

Технология и средства механизации

УДК 631.347.1

В. В. КАШТАНОВ

Федеральное государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения
«Радуга», Коломна

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК И АППАРАТОВ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ МАЛЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Представлены общие требования к экологически безопасному поливу дождеванием. Даны характеристики качественных показателей дождя, создаваемого техническими средствами полива, интенсивности искусственного дождя. Рассмотрены вопросы повышения производительности технических средств.

Экологически безопасный полив, дождевание, аппараты кругового действия, орошение малых площадей, поливные нормы, дождевальная установка, интенсивность дождя.

General requirements to the ecologically safe sprinkler irrigation are given. There are given characteristics of the rain qualitative indicators produced by irrigation technical means, intensity of the artificial rain. Questions of improvement of the technical means productivity are considered.

Ecologically safe irrigation, sprinkling, irrigation of small areas, irrigation rates, sprinkler, rain intensity.

Сельскохозяйственные товаропроизводители предъявляют следующие требования к качеству полива дождеванием: обеспечение необходимой глубины увлажнения почвы; получение высокой равномерности распределения воды под культурой; сохранение комковатости структуры почвы после по-

лива (отсутствие почвенной корки); недопустимость механического повреждения орошаемых культур искусственным дождем и элементами конструкции технического средства полива. Поэтому при использовании любого способа орошения, в том числе дождевания, определяющим фактором должна являть-

ся не только возможность обеспечения в полной мере потребности сельскохозяйственной культуры в воде, но и учет водно-физических свойств почвы, на которой она произрастает.

Одними из главных факторов при выборе способа и техники полива являются биологические. К ним относятся: продолжительность вегетационного периода; потребность культуры в воде, определяющая величину оросительной нормы; особенности развития надземной и корневой части растений.

В таблицах 1 и 2 представлены зависимости оросительных и поливных норм, а также числа поливов основных видов культур, выращиваемых на садово-огородных и приусадебных участках Московской области, от глубины активного корнеобитаемого слоя почвы и ее механического состава [1, 2].

Анализ данных показывает, что при орошении дождеванием величина оросительных и поливных норм, а также количество поливов изменяется: на легких почвах поливные нормы меньше, а число поливов больше, на тяжелых — наоборот. В условиях Московской области поливные нормы для плодово-ягодных культур изменяются от 200 до 600 м³/га, а число поливов — от 2 до 9 (см. табл. 1); для различных овощных культур поливные нормы изменяются от 150 до 300 м³/га, а число поливов — от 3 до 9 (см. табл. 2).

Практика применения орошения дождеванием показывает, что наиболее эффективными являются частые поливы с небольшими поливными нормами. Это объясняется тем, что такие режимы орошения формируют неглубокую, но очень развитую горизонтально корневую систему растений, выращиваемых на приусадебных и садово-огородных участках, и повышают урожайность выращиваемых культур.

Наиболее ценными при дождевании являются почвенные агрегаты от 10 до 0,25 мм. Но во время полива количество крупных частиц уменьшается, а количество мелких и пылевидных

фракций с размерами 0,5...0,25 мм увеличивается. Этот процесс происходит наиболее активно в верхнем горизонте почвы (0...5 см). В дальнейшем уменьшение размеров почвенных агрегатов ведет к заилыванию и образованию поверхностного стока. Такие изменения агрегатного состояния почвы связаны с правильным выбором характеристик искусственного дождя — интенсивностью и крупностью (диаметром) капель [3].

Положительный эффект от полива дождеванием достигается при условии, что интенсивность дождя, образуемого дождевальными установками, не превышает (близка по значению) скорости впитывания (скорости инфильтрации) воды в почву, а крупность капель оптимальная. При этом условии интенсивность дождя называют допустимой, а поливную норму или слой осадков досточковыми.

Эмпирическая зависимость величины досточкового слоя осадков h (миллиметры), впитывающегося в почву до появления луж, от интенсивности искусственного дождя i (миллиметры в минуту) и диаметра капель d (миллиметры) имеет следующий вид [4]:

$$h = \frac{P}{\sqrt{i}} e^{-0,5d}, \quad (1)$$

где P — показатель безнапорной водопроницаемости данного типа почвы при дождевании; e — основание натурального логарифма.

В процессе дождевания экологически безопасным технологическим слоем осадков искусственного дождя (нормой полива) является слой осадков, не превышающий досточкового или эрозивно допустимого [5]. Для каждого типа почвы он характеризуется допустимой средней интенсивностью дождя i_{cp} и средним диаметром капель d_{cp} . В соответствии с агротехническими требованиями к дождевальной технике средний диаметр капель не должен превышать 1,0 мм. Тогда, при требуемых поливных нормах от 150 до 600 м³/га, допустимая интенсивность дождя для основных типов почв с $P = 20...120$ будет иметь значения, указанные

Таблица 1

Нормы водопотребления для плодово-ягодных культур при орошении дождеванием в условиях Московской области

Культура	Глубина активного корнеобитаемого слоя почвы, см	Механический состав почвы	Оросительная норма, м ³ /га	Поливная норма при предполивной влажности 80 %, м ³ /га	Число поливов за сезон
Яблоня	20...80	Супесь	1400	300	4...5
		Легкий суглинок		400	3...4
		Средний суглинок		500	2...3
		Тяжелый суглинок, глина		600	2...3
Смородина	30...40	Супесь	1900	200	8...9
		Легкий суглинок		200	
		Средний суглинок		250	7...8
		Тяжелый суглинок, глина		300	6...7
Крыжовник	30...40	Супесь	1200	200	5...6
		Легкий суглинок		200	5...6
		Средний суглинок		250	4...5
		Тяжелый суглинок, глина		300	3...4
Вишня	30...40	Супесь	1000	200	4...5
		Легкий суглинок		200	4...5
		Средний суглинок		250	3...4
		Тяжелый суглинок, глина		300	3...4
Груша	20...50	Супесь	1250	200	6...7
		Легкий суглинок		300	4...5
		Средний суглинок		300	4...5
		Тяжелый суглинок, глина		400	3...4
Слива	20...30	Супесь	1250	150	8...9
		Легкий суглинок		200	6...7
		Средний суглинок		200	6...7
		Тяжелый суглинок, глина		250	5...6
Земляника, малина	20...30	Супесь	1170	150	7...8
		Легкий суглинок		200	5...6
		Средний суглинок		200	5...6
		Тяжелый суглинок, глина		250	4...5

в табл. 3.

Показатель P является специфической характеристикой почв и позволяет следующим образом классифицировать их по водопроницаемости: $P < 10...20$ — очень низкая (тяжелый суглинок, глина); $P = 10...30$ — низкая (средний суглинок); $P = 31...60$ — средняя (легкий суглинок); $P = 60...90$ — высокая (супесь); $P > 90$ — очень высокая (песок) [6]. Средняя интенсивность дождя i_{cp} является обобщающим количественным показателем дождевания и отражает «дождевую нагрузку» на орошаемую площадь, определяя среднюю плотность выпадения

осадков за все время полива.

Для установок позиционного действия с вращающимися дождевальными крыльями или среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия этот относительный показатель определяют так:

$$i_{cp} = h/t, \tag{2}$$

где h — слой осадков за один оборот, мм; t — время одного оборота, мин.

Слой осадков за один оборот

$$h = 60Q/pR^2n, \tag{3}$$

где R — радиус орошения, м; n — число оборотов в минуту; Q — расход воды, л/с.

Если продолжительность одного оборота $t = 1/n$, тогда средняя

Таблица 2

Нормы водопотребления для различных овощных культур при орошении дождеванием в условиях Московской области

Культуры	Глубина активного корнеобитаемого слоя почвы, см	Оросительная норма, м ³ /га	Поливная норма, м ³ /га	Число поливов за сезон
Капуста ранняя	0...30	1100...1300	150...250	6...7
Капуста среднеспелая	0...35	1500...2000	150...250	7...8
Капуста поздняя	0...35	1500...2200	150...250	7...9
Цветная капуста	0...35	1000...1500	150...200	7...8
Огурцы	0...30	1200...1400	150...200	7...8
Томаты	0...30	1000...1200	150...200	5...6
Картофель	0...35	800...1000	200...300	3...4
Травяная смесь	0...30	1000...1500	250...400	4...5
Морковь	0...30	1000...1200	200...300	3...4
Свекла столовая	0...30	1000...1200	200...300	3...4
Лук на репку	0...35	800...1000	150...250	4...5
Зеленые культуры	0...30	500...700	150...200	3...4

Таблица 3

Допустимая интенсивность дождя, мм/мин, для основных типов почв при среднем диаметре капель 1,0 мм

Среднее значение безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании P_{cp}	Требуемый слой осадков, мм									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20	0,65	0,37	0,23	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
30	1,47	0,83	0,53	0,37	0,27	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09
40	2,62	1,47	0,94	0,65	0,48	0,37	0,29	0,23	0,19	0,16
50	>3,0	2,30	1,47	1,02	0,75	0,57	0,45	0,37	0,30	0,25
60	>3,0	>3,0	2,12	1,47	1,08	0,83	0,65	0,53	0,44	0,37
70	>3,0	>3,0	2,88	2,00	1,47	1,13	0,89	0,72	0,59	0,50
80	>3,0	>3,0	>3,0	2,62	1,92	1,47	1,16	0,94	0,78	0,65
90	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	2,43	1,86	1,47	1,19	0,98	0,83
100	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	3,00	2,30	1,82	1,47	1,22	1,02
120	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	2,62	2,12	1,75	1,47

интенсивность дождя

$$i_{cp} = 60Q/pR^2. \quad (4)$$

Средняя интенсивность дождя не зависит от числа оборотов крыльев установки или ствола аппарата и определяется исключительно расходом воды и площадью орошения. Поэтому именно средняя интенсивность дождя должна сравниваться с водопроницаемостью почвы, соответствовать ее агро-экологическим характеристикам и являться критерием при выборе типа дождевальной техники [7].

Увеличение средней интенсивности дождя с целью повышения производительности технических средств орошения возможно лишь до некоторого предела, при котором дождь начинает повреждать растения и сильно уп-

лотняет почву. Поэтому наряду с учетом типа почвы, вида орошаемой культуры, задаваемых поливных норм необходимо принимать во внимание связанный с интенсивностью размер капель искусственного дождя d_{cp} . Зависимость интенсивности дождя от крупности капель показана на рис. 1.

Как видно из рис. 1, дождь со средними диаметрами капель от 0,4 до 1,0 мм позволяет производить полив на основных типах почвы ($P = 20...70$) с повышенной интенсивностью или большими поливными нормами, что, в свою очередь, дает возможность сократить число поливов и добиться максимальной производительности технического средства полива.

Для оценки допустимого динамического воздействия падающего дождя

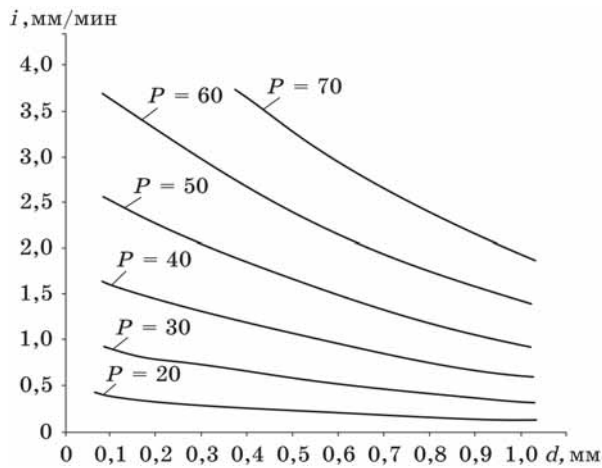


Рис. 1. Зависимость средней интенсивности искусственного дождя от среднего диаметра капель (до 1,0 мм) при норме полива 300 м³/га для различных типов почв

может быть использовано значение силы удара капель о почву, рассчитываемое по следующей формуле [8]:

$$F = \frac{0,5d_k^3 \rho v}{t}, \quad (5)$$

где F — сила удара капли дождя о почву, Н; v — скорость падения капли дождя, м/с; t — время взаимодействия капли с почвой, с; ρ — плотность воды, кг/м³; d_k — средний диаметр капли, м.

При работе дождевальной техники на орошаемую площадь одновременно выпадают капли различного размера и с разной высоты. Из всего спектра капель наименьшую конечную скорость падения 4...5 м/с имеют капли размером до 1,0 мм при высоте падения 1,0...1,5 м. Следовательно, при оценке капельно-ударного воздействия искусственного дождя на почву критерием качества может служить процентное содержание в нем капель размерами до 1,0 мм или средний диаметр капель.

Высота, с которой падает основная масса капель, определяется конструктивными параметрами дождевальной машины или установки и углом вылета факела дождя по отношению к горизонту. Если высота, на которой вертикальная составляющая скорости движения капель равна нулю, составляет 1,0...1,5 м, то динамическое воздействие капель на почву будет оптимальным, а полив — экологически безопасным. Эти показатели наклады-

вают определенные ограничения на конструктивные размеры установок позиционного действия, а также на выбор типа дождеобразующих устройств и схем их расстановки.

Определяющим показателем качества полива, наряду с отмеченными, является равномерность распределения искусственного дождя по орошаемой площади, которая в свою очередь связана со схемами размещения оросительной сети — питающих гидрантов и трубопроводов. Для дождевальных установок и аппаратов кругового действия получили распространение три схемы размещения гидрантов и трубопроводов: треугольная, квадратная и прямоугольная (рис. 2).

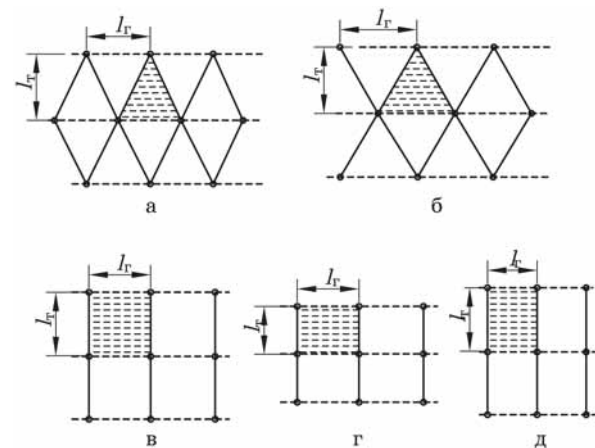


Рис. 2. Схемы размещения гидрантов и трубопроводов дождевальных установок и аппаратов кругового действия: а — треугольная схема при $l_r = l_t$; б — треугольная схема при $l_r > l_t$; в — квадратная схема при $l_r = l_t$; г — прямоугольная схема при $l_r > l_t$; д — прямоугольная схема при $l_r < l_t$

Выбор расстояний между гидрантами l_r (по линии трубопроводов) и между трубопроводами l_t определяется на основании геометрического минимума перекрытия площадей орошения с соседних позиций и зависит от величины радиуса орошения установки или аппарата R_{op} . Показателем минимума площади перекрытия является отношение площади перекрытия дождем S_p , приходящейся на одну позицию, к площади орошения на одной позиции с учетом перекрытия S_o .

Как видно из рис. 3, величина

$$S_{\Pi} = S_{\kappa} - S_0, \quad (6)$$

где S_{κ} — площадь, орошаемая с одной позиции без учета перекрытия, м²; $S_{\kappa} = \pi R_{\text{оп}}^2$.

Если размещение позиций осуществляется по вершинам равностороннего треугольника, то расстояния l_{Γ} и l_{T} будут равны:

$$l_{\Gamma} = 2R_{\text{оп}} \cos 30^{\circ} = 1,73R_{\text{оп}}; \quad (7)$$

$$l_{\text{T}} = (1 + \sin 30^{\circ})R_{\text{оп}} = 1,5R_{\text{оп}}. \quad (8)$$

Для «квадратной» схемы расстановки:

$$l_{\Gamma} = l_{\text{T}} = 2R_{\text{оп}} \cos 45^{\circ} = 1,42R_{\text{оп}}. \quad (9)$$

Величина площади орошения с учетом перекрытия для «треугольной» и «квадратной» схем соответственно равны:

$$S_0 = \frac{3\sqrt{3}R_{\text{оп}}^2}{2} = 2,62R_{\text{оп}}^2; \quad (10)$$

$$S_0 = \sqrt{2}R_{\text{оп}} \sqrt{2}R_{\text{оп}} = 2R_{\text{оп}}^2. \quad (11)$$

Согласно формуле (6): площадь перекрытия S_{Π} для «треугольной» схемы равна $0,54R_{\text{оп}}^2$, для «квадратной» — $1,14R_{\text{оп}}^2$; показатель минимума площади перекрытия для «треугольной» схемы равен 0,21; для «квадратной» — 0,57.

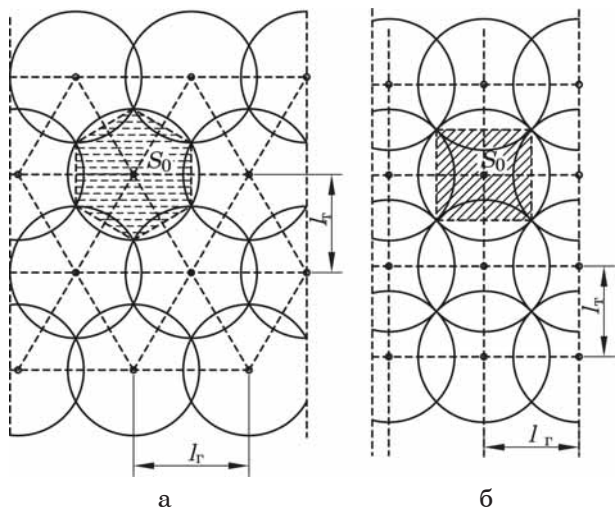


Рис. 3. Сравнительные схемы расположения позиций, гидрантов и трубопроводов дождевальных установок и аппаратов кругового действия: а — треугольная схема; б — квадратная схема

Расчеты показывают, что «треугольная» схема расположения позиций обеспечивает более равномерный полив, чем «квадратная».

При «треугольной» схеме расположения гидрантов и трубопроводов коэффициент равномерности искусствен-

ного дождя на 7...20 % выше, чем при «квадратной» (см. рис. 3). Кроме того, при размещении позиций по «треугольной» схеме значительно уменьшается средняя интенсивность искусственного дождя (до 30 %), что следует использовать при орошении участков, расположенных на тяжелых почвах или склонах для предотвращения стока воды и эрозионных процессов [9–11].

Экономическая целесообразность применения «треугольной» схемы обусловлена увеличением площади полива с учетом перекрытия на 30 % по сравнению с «квадратной» за счет увеличения расстояния между гидрантами — на 21,8 %, а между трубопроводами — на 5,6 % [11].

Список литературы

1. Экологически сбалансированные режимы орошения черноземов [Текст] / О. Г. Ревенков [и др.] // Вопросы мелиорации. — М. : ЦНТИ «Мелиоводинформ». — № 1–2. — 2001.
2. Рязанцев, А. И. Рекомендации по оптимальному применению модификаций переставного плангового дождевателя ДШ-0,6П для орошения малых площадей [Текст] / А. И. Рязанцев, В. В. Каштанов // Научно-технический прогресс в садоводстве: сб. науч. докладов Второй международной научно-практической конференции. — Ч. 1. — ВСТИСП, 2003. — С. 243–251.
3. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов [Текст] / А. П. Исаев [и др.]. — М. : Агропромиздат, 1990. — С. 288–293.
4. Ерхов, Н. С. О допустимой интенсивности искусственного дождя в различных почвенных условиях [Текст] / Н. С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. — 1974. — № 8. — С. 45–51.
5. Кузнецов, Ю. В. Повышение эффективности мелиорации в системе адаптивно-ландшафтного земледелия [Текст] / Ю. В. Кузнецов, С. В. Умецкий, С. В. Павлов // Вопросы мелиорации. — М. : ЦНТИ «Мелиоводинформ». — 2001. — № 1–2.
6. Механизация полива : справочник [Текст] / Б. Г. Штепа [и др.]. — М. : Агропромиздат, 1990. — С. 117–119.
7. Рязанцев, А. И. Методические рекомендации по выбору критериев

эффективности полива, производимого дождевальными аппаратами и насадками [Текст] / А. И. Рязанцев, В. В. Каштанов // Совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве: сб. науч. трудов РГСХА. — Рязань, 2003. — С. 34–35.

8. **Московкин, В. М.** Оценка капельно-ударных характеристик искусственного дождя [Текст] / В. М. Московкин // Гидротехника и мелиорация. — 1982. — № 3.

9. **Рязанцев, А. И.** Рекомендации по оптимальному применению модификаций переставного шлангового дождевателя ДШ-0,6П для орошения малых площадей [Текст] / В. В. Каштанов // Научно-технический прогресс в садоводстве : сб. науч. докладов Второй международной научно-практической конференции. — Ч. 1. — ВСТИСП, 2003. — С. 243–251.

10. **Ольгаренко, Г. В.** Локальные с автономным энергосбережением системы водообеспечения отдельно расположенных небольших садово-огородных и крестьянских хозяйств [Текст] / Г. В. Ольгаренко // Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения : сб. тр. ФГНУ ВНИИ «Радуга». — Коломна, 2002. — С. 37–50.

11. **Рязанцев, А. И.** Технология полива и параметры рабочих органов шлангового дождевателя [Текст] / А. И. Рязанцев, В. В. Каштанов // Совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. РГСХА. — Рязань, 2003. — С. 41–43.

Материал поступил в редакцию 28.03.2008.

Каштанов Василий Васильевич, канд. техн. наук, заведующий научно-методическим отделом
Тел. 8 (4966) 17-04-79

УДК 502/504:630.367

С. В. ЕГИПКО

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОРЧЕВАНИЯ ПНЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

Дан анализ существующих технологий корчевки пней, определено влияние технологий корчевания на качество производства работ. Предложен новый способ корчевания одиночных пней, позволяющий оптимизировать процесс корчевки, извлекая пень из грунта в направлении наименьшего сопротивления.

Технологии корчевки пней, корчевальные устройства, культуртехнические работы, собиратель-погрузчик, комбинированное воздействие.

The current technologies of stumps uprooting are analyzed, the influence of the uprooting technology on the work quality is determined. A new method of single stumps uprooting is proposed which allows to optimize the stubbing process by extracting a stump from the ground in the direction of the least resistance.

Technologies of stumping, stumping devices, amelioration works, collector-loader, combined action.

Одним из важнейших подготовительных этапов в процессе мелиорации и рекультивации земель является проведение культуртехнических работ. Их трудоемкость, даже с применением средств механизации, настолько велика, что требует постоянного анализа и совершенствования используемых машин и механизмов. Корчевальные ра-

боты наиболее энергозатратны. Их объем растет с каждым годом. Развитие страны и общества требует увеличения земель сельскохозяйственного назначения, в том числе за счет восстановления утраченных ранее.

В настоящее время создано много разновидностей корчевальных устройств, отличающихся принципом