

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ

ДУБЕНОК Николай Николаевич, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

АБЕЗИН Валентин Германович, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоградский государственный аграрный университет, Астраханский государственный университет

СЕМЕНЕНКО Сергей Яковлевич, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

МАРЧЕНКО Сергей Сергеевич, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

Целью исследований является разработка технических средств орошения, обладающих высокими показателями качества полива, ресурсо- и энергосбережения, возможностью проведения поливов на землях с близким залеганием грунтовых вод, применимости при сложном микрорельефе. Разработанная комбинированная конструкция капельницы и дождевателя, которая сочетает возможность использования достоинств дождевания и капельного орошения, обеспечивает производство полива или дождеванием, или капельным способом в зависимости от давления в капельной линии, которое программно может изменяться от времени суток. Капельница обеспечивает увлажнение корнеобитаемого слоя почвы, а дождевальная дефлекторная насадка, выполненная в виде параболоида вращения, обеспечивает полив листовостебельной части растений и поверхностного слоя почвы. Такое сочетание поливов позволяет экономить 15–25 % оросительной воды, создавать оптимальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур и получения максимальной урожайности.

Введение. В настоящее время наиболее востребованными способами орошения в Волгоградской области являются дождевание и капельное орошение. Достаточно сказать, что в 2016 г. на долю дождевания приходилось 38,1 %, а на капельное орошение 57,8 %. При этом следует отметить резкое увеличение спроса на последнее – за период с 2009 по 2016 г. площади орошения увеличились с 2892,0 до 19 844,8 га, т.е. более чем в 6,8 раза.

Сельхозтоваропроизводителям импонируют достоинства капельного орошения, которые заключаются в возможности поддержания в почве благоприятного водно-воздушного режима без поверхностного и глубинного сброса оросительной воды, сочетании полива с внесением раствора минеральных удобрений, отсутствии необходимости создания высоких напоров в сети, автоматизации полива и др. [2, 4, 9].

К достоинствам дождевания относятся высокий уровень механизации, возможность полной автоматизации процесса полива при прямых и обратных уклонах поверхности почвы с регулированием в значительных пределах поливных норм, предотвращение засоления и заболачивания, положительное влияние на влажность приземного слоя воздуха, высокий коэффициент равномерности полива, возможность применения на легких по гранулометрическому составу почвах и др. [6, 8, 10].

К недостаткам дождевания относятся значительная металлоемкость дождевальных машин, повышенная энергоемкость, отрицательное влияние ветра, особенно при высоком расположении водопроводящего пояса, затруднение промачивания слабководпроницаемых почв без образования поверхностного стока и др. [8].





Недостатком капельного орошения является необходимость тщательной отитки оросительной воды, опасность вторичного засоления увлажняемого объема почвы, отсутствие конструкций капельниц, обеспечивающих регулирующую подачу воды, повышенные затраты ручного труда при монтаже-демонтаже поливных трубопроводов [6].

Анализом современных конструкций дождевателей и капельниц установлено, что все они не в полной мере отвечают агротехническим требованиям, предъявляемым к оросительной технике как по качеству полива, так и по отрицательному влиянию на экологию окружающей среды. Разработанная конструкция капельницы-дождевателя позволяет использовать достоинства дождевания и капельного орошения. Капельная часть конструкции обеспечивает подачу оросительной воды в корнеобитаемый слой почвы и равномерное ее распределение в зоне расположения корневой системы в дневное время суток, что создает благоприятные условия для роста и развития растений и повышения их урожайности.

Дождевание проводится в ночное время суток во избежание ожогов растений и интенсивных потерь оросительной воды на испарение, что обеспечивает положительное влияние на влажность поверхности почвы, приземного слоя воздуха и тургор растений. Улучшенный микроклимат создает благоприятные условия для развития листостебельной массы, которая под влиянием солнечной радиации вырабатывает питательные вещества для образования урожая.

Материалы исследований. Методологический замысел исследования основан на гипотезе о возможности создания комбинированного устройства для осуществления полива сельскохозяйственных культур, максимально адаптированного к требованиям экологичности полива, ресурсосбережения и повышения урожайности. Работа выполнена с применением научно-философских методов анализа, синтеза и дедукции. Методической базой для разработки новой оросительной техники являются основные положения Федерального закона (с изменениями) «О техническом регулировании» (№184 – ФЗ от 27.12.2002, №45 – ФЗ от 09.05.2005, №65 – ФЗ от 01.05.2007, №309 – ФЗ от 01.12.2007).

Результаты исследований. Капельница-дождеватель (см. рисунок) [3] включает в себя гибкий поливной трубопровод 1, на котором предусмотрен хомут 2, соединенный из двух полуколец болтами 3. В нижней части хомута закреплен резьбовой патрубок 4 для крепления с помощью резьбы 5 корпуса 6 капельницы. В корпусе 6 выполнены водопропускные каналы 7 и установлена пружина 8 сжатия для регулировки конического клапана 9, соединенного направляющим поршнем 10. Гнездо 11 конического клапана 9 соединено с водопропускным каналом 12, в боковых стенках которого выполнены водовыпускные отверстия 13. В нижней части корпус 6 имеет ребра 14 жесткости.

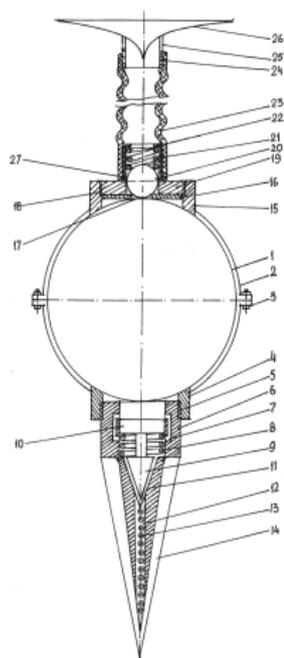
В верхней части хомута 2 закреплен резьбовой патрубок 15 с упорной шайбой 16, имеющей калиброванное отверстие 17. Резьба 18 служит для установки корпуса 19 шарового клапана 20, зафиксированного пружиной 21 сжатия, опорной шайбой 22. На корпус 19 закреплен гофрированный водопропускной трубопровод 23, соединенный с патрубком 24. Патрубок 24 имеет выходные окна 25 и закреплен к дефлектору 26, выполненному в виде параболоида вращения. Внутренние стенки верхней цилиндрической части 27 корпуса 19 выполнены ребристыми.

Капельница-дождеватель работает следующим образом.

В дневной период полив производится через капельницы. Давление в поливном трубопроводе 1 поддерживается 0,1...0,3 МПа. При этом пружина 8 обеспечивает поддержание клапана 9 в открытом состоянии, и вода по водопропускным каналам 7 поступает в гнездо 11 конического клапана 9. Из гнезда 11 по водопропускному каналу 12 вода подается к водовыпускным отверстиям 13, из которых производится увлажнение корнеобитаемого слоя почвы.

В ночной период давление в поливном трубопроводе 1 повышается до 0,5...0,6 МПа. При этом повышенное давление воздействует на направляющий поршень 10, клапан 9 закрывается, а поршень 10 перекрывает водопропускные каналы 7.

Повышенное давление в поливном трубопроводе 1 воздействует на шаровой клапан 20, и он открывается. Поток воды через отверстие 17 поступает в верхнюю цилиндрическую часть 27 корпуса 19. При этом ребра служат направляющими для пружины 21,



Капельница-дождевальная:
1 – гибкий поливной трубопровод; 2 – хомут; 3 – болты; 4 – резьбовой патрубок;
5, 18 – резьба; 6, 19 – корпус;
7 – водопропускные каналы; 8 – пружина сжатия; 9 – конический клапан; 10 – направляющий поршень; 11 – гнездо; 12 – водопропускной канал; 13 – водовыпускные отверстия; 14 – ребра жесткости; 15 – резьбовой патрубок; 16 – упорная шайба; 17 – калиброванное отверстие; 20 – шаровой клапан; 21 – пружина сжатия; 22 – опорная шайба; 23 – гофрированный водопропускной трубопровод;
24 – патрубок; 25 – выходные окна; 26 – дефлектор; 27 – верхняя цилиндрическая часть

а впадины служат для пропуска воды в гофрированный водопропускной трубопровод 23. Поток воды под повышенным давлением взаимодействует с дефлектором 26 и равномерно в виде капель распределяется по орошаемой площади.

При междурядной обработке рабочие органы машин воздействуют на дефлекторы 26, при этом дефлектор 26 отклоняется от рабочего органа, а после его прохода восстанавливает вертикальное положение благодаря гофрированному водопропускному трубопроводу 23.

Капельница обеспечивает увлажнение корнеобитаемого слоя почвы, а дождевальная дефлекторная насадка обеспечивает полив листовидной части. При использовании капельницы-дождевателя создается благоприятный микроклимат для роста и развития растений и повышается урожайность.

Суммарное водопотребление наиболее точно может быть определено с помощью водно-балансового метода за рассматриваемый период по формуле А.Н. Костякова [5]:

$$\Delta W - \Delta V = (P + V - S) + (G + A - O) - E, \quad (1)$$

где ΔW – прибыль (или убыль) запаса почвенно-грунтовой воды, $\text{м}^3/\text{га}$; ΔV – прибыль (или убыль) поверхностной воды, $\text{м}^3/\text{га}$; P – атмосферные осадки, $\text{м}^3/\text{га}$; V – поверхностные воды, поступающие на данную площадь, $\text{м}^3/\text{га}$; S – сток поверхностных вод с данной площади, $\text{м}^3/\text{га}$; G – приток грунтовых или фильтрационных вод, $\text{м}^3/\text{га}$; A – конденсация в почве атмосферной влаги, $\text{м}^3/\text{га}$; O – отток

почвенно-грунтовых вод за пределы данной площади, $\text{м}^3/\text{га}$; E – испарение влаги, $\text{м}^3/\text{га}$.

Суммарное водопотребление при капельном орошении садов, виноградников, ягодников определяется из уравнения [12]:

$$E_{\text{ко}} = (W_{\text{к}} - W_{\text{к}} + O + M + B_{\text{к}} + A_{\text{к}} + G_{\text{к}} + C_{\text{к}} + F_{\text{к}}) K_{\text{к}} + (2) + (W_{\text{м}} - W_{\text{м}} + O + B_{\text{м}} + A_{\text{м}} + G_{\text{м}} + C_{\text{м}} - F_{\text{м}}) K_{\text{м}},$$

где $E_{\text{ко}}$ – суммарное водопотребление при капельном орошении, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{к}}^{\text{н}}$, $W_{\text{к}}^{\text{к}}$ – начальный и конечный запасы влаги в почве в пределах площади контура увлажнения, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{м}}^{\text{н}}$, $W_{\text{м}}^{\text{к}}$ – начальный и конечный запасы влаги в почве в пределах неувлажняемой площади, $\text{м}^3/\text{га}$;

O – осадки за расчетный период, $\text{м}^3/\text{га}$; M – оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; $B_{\text{к}}$, $B_{\text{м}}$ – подпитывание грунтовыми водами в пределах контура увлажнения и неорошаемой площади, $\text{м}^3/\text{га}$; $A_{\text{к}}$, $A_{\text{м}}$ – конденсация воды в контуре и на неорошаемой площади, $\text{м}^3/\text{га}$; $F_{\text{к}}$, $F_{\text{м}}$ – глубинная фильтрация в контуре увлажнения и междурядий, $\text{м}^3/\text{га}$; $G_{\text{к}}$, $G_{\text{м}}$ – приток поверхностных вод с прилегающей территории, $\text{м}^3/\text{га}$; $C_{\text{к}}$, $C_{\text{м}}$ – поверхностный сток, $\text{м}^3/\text{га}$; $K_{\text{к}}$, $K_{\text{м}}$ – увлажняющиеся и неувлажняющиеся участки, выраженные в частях от площади питания растений.

Для капельного орошения овощей и пропашных культур водный баланс поля описывается уравнением А.Н. Костякова [5]:

$$E = E_1 + E_2 = W_0 - W + O + M + B + A + G - C - F, \quad (3)$$

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

Величина оросительной нормы, подаваемая за вегетационный период, определяется по формуле [12]:

$$M = (K \sum d - O) \cdot \frac{K_k}{(2,0 - 2,0K_k + K_k^2)^{0,5}}, \quad (4)$$

где M – оросительная норма, м³/га; $\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за период оптимального увлажнения; O – осадки за период оптимального увлажнения, м³/га; K – биоклиматический коэффициент; K_k – увлажняющийся участок, выраженный в частях от площади питания растений. Величины O , $\sum d$ берутся из гидрометеорологических справочников для соответствующего района.

Величина поливной нормы определяется по уравнению

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

где m – поливная норма, м³/га; h – глубина очага увлажнения, м; a – объемная масса расчетного слоя почвы, т/м³; β_v – верхний предел средней влажности почвы в объеме контура увлажнения, % от массы почвы; β_n – нижний предел средней влажности почвы в объеме контура увлажнения, % от массы почвы.

Количество поливов за вегетационный период, шт.:

$$n = \frac{M}{m}. \quad (6)$$

Средняя продолжительность межполивного периода T_1 :

$$T_1 = \frac{m}{\bar{e}}, \quad (7)$$

где \bar{e} – средний дефицит водного баланса за период оптимального увлажнения, м³/га.

$$\bar{e} = \frac{M}{T}, \quad (8)$$

где T – продолжительность периода оптимального увлажнения, сут. (по справочникам).

Минимальный межполивной период T_2 для самого напряженного месяца по метеорологическим показателям

$$T_2 = \frac{m}{\bar{e}_c}, \quad (9)$$

где \bar{e}_c – средний дефицит водного баланса за месяц с наиболее напряженными метеорологическими показателями, м³/га.

Время подачи поливной нормы t

$$t = \frac{m1000}{q_k n_1 n_2}, \quad (10)$$

где q_k – подача капельницы, л/ч; n_1 – количество капельниц на растении, шт.; n_2 – количество растений на гектаре, шт.

Расход воды через капельницу рассчитывают по формуле [11]:

$$q_k = \mu \omega \sqrt{2g H_n}, \quad (11)$$

где μ – коэффициент расхода капельницы; ω – площадь выходного сечения капельницы, м²; H_n – напор, при котором происходит истечение из капельницы, м.

При поливе дождеванием различают мгновенную интенсивность дождя, мм/мин (приращение слоя осадков в данной точке), и действительную интенсивность дождя, мм/мин [7]:

$$P_q = 60Q / A, \quad (12)$$

где Q – расход дождевателя, л/с; A – площадь одновременного захвата дождем, м².

Расход дождевателя разработанной конструкции [4]:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g H}, \quad (13)$$

где μ – коэффициент расхода (0,6...0,62); ω – живое сечение потока, м²; g – ускорение свободного падения (9,81 м/сек²); H – напор в дождевателе (0,5...0,6 МПа).

Струя оросительной воды воздействует на дефлектор 26 с силой P :

$$P = \gamma \omega \frac{v^2}{2q}, \quad (14)$$

где γ – объемный вес оросительной воды; v – скорость движения потока воды, м/с.

При взаимодействии потока оросительной воды с дефлектором, представляющим собой параболоид вращения, образуется мелкораспыленное дождевое облако, которое орошает площадь в виде окружности, диаметр которой зависит от напора в капельной линии и может регулироваться.

Заключение. Универсальность запатентованного устройства, выразившаяся в сочетании положительных качеств капельного полива и дождевания, заключается в том, что оно способно обеспечить сельхозтоваропроизводителям значительное уменьшение (на 15–25 %) затрат на производство поливов, снижение себестоимости продукции и повышение ее конкурентной способности.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаев А.П., Сергеев Б.И., Дидур В.А.* Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.
2. Исследование насадка с малоэнергоемким искусственным дождем / В.В. Бородычев [и др.] // *Научная жизнь*. – 2016. – № 2. – С. 50–57.
3. Капельница-дождеватель: патент 2543171 Российская Федерация С2 МПК А01G 25/02, В05В 1/18 / С.Я. Семененко, В.Г. Абезин, Н.Н. Дубенок / заявка № 2013133484/05, заявл. 18.07.2013, опублик. 27.02.2015. Бюл. № 6.
4. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур / А.С. Овчинников [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2015. – № 1(37). – С. 6–13.
5. *Костяков А.Н.* Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
6. Мелиорация и водное хозяйство / под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
7. *Нестерова Г.С., Зонн И.С., Е.А. Вейцман.* Капельное орошение. – М.: ВНИТЭИСХ, 1973. – 63 с.
8. *Семененко С.Я.* Экологическая оптимизация полива дождеванием кормовых культур аридной зоны. – Волгоград: Нива, 2012. – 208 с.
9. Система комбинированного орошения / В.В. Бородычев [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2016. – № 1(41). – С. 201–211.
10. *Степанов П.М., Овчаренко И.Х., Скобельцын Ю.А.* Справочник по гидравлике для мелиораторов. – М.: Колос, 1984. – 207 с.

12. *Ясонида О.Е.* Проектирование систем капельного орошения: учеб. пособие. – Новочеркасск, 1984. – 101 с.

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, д-р с.-х наук, проф., зав. кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия.

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Тел.: (8499) 976-40-25.

Абезин Валентин Германович, д-р техн. наук, проф., научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук». Россия.

Семененко Сергей Яковлевич, д-р с.-х наук, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук». Россия.

Марченко Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук». Россия.

400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21.

Тел.: (8442) 54-13-87.

Ключевые слова: дождевание; капельное орошение; разборная камера; дозатор; водопроводящие каналы; гибкий поливной трубопровод; конический клапан; дождеватель; шаровой клапан; параболоид вращения.

IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS OF COMBINED IRRIGATION

Dubenok Nikolay Nikolaevich, Academic of RAN, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chair "Forestry and Land Reclamation Landscapes", Russian Timiryazev State Agrarian University, Russia.

Abezin Valentin Germanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Researcher, Volga Research Institute of Ecological Technology (Branch FSC of Agroecology RAS), Russia.

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Volga Research Institute of Ecological Technology (Branch FSC of Agroecology RAS), Russia.

Marchenko Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Volga Research Institute of Ecological Technology (Branch FSC of Agroecology RAS), Russia.

Keywords: sprinkling; drip irrigation; portable camera; dosing device; water-conducting channels; flexible irrigation tubing; the conical valve; sprinkler; ball valve; the paraboloid of revolution.

The aim of the research is the development of technical means of irrigation, which has high quality indices of irrigation, resource - and energy saving, the possibility of irrigation on lands with shallow groundwater, applicability in complex microrelief, lack of barriers to cross-processing of agricultural crops. Developed combined design of drip and sprinkler that combines the possibility of using the advantages of sprinkling and drip irrigation ensures the production of irrigation or sprinkler irrigation or drip method, depending on the pressure in the drip lines, which can programmatically change the time of day. The drip provides moisture root zone of the soil, and the sprinkler deflector nozzle, made in the form of a paraboloid of revolution, provides a watering leafy parts of plants and surface soil. This combination of supply of irrigation water saves 15-25 % of irrigation water, to create optimal conditions for growing crops and maximize yields.

