлекторных насадок кругового и секторного действия, позволяющих увеличить длину захвата дождём до $30 \div 32$ м.

Для многоцелевого применения дождевальных машин необходимо разработать соответствующие рабочие органы и оптимизировать парк многоцелевых дождевальных машин. В современных дождевальных машинах (третьего и четвёртого поколений) целесообразно применять системы «сухого следа», предусматривающие полив участка хода (перемещения) колёс опорных тележек после их прохода по полю из штанг, располагаемых на колёсных опорах.

По мнению Ю. Ф. Снопич «дальнейшее высокоэффективное развитие поливной техники должно базироваться на разработке и освоении гибких технологий, основанных на сочетании комплексных конструкций. Реализуются они с помощью унифицированных модульных технических узлов и средств многоцелевого использования с замкнутыми и полузамкнутыми системами и системами управления, обеспечивающими экономически обоснованные затраты при производстве сельскохозяйственных культур. В первую очередь речь идёт о создании блок-модулей с использованием поливных машин нового поколения, которые за счёт снижения металлоёмкости и энергоёмкости позволят сделать их доступными для широкого круга сельхозпроизводителей», что в полной степени соответствует и нашему мнению.

По мнению академика РАН В. Н. Щедрина и доктора технических наук Ю. Ф. Снопич стратегия дальнейшего развития поливной техники должна вестись по нижеследующим направлениям: 1) модернизация существующей поливной техники, в том числе с использованием модульных схем в виде мобильных сборно-разборных поливных установок; 2) разработка, производство и введение в хозяйственный оборот АПК поливной техники нового поколения с существенно более высокими технико-экономическими параметрами.

При этом должны быть значительно до 30÷40 % уменьшены металло-, материало- и энергоёмкость дождевальных машин. В процессе создания новых поливных машин должны использоваться новые конструкционные материалы и средства; 3) организация новых многофункциональных механизированных технологий и форм организации использования поливной техники как «человеко-машинных» систем, что является основой вывода сельскохозяйственного производства на общественно необходимые объёмы производства отечественного продовольствия и его общемировую конкурентоспособность.

Модернизация существующей техники предполагает: замену дорогостоящих узлов и деталей из цветных металлов на более дешёвые и износостойчивые; усовершенствование систем перемещения, управления и защиты с целью уменьшения энергопотребления; перевод широкозахватной поливной техники на работу из открытой и (или) мобильной оросительной сети.

При разработке техники нового поколения следует придерживаться следующих основных направлений: повышение её производительности; уменьшение материалоёмкости и энергопотребления на 1 л подаваемого расхода воды и 1 га орошаемой площади; исключение кадровых ограничений при эксплуатации ДМ; расширение унификации узлов и деталей. По мнению Г. В. Ольгаренко и других, новая дождевальная техника должна быть многофункциональной и кроме полива должна предусматривать возможность внесения растворённых в поливной воде удобрений, химических мелиорантов и препаратов. Необходимо предусмотреть максимально возможную автоматизацию технологического процесса с широким спектром возможностей регулирования его параметров с учётом конкретных условий реализации дождевого полива. Наряду с высокой продуктивностью, новая и модернизированная дождевальная техника должна быть экологичной и адаптивной в части качества искусственного дождя и процесса дождевания.

Отмеченное выше направление совершенствования дождевальной техники реализуется в РосНИИПМ и ВНИИ «Радуга».

Отметим, что даже эффективные конструкции дождевальных машин должны эффективно использоваться и качественно эксплуатироваться.

32.3 Общее заключение

1 В современной мировой и отечественной ирригации широкое распространение получили средства и технологии дождевого орошения (дождевания), являющегося наиболее природоподобным способом увлажнения ландшафтов (сельскохозяйственных угодий). При дождевом орошении обеспечивается: регулирование микроклимата (повышение влажности, повышение и (или) понижение температуры приземного слоя воздушной среды); увлажнение стеблелистовой поверхности растений и очистка их твёрдого осадка; регулирование влажности в корнеобитаемом почвенном покрове и опосредованное управление тепловым, воздушным, пищевым и водным режимом почв и корневых систем растений. Процесс дождевого орошения имеет высокий (соответствующий современным требованиям) уровень механизации и авто-

матизации, а технологии дождевого полива («дождевания») являются высокопроизводительными. Дождевое орошение в настоящее время является и в обозримой перспективе будет оставаться приоритетным(ой) способом (технологией) искусственного увлажнения сельхозугодий.

2 Дождевое орошение (дождевание или орошение дождеванием) обеспечивается использованием дождевальных средств [дождевальных машин, установок, комплектов дождевального оборудования и дождевателей, оборудованных дождеобразующими устройствами (дождеобразователями)]. При работе средств дождевания в приземном слое воздуха образуется искусственное дождевое(й) облако (факел, шлейф), охватывающее(ий) определённое пространство, из которого на растительный и (или) почвенный покров орошаемого участка выпадают разноразмерные дождевые капли. При этом в зоне образования дождевого облака (факела, шлейфа) снижается температура воздуха и повышается его влажность; водные капли смывают с листовой поверхности растений загрязняющие вещества и снижают её температуру; происходит искусственное увлажнение почвы при просачивании в неё поливной воды; обеспечивается регулирование водного режима сельхозудья.

3 Средства дождевого полива (дождевальная техника) должны(а) соответствовать современному уровню надёжности, экологичности, экономичности, безопасности, эргономичности, ресурсосбережения, многофункциональности, адаптированности к условиям её использования, долговечности и ремонтоспособности, минимальной ресурсоёмкости (т. е. осуществлять поливы при минимуме трудовых, энергетических, материально-технических, водных ресурсов) в обслуживании и использовании.

4 В отечественной практике дождевого орошения используются дождевальные машины первого, второго и третьего поколения. Большая часть используемой дождевальной техники выработала свой технический ресурс, при этом многие модели дождевальных устройств имеют реальные возможности для модернизации. Наряду с отечественными средствами используется дождевальная техника, преимущественно, третьего поколения, импортируемая из Австрии, Германии, Израиля, Испании, Италии, США, Франции, Чехии и других стран: автоматизированные, широкозахватные, электроприводные, пневмоколёсные дождевальные машины, питающиеся поливной водой из закрытой и открытой оросительной сети, с сезонно обслуживаемой площадью от 10÷50 и до 300÷400 га; шлангобарабанные дождевальные машины на базе среднеструйных аппаратов и двухконсольных дождевателей с низконапорными дождеобразователями, рекомендуемые для полива мезо- и наноплощадных участков в крестьянских (фермерских), приусадебных и садово-огородных хозяйствах; стационарные и перемещаемые системы, установки и дождеватели для полива декоративных и тепличных (оранжерейных) культур; системы мелкодисперсного и аэрозольного дождевания (увлажнения).

5 Обязательным рабочим элементом средств дождевания являются дождеобразующие устройства – дождеобразователи. В учебном пособии рассмотрен широкий спектр известных, разработанных и применяемых дождеобразователей, указаны их технические характеристики и технологические

показатели, отмечены их очевидные достоинства и недостатки. Дождеобразующие устройства (насадки и аппараты) различных моделей (конструктивных решений конструкций) и типоразмеров характеризуются: расходом поливной воды; рабочим напором; радиусом захвата; диаметром капель формируемого или искусственного дождя; коэффициентом неравномерности распределения слоя выпадающих осадков по зоне захвата дождём и интенсивностью дождя. Показатели формируемого ими искусственного дождя изменяются в широком диапазоне значений и не всегда соответствуют почвенно-фенологическим ограничениям. Известные дождеобразователи отличаются по таким техническим характеристикам, как энергоёмкость (энергопотребность); надёжность, регулируемость, ремонтпригодность, долговечность, стоимость, качество искусственного дождя, материалоёмкость, масса и другим показателям. Несмотря на широкий спектр известных конструкций средств дождевого полива, перспективы их комплексной оценки, исследований и дальнейшего их совершенствования остаются открытыми.

6 Определяющей характеристикой дождевого орошения является количество и качество искусственного дождя. Необходимое (потребное) для сельскохозяйственного угодья количество дождевых осадков определяется показателями режима его орошения, а качество искусственного дождя определяется экологическими (почво- и фитозащитными) требованиями (условиями) и ограничениями. Показатели количества и качества искусственного дождя определяют режим полива сельскохозяйственного угодья. К настоящему времени сформулированы общие требования к качеству искусственного дождя (допустимой интенсивности, допустимой продолжительности полива и допустимой нормы единовременного полива), но количественные значения этих показателей установлены сугубо (преимущественно) на ориентировочном уровне и рекомендуются к экспериментальному (опытному) уточнению. В пособии сделана попытка обобщения известных опытных данных по допустимым значениям интенсивности ($I_{\text{д/доп}}$, мм/мин) и продолжительности дождевого полива ($t_{\text{пол/доп}}$, мин) для широкого спектра топографических («уклонных»), почвенных и фенологических условий. Предложенные зависимости позволяют с приемлемой для практики точностью определить допустимые значения ($I_{\text{д/доп}}$) и ($t_{\text{пол/доп}}$) и разработать соответствующий условиям полива и применяемой дождевальной техники поливной режим. Несмотря на определённый прогресс в методологии и практике разработки поливных режимов сельхозугодий и определении его параметров, основные их положения нуждаются в экспериментальной проверке и уточнении.

7 Искусственный дождь, формируемый дождевателями (дождевальными устройствами – насадками, аппаратами, «распылителями», «водомётами», «разбрызгивателями», «спринклерами» и др.), характеризуется диаметром дождевых капель, силой удара капель по поливаемой поверхности, интенсивностью дождя и равномерностью распределения водных масс по поливаемой площади. В предлагаемом читателю учебном пособии реализована попытка упорядочения подходов и методик определения значений средней

интенсивности дождя, формируемого различными дождевальными устройствами, но вопросы определения истинной (действительной) интенсивности дождя и оценки равномерности его распределения по зоне единовременного захвата дождевым облаком (факелом или шлейфом) остаются ещё неразрешёнными, несмотря на настоятельную необходимость их определения.

8 Основным средством дождевания сельскохозяйственных угодий в настоящее время являются широкозахватные дождевальные машины, характеризующиеся определённым конструктивным решением, способом формирования, формой и размерами дождевого облака (факела, шлейфа); технологией создания и видом искусственного дождя; характером осуществления полива (в движении или с одной позиции); характером перемещения по поливному участку; размером и формой единовременно увлажняемого(й) пространства (зоны); источником питания поливной водой; средствами перемещения; видом энергопитания и другими конструктивными параметрами и характеристиками. При этом в качестве технических и технологических параметров рассматриваются: расход воды (расход дождевальной машины), в л/с; рабочее давление в водоводе, обеспечивающее регламентную работу дождеобразователей, в МПа; средняя (а в ряде случаев и действительная) интенсивность искусственного дождя, в мм/мин; средний слой дождя за один проход машины, в мм; ширина или радиус захвата зоны увлажнения, в м; площадь полива с одной позиции (однопозиционного полива), в га; сезонная производительность машины (сезонная нагрузка на машину), в га; расстояние между оросителями или гидрантами, в м; средний диаметр капель искусственного дождя, в мм; показатель равномерности (неравномерности) распределения осадков по поливному участку. Кроме основных вышеуказанных показателей используются дополнительные характеристики, раскрывающие индивидуальные особенности дождевальных машин.

9 Известны и в учебном пособии приведены методики комплексной оценки дождевальных машин, комплексно учитывающие ряд удельных показателей, позволяющие определить предпочтительность их конструктивных решений. В пособии определены основные направления дальнейшего совершенствования конструкций в части повышения их тактико-технических и экономических показателей и даны предложения по выбору определённого вида дождевальных машин. Отметим, что предложения по оценке, выбору и совершенствованию дождевальных машин и других средств дождевания должны учитывать показатель качества формируемого ими искусственного дождя, что в настоящее время в должной мере не учитывается.

10 Отечественные и зарубежные разработчики и создатели дождевальной техники разработали ряд конструкций дождевальных машин для полива средне- и малоплощадных участков орошения, среди которых шлангобарабанные дождевальные машины, мезо- и миниконструкции широкозахватных дождевальных машин (например, «Мини-Кубань» и «Мини-Фрегат»), являющихся их уменьшенным прообразом. Наличие таких дождевальных машин, даже при известных их недостатках, позволяет решить проблему полива

относительно небольших угодий, но вопросы качества полива и экономичности таких минимашин остаются неотработанными.

11 В пакете средств дождевания (современной дождевальной техники) имеются дождевальные установки и дождеватели различных конструкций, различного предназначения, различных технических и технологических показателей. В качестве таких дождевальных средств в пособии рассмотрены: ирригационные комплекты (КИ), шланговые дождеватели, дождевальные шлейфы, установки мелкодисперсного и аэрозольного дождевания (увлажнения), тепличные и нанодождеватели, стационарные и сезонно-стационарные дождевальные системы. Указанные средства дождевания «закрывают» свои определённые ниши в наборе дождевальной техники, имеют определённые (отмеченные в пособии) достоинства, недостатки и условия их применения.

12 Дождевое орошение обеспечивается открытыми, закрытыми и комбинированными дождевальными оросительными системами, устройство и обслуживание которых требует значительных затрат, сопоставимых со стоимостью (расходами) дождевальной техники (на дождевальную технику). Дождевальные оросительные системы создаются под определённую дождевальную технику. При проектировании таких систем основной проектной базой (проектно-расчётной единицей) является севооборотный массив (участок) сельскохозяйственных земель, обеспеченный поливной водой [в необходимом количестве и необходимого качества на весь период вегетации растений (оросительный период)]. При проектировании организации орошаемого массива под орошение дождеванием устанавливаются границы и площади отдельных севооборотов (севооборота), отдельных (составляющих севооборотный участок) полей, расположение дорог, лесных полос, станов, линий электропередач и других коммуникаций (скотопрогонов, трубопроводов и др.), отдельных сооружений и других объектов. При этом проект организации орошаемого массива (оросительной системы и её сети) увязывается с проектом организации территории (земель) хозяйства в целом, а в ряде случаев и соседствующих с ним землевладений. При землеустройстве и трассировании оросительных сетей учитываются особенности планируемой к использованию дождевальной техники. Так, при организации (землеустройстве и межевании) территории севооборота при орошении ДМ «Фрегат» желательно выделять чётное число полей (лучше 8 или 10), что позволяет эффективно использовать одну дождевальную машину на двух соседствующих (смежных) полях с культурами, отличающимися сроками поливов. Площадь поливного участка (отдельного поля орошаемого севооборота) при орошении дождевальной машиной «Фрегат» принимается кратной площади (захвата) полива, принятым типоразмером машины. При этом осуществляется увязка площадей полей с площадью, поливаемой определённым типоразмером и моделью дождевальной машины. При взаимной компоновке полей севооборота в увязке с размерами дождевального крыла машины рассматриваются их различные схемы. При этом учитывается возможность применения: преимущественно одноразмерных типов машин; разноразмерных машин и средств дождевого или иного полива угловых (не захватываемых основной

машиной) участков полей; одной дождевальной машины на двух соседствующих участках; перекрываемых зон полива дождевальной машиной, работающей на соседствующих поливных участках (полях). Из возможных схем (см. Б. Г. Штепа) наиболее продуктивной схемой является компоновка полей и поливной сети с возможностью использования одной дождевальной машины на двух соседствующих полях. При этом увеличивается сезонная нагрузка на машину и интенсивнее используется её производительный потенциал; уменьшаются вложения средств на приобретение двух дождевальных машин вместо одной. Определённую проблему, при этом, составляет необходимость перемещения (буксировки) машин с одной поливной позиции на другую.

Авторы учебного пособия, исходя из собственных представлений о средствах и технологиях дождевого орошения, поставили перед собой задачу собрать и в систематизированном виде (в едином стиле изложения) привести необходимую магистрантам и аспирантам информацию по дождеванию и дождевальной технике. К рассмотрению были выбраны наиболее актуальные вопросы дождевого орошения. При этом авторы не отказались от изложения известных положений и взглядов, от описания дождевальных средств уходящих поколений, чтобы любознательный читатель мог проследить процесс развития технологий дождевания. И если пользователи учебного пособия почерпнули из него необходимую информацию и пробудили у себя желание развить теорию и практику дождевого орошения, то его авторы посчитают поставленную перед собой цель достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Афанасьев, В. М. Пути качественного развития и классификация многоопорных фронтальных дождевальных машин / В. М. Афанасьев, В. Г. Луцкий, К. В. Губер // Надёжность и качество технологического процесса полива: сб. – М.: ВНИИГиМ, 1988. – С. 38–44.
- 2 Бородычев, В. В. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 72 с.
- 3 Бредихин, Н. П. Дождевальные шлейфы (теория, конструкции, проектирование, эксплуатация): монография / Н. П. Бредихин – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2013. – 400 с.
- 4 Ванеян, С. С. Эффективность полива овощных культур дождеванием малыми нормами / С.С. Ванеян // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 10–12.
- 5 Винникова, Н. В. Механизация и техника полива сельскохозяйственных культур: альбом-справочник / Н. В. Винникова, А. М. Полонский, Н. В. Данильченко. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 156 с.
- 6 Гобеев, А. Б. Орошение овощных культур дождеванием / А. Б. Гобеев, К. В. Губер. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 72 с.
- 7 Голченко, М. Г. Орошение садов и ягодников / М. Г. Голченко. – Минск: Ураджай, 1984. – 87 с.
- 8 Городничев, В. И. К оценке дождевальной техники / В. И. Городничев // Экологически и экономически обоснованные технологии и технические средства полива: сб. – М.: ВНИИГиМ, 1989. – С. 121–127.
- 9 Городничев, В. И. Методика оценки и технические средства контроля качества работы дождевальной техники / В. И. Городничев // Мелиорация и водное хозяйство, 2002. – № 2. – С. 37–38.
- 10 Городничев, В. И. Системы контроля и оценки качества дождя, работы дождевальных машин / В. И. Городничев // Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии: сб. науч. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Ч. 1. – Коломна: ВНИИ «Радуга». – 2003. – С. 184–187.
- 11 Городничев, В. И. Совершенствование методики оценки качества работы дождевальных машин / В. И. Городничев // Материалы междунар. конф. «Экологические проблемы мелиорации». – М.: ВНИИГиМ, 2002. – С. 280–282.
- 12 РД 50-64-84 «Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции. – Взамен ГОСТ 22851-77; введ. 1985-01-01. – М.: Изд-во Стандартов, 1984. – 32 с.
- 13 Грамматикати, О. Г. Экологическое значение мелкодисперсного дождевания / О. Г. Грамматикати, Е. И. Кузнецова // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 5. – С. 55–56.

14 Григоров, С. М. Дифференциация поливов дождеванием в Волгоградской области / М. С. Григоров. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2006. – 328 с.

15 Губер, К. В. Дождевальные машины и их применение / К. В. Губер. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 70 с.

16 Губер, К. В. Требования к характеристикам дождя при создании дождевальной техники / К. В. Губер, Г. П. Лямперт, М. Ю. Храбров // Современные проблемы мелиорации и пути их решения: сб. – Т. 1. – М.: ВНИИГиМ. – 1999. – С. 187–199.

17 Дадио, К. Т. Определение размера капель дождя и выявление характера его распределения / К. Т. Дадио, А. В. Валлендер // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 10. – С. 23–34.

18 Данильченко, Н. В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм / Н. В. Данильченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 25–29.

19 Данильченко, Н. В. О новых подходах к расчётам водопотребления в свете задач по восстановлению роли орошения в сельскохозяйственном производстве России / Н. В. Данильченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 6. – С. 30.

20 Ерхов, Н. С. К вопросу оценки дождевальных машин с учётом эрозионно-допустимых поливных норм / Н. С. Ерхов // Современные методы разработки и оценки технологии и технических средств полива: сб. – М.: ВНИИГиМ, 1986. – С. 30–38.

21 Ерхов, Н. С. Методика определения водопроницаемости почв при поливе дождеванием / Н. С. Ерхов // Почвоведение. – 1974. – № 8. – С. 62–65.

22 Ерхов, Н. С. Сельскохозяйственная мелиорация и водоснабжение: учеб. пособие / Н. С. Ерхов, В. С. Мисенёв, Н. И. Ильин. – М.: Колос, 1983. – 351 с.

23 Ерхов, Н. С. Эрозионно-допустимые поливные нормы для ЭДМФ «Кубань» / Н. С. Ерхов, А. А. Митрюхин // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 6. – С. 33–36.

24 Исаев, А. П. Регулирование режимов работы дальнеструйных дождевальных машин и качества дождя / А. П. Исаев // Гидротехника и мелиорация. – 1967. – № 2. – С. 18–21.

25 Исаев, А. П. Измерение характеристик искусственного дождя / А. П. Исаев, В. К. Цуканов // Тракторы и сельхозмашины. – 1973. – № 1.

26 «Каравелла» – широкозахватная машина фронтального действия с гидроприводом: протокол испытаний № 5-81. – Коломна, 1981. – 66 с.

27 Кервалишвили, Д. М. Дождевальные установки и вопросы их применения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Кервалишвили Джемлей Михайлович. – М., 1970. – 45 с.

28 Дождевальная машина «Фрегат» низконапорной модификации / П. И. Коваленко, Ю. И. Гринь [и др.] // Гидротехника и мелиорация, 1987. – № 9. – С. 45–47.

29 Козлов, А. И. Комплект медленного дождевания для противозаморозковых и освежительных поливов / А. И. Козлов, С. М. Сталина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 8–10.

30 Колесник, Ф. И. Оценка качества искусственного дождя / Ф. И. Колесник // Гидротехника и мелиорация. – 1968. – № 2. – С. 27–30.

31 Краковец, В. М. Справочник оператора Фрегата и Волжанки / В. М. Краковец, С. Н. Никулин. – М.: Колос, 1976. – 240 с.

32 Лебедев, Б. М. Дождевальные машины / Б. М. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1977. – 284 с.

33 Лебедев, Б. М. Закономерности распределения воды при дождевании / Б. М. Лебедев // Тр. ВИСХОМ, 1971. – Вып. 67.

34 Лось, М. Сравнительные испытания новых дождевальных машин / М. Лось, А. Цымбар // Гидротехника и мелиорация. – 1969. – № 10. – С. 53–63.

35 Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – Росагропромиздат, 1989. – 384 с.

36 Меламед, М. Д. О перспективах рынка зарубежных дождевальных машин в России / М. Д. Меламед, Е. И. Кормыш, К. В. Губер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 50–53.

37 Мелиорация земель / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – М.: КолосС, 2011. – 824 с.

38 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

39 Методические рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания: инструктивно-методич. изд. – М.: Росинформагротех, 2010. – 100 с.

40 Методические рекомендации по применению и эксплуатации комплектов ирригационного оборудования КИ-5 и КИ-10, передвижного комплекта ДДПТ-30 и шлангового дождевателя. – Коломна: ВНИИ «Радуга», 2008. – 54 с.

41 Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

42 Миленин, Б. О. О выборе основных параметров дождя для оценки дождевальных машин и установок / Б. О. Миленин // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 8. – С. 77–81.

43 Многоопорные дождевальные машины / С. Х. Гусейн-Заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко, В. Г. Луцкий; под ред. С.Х. Гусейн-Заде. – М.: Колос, 1984. – 176 с.

44 Москвичев, Ю. А. Методика определения скорости впитывания воды в почву при дождевании для расчета допустимой интенсивности / Ю. А. Москвичев, Н. С. Ерхов, М. И. Бычков // Сб. науч. тр. ВНИИМ и ТП. – 1973. – Т. IV. – С. 129–134.

45 Номенклатурный каталог дождевальной техники и оборудования. – Зарубежное оборудование. – М.: ЦНТИ «Мелиоинформ», 2001. – Ч. 2. – 55 с.

46 Носенко, В. Ф. Оценка гидравлических характеристик дождевальных машин «Кубань» / В. Ф. Носенко, В. Г. Луцкий, С. С. Савушкин // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – № 5. – С. 41–43.

47 Носенко, В. Ф. Пути развития энерго- и материалосберегающих технологий орошения / В. Ф. Носенко // Широкозахватная дождевальная техника и оптимизация её параметров: сб. науч. тр. ВНИИМТП. – М., 1984. – С. 10–22.

48 Многоопорные широкозахватные дождевальные машины, работающие в движении и по кругу: обзор. информ. / В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова, А. А. Митрюхин, Л. А. Перевезенцев // Мелиорация и водное хоз-во. Сер. «Совершенствование и опыт эксплуатации многоопорных широкозахватных дождевальных машин, работающих в движении». – М.: ЦБНТИ, 1985. – 89 с.

49 Обоснование эффективности применения дождевальных машин [Электронный ресурс] / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. М. Игнатьев // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 06(100). – IDA [article ID]: 1001406016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/06pdf,16.pdf>.

50 Ольгаренко, Г. В. Дождевальная техника нового поколения / Г. В. Ольгаренко, В. И. Городничев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 34–36.

51 Ольгаренко, Г. В. Перспективы использования серийной и новой поливной техники в АПК России / Г. В. Ольгаренко, С. М. Давшан, С. С. Савушкин. – Коломна: ВНИИ «Радуга», 2008. – 68 с.

52 Ольгаренко, Г. В. Стратегия научно-технической деятельности по разработке новой техники для орошения при реализации программы развития мелиорации / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 5–8.

53 Ольгаренко, Д. Г. Система показателей для оценки качества полива сельскохозяйственных культур дождеванием / Д. Г. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 23–26.

54 Определение размера капель и равномерности полива при использовании низконапорных дождевателей. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1987. – 533 с.

55 Поливная техника: кат.-справ. / ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2007. – 50 с.

56 Поляков, Ю. П. Руководство по предупреждению и регулированию эрозии почв при поливах дождеванием / Новочерк. гос. мелиор. акад.; разработчик Ю. П. Поляков. – Новочеркасск, 1998. – 52 с.

57 Проектирование оросительной сети с ЭДМФ «Кубань»: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроект 12.06.84 / М-во мелиорации и водного хозяйства СССР; Союзводпроект. – М., 1984.

58 Проведение испытаний ДМФ «Каравелла» / НТО ВНПО «Радуга». – Коломна, 1984. – 70 с.

59 Проектирование внутрихозяйственной оросительной сети с МДЭФ «Кубань-Л»: Пособие к СНиП 2.06.03.-85 «Мелиоративные системы и сооружения» / МВХ СССР. – М., 1986. – 66 с.

60 Протокол № 2-86 испытаний широкозахватной дождевальнoй машины «Каравелла». – Коломна: Радуга, 1986.

61 Протокол № 34-92-84 (4262110) государственных (приёмочных) испытаний дождевальнoй машины «Коломенка-100». Владимирская МИС. – Покров, 1984. – 145 с.

62 Протокол № 6-86 испытаний дождевальных машин МДЭФ «Кубань-Л», ГСКБ по орошению. – Коломна, 1986.

63 Протокол по проведению предварительных испытаний опытных образцов машин дождевальных «Кубань-Э1», «Кубань-Э2» и «Кубань-Э3» с централизованным электроснабжением. – Л.: СКБ ДМ «Дождь», 1990. – 189 с.

64 Раджаб, Т. Н. Исследование влияния интенсивности дождя на время затопления поверхности почвы / Т. Н. Раджаб // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 2.

65 Романов, В. М. Перспективные способы и техника полива / В. М. Романов, Т. И. Иванцова, Т. Л. Волчкова. – М.: Колос, 1974. – 127 с.

66 Руководство по эксплуатации оросительных систем с применением ДМ «Кубань», питающихся от стационарных источников энергоснабжения / Б. П. Фокин, В. Ф. Шиндялов, В. Ю. Арзамасцев [и др.]. – Ставрополь, 1988. – 72 с.

67 Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальнoй машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Никлай Фёдорович. – Саратов, 2012. – 47 с.

68 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2009. – 176 с.

69 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье: монография. – Саратов: Саратовский источник, 2007. – 110 с.

70 Низконапорная дождевальная машина «Фрегат» / А. И. Рязанцев [и др.] // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 5. – С. 33–35.

71 Рязанцев, А. И. Совершенствование многоопорных ДМ кругового действия для сложных условий / А. И. Рязанцев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – № 11. – С. 37–42.

72 Сапунков, А. П. Применение дождевальнoй техники. Современные тенденции: учеб. пособие для ФПК / А. П. Сапунков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 126 с.

73 Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / А. А. Богусhevский, А. И. Голованов, В. А. Кутергин, М. Г. Мамаев, Е. С. Марков, Н. Г. Раевская, П. И. Фокеев; под ред. Е. С. Маркова. – М.: Колос, 1981. – 375 с.

74 Сенчуков, Г. А. Перспективы развития отечественной дождевальной техники / Г. А. Сенчуков, В. В. Слабунов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 27–28.

75 Сильченков, И. С. Мелиоративная оценка работы дождевальной машины «Фрегат»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Сильченков Иван Степанович. – М., 1975. – 20 с.

76 Слабунов, В. В. Методы и критерии оценки качества искусственного дождя / В. В. Слабунов, А. С. Штанько, П. М. Недорезов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Вып. 34. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002. – С. 180–186.

77 Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин, под ред. В. Н. Щедрина. – В 2 ч. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 854 с.

78 Снопич, Ю. Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием / Ю. Ф. Снопич. – Новочеркасск: Геликон, 2007. – 110 с.

79 Снопич, Ю. Ф. Испарение из дождевого облака, формируемого секторной насадкой / Ю. Ф. Снопич, Ю. С. Карасев, Д. В. Сухарев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 40–41.

80 Снопич, Ю. Ф. Перспективные направления развития дождевальной техники / Ю. Ф. Снопич, В. Н. Щедрин, А. В. Колганов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 20–22.

81 Справочник мелиоратора / под ред. Б. С. Маслова. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 235 с.

82 Справочник по орошаемому земледелию / сост. проф. Н. А. Ношенко – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1993. – 432 с.

83 СТО АИСТ 11.1-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. – Взамен СТО АИСТ 11.1-2004; введ. 2011-04-15. – М., 2012. – 53 с.

84 Ступак, В. А. Исследование и рациональная эксплуатация закрытых систем дождевания машин «Фрегат»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Ступак Василий Алексеевич. – Минск, 1978. – 24 с.

85 Техническая инструкция по подготовке исходной информации для контроля и диагностики эффективности использования поливной техники на оросительных системах / Г. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко [и др.]. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2001. – 37 с.

86 Урванцев, Г. С. Фрегаты на фермерском поле / Г. С. Урванцев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 34–35.

87 Фокин, Б. П. Назначение и выбор оптимальных схем полива многоопорными дождевальными машинами «Кубань» / Б. П. Фокин, В. И. Мирошниченко // Изв. СКЦВШ. Сер. «Ест. науки». – 1987. – № 3. – С. 12–14.

88 Фокин, Б. П. Научные основы разработки современных технологий полива дождеванием и оптимизация основных параметров дождевальных машин / Б. П. Фокин. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2001. – 95 с.

89 Фокин, Б. П. Повышение эффективности полива многоопорными дождевальными машинами: дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Фокин Борис Павлович. – Ставрополь, 2002. – 313 с.

90 Чижиков, Г. И. Исследование процессов непрерывного и прерывистого дождевания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Чижиков Геннадий Иванович. – Волгоград, 1970.

91 Чичасов, В. Я. Впитывание воды в почву при непрерывном дождевании / В. Я. Чичасов, Н. С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. – 1965. – № 7. – С. 8–15

92 Широкозахватные дождевальные машины «Фрегат» и «Волжанка»: сб. науч. трудов ВНИИМиТП / ВНИИМиТП. – Т. 5. – Коломна, 1974. – 382 с.

93 Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

94 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 657 с.

95 Щедрин В. Н. Перспективные направления развития дождевальной техники / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Ю. Ф. Снопич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 20.

Учебное издание

Васильев Сергей Михайлович
Шкура Виктор Николаевич

ДОЖДЕВАНИЕ

Учебное пособие

Подписано в печать 25.04.2016. Формат 60×84 1/8
Усл. печ. л. 40,94. Тираж 500 экз. Заказ № 37

ФГБНУ «РосНИИПМ»
346421, Ростовская область, г. Новочеркасск,
Баклановский проспект, 190

Отпечатано с готового оригинал-макета
ИП Белоусов А. Ю.
346421, Ростовская область, г. Новочеркасск,
Баклановский проспект, 190 «Е»