

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЖДЕОБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А.М. Кравцов,

зам. декана агроэнергетического факультета БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Д.С. Шахрай,

ст. преподаватель каф. моделирования и проектирования БГАТУ, магистр техн. наук

Статья посвящена совершенствованию дождевальных машин за счет применения дождеобразующих устройств с регулируемыми гидравлическими характеристиками. Предложена схема управления дождевальными насадками с регулируемыми параметрами дождя.

Ключевые слова: орошение сельскохозяйственных культур, дождевание, дождевальная насадка, водовоздушный эжектор, дождевальная машина, параметры искусственного дождя, схема управления.

The article deals with improvement of sprinkler machine through the use of rain-forming devices with adjustable hydraulic characteristic. A control scheme for sprinkler nozzles with adjustable rain parameters is proposed.

Keywords: crop irrigation, sprinkler irrigation, sprinkler, water-air ejector, sprinkler machine, parameters of artificial rain, control scheme.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности – одна из главных социально-экономических задач государства [1]. Решение этой задачи направлено на обеспечение внутренних потребностей в продовольствии, а также на наращивание экспорта. Причем экспорт сельскохозяйственной продукции является важным источником доходов для экономики Республики Беларусь. Поэтому наряду с увеличением объемов выпуска продукции, перед агропромышленным комплексом страны стоит задача повышения ее конкурентоспособности. Для этого необходимо повышать качество продукции при одновременном снижении ее себестоимости, которая существенно зависит от затрат производственных ресурсов.

Научные исследования и практические расчеты показали [2], что основным резервом снижения ресурсоемкости продукции растениеводства является существенное повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от природно-климатических условий страны. Республика Беларусь относится к зоне с рискованным земледелием, что сказывается на нестабильности получаемых урожаев. При этом в связи с продолжающимся изменением климата наблюдаются существенные отклонения погодных показателей от значений предыдущих многолетних наблюдений [3-5], происходит долгосрочное повышение среднегодовой температуры, чаще возникают экстремальные погод-

ные условия. Главной проблемой для сельского хозяйства является увеличение неравномерности распределения атмосферных осадков, что приводит к увеличению засушливых периодов в весенне-летний сезон, которые чередуются дождливыми периодами и ливнями большой интенсивности. Недостаток влаги во время засух, особенно в вегетационный период, приводит к существенному снижению урожайности и ухудшению качества продукции растениеводства.

В нестабильных погодных условиях одним из перспективных направлений значительного повышения продуктивности в растениеводстве является широкое применение искусственного орошения. Существуют различные способы орошения [6]. Среди новых технологий, получивших развитие в последние десятилетия, можно выделить капельный полив. Однако технико-экономические расчеты показывают [7], что с учетом природно-климатических условий и обеспеченности водными ресурсами, в Республике Беларусь системы капельного полива могут иметь ограниченное применение, например, при выращивании растений в закрытом грунте. В условиях Беларуси необходимо развивать другие виды орошения, в том числе дождевание [8, 9].

В России, Украине и Беларуси накоплен большой опыт производства и эксплуатации дождевальной техники [10-13]. Однако в этих странах, в том числе и в Республике Беларусь, три десятилетия назад появилась устойчивая тенденция к сокращению орошаемых земель. Одной из причин этого является устаревший парк дождевальной техники. Построен-

ные преимущественно в 1980 – 1990 годы оросительные системы морально и физически устаревают. В современных условиях возникает необходимость совершенствования технологий и технических средств искусственного орошения, позволяющих обеспечивать значительную экономическую отдачу и быструю окупаемость затрат. Следует отметить, что тенденция сокращения орошаемых земель в настоящее время преодолена только в Российской Федерации, благодаря реализации целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [14]. В последние годы серьезные шаги для увеличения площади орошаемых земель предпринимаются в Украине. Так, 21 октября 2020 года правительством одобрен План мероприятий по реализации Стратегии орошения и дренажа в Украине до 2030 года [15].

Одним из направлений совершенствования дождевальной техники [9; 16; 17] является получение искусственного дождя с заданными параметрами. У существующих дождевальных машин ограничена возможность регулирования параметров дождя, что может приводить к перерасходу воды и переувлажнению почвы, разрушению структуры почвенного слоя и развитию водной эрозии, вымоканию растений или недостатку влаги и так далее. Разработка и применение дождевальных машин, способных создавать дождь с заданными параметрами, позволит повысить качество полива и обеспечит универсальность, то есть возможность осуществления различных видов полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Цель работы – совершенствование дождевальных машин за счет применения дождеобразующих устройств с регулируемыми гидравлическими характеристиками и автоматическим поддержанием заданных параметров искусственного дождя.

Основная часть

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя [18]. В состав дождевальной насадки входит эжектор [19] для подсоса в поток воды определенного количества воздуха и получения дождя с регулируемой дисперсностью капель и интенсивностью полива.

Дождевальная насадка (рис. 1) включает: подающий патрубок 1; корпус эжектора 2 с приемной камерой 3; сопло 4 с отверстием диаметром d_c ; всасывающий патрубок 5 с запорно-регулирующим устройством 6; цилиндрическую горловину 7 с внутренним диаметром d_r ; дефлектор 8. Сопло 4 в виде диафрагмы имеет одно осевое отверстие в тонкой стенке толщиной $\delta \leq 0,2 \cdot d_c$.

Принцип работы дождевальной насадки с регулируемыми параметрами дождя заключается в следующем. По подающему патрубку 1 в приемную камеру 3 поступает поток рабочей жидкости с рас-

ходом Q_p , который проходя через отверстие сопла 4 с диаметром d_c , преобразуется в высокоскоростную струю. Далее струя поступает в цилиндрическую горловину 7 с внутренним диаметром $d_r > d_c$, где в результате взаимодействия потока рабочей жидкости с окружающим воздухом происходит увлечение его в поток с образованием вакуума, что приводит к подосу через всасывающий патрубок 5, приемную камеру 3 и зазор $L_{вс}$ пассивной среды (воздуха) с расходом $Q_{п.}$ В результате на выходе из цилиндрической горловины 7 образуется водно-воздушная смесь с суммарным расходом $Q_{см.}$ Выходя из цилиндрической горловины 7, водно-воздушный поток ударяется о дефлектор 8 и выбрасывается на орошаемое поле. При сходе с наружной кромки дефлектора 8 поток без образования пленки сразу распадается на капли, что повышает ветроустойчивость факела дождя. Это достигается за счет того, что при смешивании жидкости с пузырьками газа нарушается сплошность потока. В результате газожидкостный поток не способен оказывать сопротивление растягивающим усилиям, возникающим при его расширении в дефлекторе.

Регулирование интенсивности полива и дисперсности капель осуществляется за счет того, что корпус эжектора 2 дождевальной насадки имеет приемную камеру 3, которая сообщена с всасывающим патрубком 5, оснащенным запорно-регулирующим устройством 6 для поддержания заданного коэффициента подсоса

$$k_{п.} = \frac{Q_{п.}}{Q_p} \quad (1)$$

Коэффициент подсоса $k_{п.}$ одноструйного эжектора с компактной струей находится в пределах 0...3,5 [20]. Однако на практике целесообразно ограничить максимальное значение коэффициента подсоса $k_{п.}$ величиной не более 2,5, так как превышение этого значения приводит к существенному снижению коэффициента полезного действия эжектора.

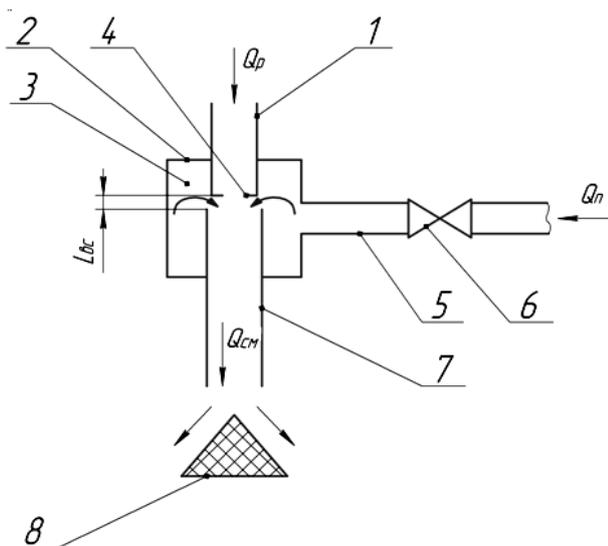


Рисунок 1. Схема дождевальной насадки

Известно, что параметры дождя, такие как интенсивность полива и дисперсность капель, зависят от ряда факторов, основной из которых – скорость V истечения струи на дефлектор. Если коэффициент подсоса $k_{п} = 0$, то есть подача воздуха в поток рабочей жидкости с расходом Q_p отсутствует, тогда из уравнения расхода скорость истечения

$$V = V_p = \frac{Q_p}{\omega_r}, \quad (2)$$

где ω_r – площадь живого сечения потока на выходе из горловины 7, мм² (рис. 1), которая определяется по формуле:

$$\omega_r = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4},$$

где d_r – диаметр горловины, мм.

При открытии запорно-регулирующего устройства 6 начинается подсос воздуха с расходом $Q_{п}$ и скорость истечения водно-воздушной струи будет определяться уравнением:

$$V = V_{см} = \frac{Q_{см}}{\omega_r} = \frac{Q_p + Q_{п}}{\omega_r}, \quad (3)$$

или с учетом уравнений (1) и (2)

$$V = V_{см} = V_p \cdot (1 + k_{п}). \quad (4)$$

Таким образом из формулы (4) видно, что скорость истечения водно-воздушной струи $V = V_{см}$ будет увеличиваться с увеличением коэффициента подсоса $k_{п}$, который для принятой конструкции эжектора может изменяться, как было отмечено выше, в пределах $k_{п} = 0 \dots 3,5$. Это позволит в широком диапазоне изменять дисперсность капель и интенсивность полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Исследования показали [17], что комплектование дождевальной насадки эжектором для управления параметрами дождя не приводит к дополнительным потерям энергии при условии соблюдения оптимальных геометрических параметров устройства.

Для практического использования предлагается новая конструкция дождевальной насадки с регулируемыми параметрами дождя [18], которая представлена на рис. 2.

Принципиально насадка на рис. 2 соответствует схеме, представленной на рис. 1. Обозначение элементов насадки (позиции 1-5 и 7-8) на рис. 1, 2 совпадают. Запорно-регулирующее устройство 6 на рис. 2 не показано. Таким образом, дождевальная насадка с регулируемыми параметрами искусственного дождя (рис. 2) включает: подающий патрубок 1; корпус эжекто-

ра 2 с приемной камерой 3; сопло 4; всасывающий патрубок 5; цилиндрическую горловину 7; дефлектор 8, установленный на планку 9, зафиксированную крепежными болтами 10; контргайку 11.

Конструкция насадки (рис. 2) позволяет в период пуско-наладочных работ производить замену сопла 4, регулировку зазора $L_{вс}$ за счет изменения положения цилиндрической горловины 7 и регулировку зазора $L_{вып}$ за счет изменения положения дефлектора 8. Также предлагаемая конструкция дождевальной насадки предусматривает установку различных видов дефлекторов.

Для применения в дождевальных машинах новых насадок разработана схема, представленная на рис. 3.

Схема управления функционирует следующим образом: вода подается насосной установкой (на рис. 3 не показана) в водопровод 1. Требуемый суммарный расход воды ΣQ_p , подаваемой в водопровод 1, поддерживается в автоматическом режиме расходомером 6 с дистанционной передачей показаний и регулирующим клапаном 4 с электромашинным приводом. Из водопровода 1 вода распределяется в дождевальные насадки 3 с расходом Q_p на каждую насадку. Дождевальные насадки 3 оснащены эжекторами, всасывающие патрубки которых присоединены к общему воздухопроводу 2. При работе дождевальных насадок 3, благодаря встроенному эжектору, в поток воды подсасывается воздух с расходом $Q_{п}$. Суммарный расход подсасываемого воздуха $\Sigma Q_{п}$ в автоматическом режиме поддерживается расходомером 7 с дистанционной передачей показаний и регулирующим клапаном 5 с электромашинным приводом. Автоматическое регулирование клапанов 4 и 5 с электромашинным приводом осуществляется электронным блоком управления 8, который получает данные от расходомеров 6 и 7.

Суммарные расходы ΣQ_p и $\Sigma Q_{п}$ определяются по

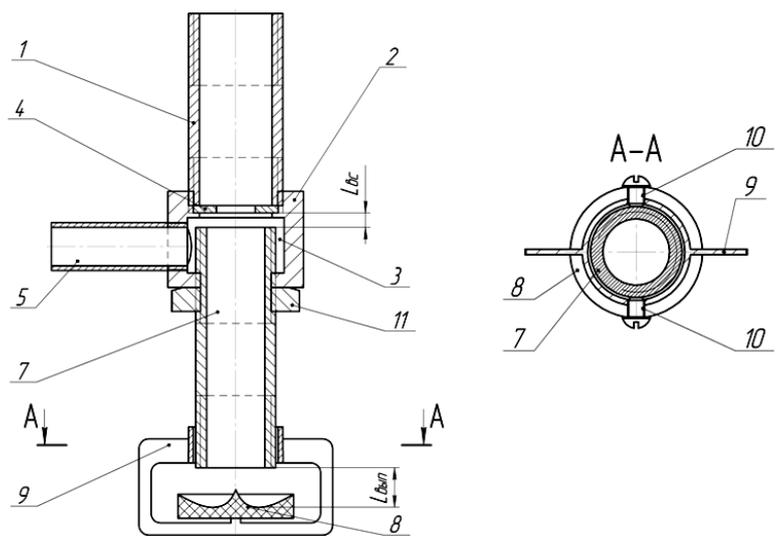


Рисунок 2. Конструкция дождевальной насадки

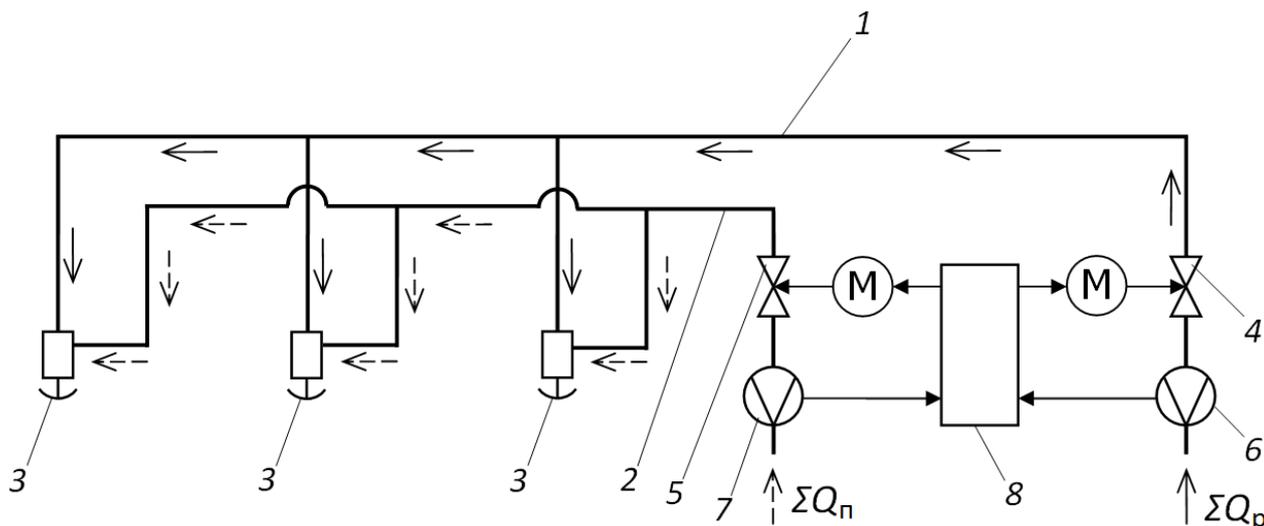


Рисунок 3. Схема управления дождевальными насадками:

1 – водопровод; 2 – воздухопровод; 3 – дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя; 4 и 5 – клапаны, регулирующие с электромашинным приводом; 6 и 7 – расходомеры воды и воздуха с дистанционной передачей данных; 8 – электронный блок управления

формулам:

$$\Sigma Q_p = n \cdot Q_p, \quad (5)$$

$$\Sigma Q_n = n \cdot Q_n, \quad (6)$$

где n – количество дождевальных насадок.

Представленная на рис. 3 схема управления дождевальными насадками позволяет обеспечивать регулирование параметров дождя и поддержание их в автоматическом режиме. Так, если необходимо обеспечить максимально возможный размер капель, тогда регулирующий клапан 4 по команде с электронного блока управления 8 открывается для пропуски заданного расхода ΣQ_p , а клапан 5 остается в закрытом положении. В этом случае подача воздуха отсутствует, и скорость V_1 истечения струи на дефлектор будет определяться по формуле (2). Для уменьшения размера капель открывается регулирующий клапан 5 и устанавливается такой расход воздуха ΣQ_n , чтобы в эжекторах дождевальных насадок 3 обеспечить требуемый коэффициент подсоса k_p и, соответственно, требуемую скорость истечения V_2 , которая будет определяться по формуле (4). При этом скорость V_2 будет больше скорости V_1 в $(1+k_p)$ раз, то есть для принятой конструкции эжектора скорость может изменяться вплоть до 4,5 раз, что позволит регулировать дисперсность капель дождя в широком диапазоне.

Заключение

Разработана схема управления дождевальными насадками с регулируемыми параметрами дождя. Основным преимуществом предлагаемой разработки является возможность в широком диапазоне изменять расход поливной воды, а также дисперсность капель и интенсивность полива в автоматическом режиме.

Это позволит обеспечить орошение растений в зависимости от конкретных местных условий, а также дает возможность осуществлять различные виды полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Полученные научные результаты могут быть использованы при проектировании и реконструкции дождевальных машин, а также для других гидравлических систем, в которых есть необходимость получения капель жидкости с регулируемой дисперсностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 декабря 2017 г., № 962 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44566.
2. Шило, И.Н. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – решающий фактор в снижении затрат производственных ресурсов / И.Н. Шило, Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2020. – № 5. – С. 35-38.
3. Справочник по климату Беларуси. Часть 1. Температура воздуха и почвы. – Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017. – 64 с.
4. Справочник по климату Беларуси. Часть 2. Осадки. – Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017. – 85 с.
5. Климатические характеристики 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2020-goda-3666-2021/>. – Дата доступа: 11.01.2021.

6. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

7. Лихацевич, А.П. Орошаемое плодовоовощеводство : учеб. пособие / А.П. Лихацевич, М.Г. Голченко; под ред. А.П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 287 с.

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

9. Шахрай Д.С. Направления развития дождевальной техники / Д.С. Шахрай, А.Н. Басаревский, А.М. Кравцов, С.С. Попко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 22–24 ноября 2017 года; редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 146-149.

10. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография: в 2 ч. / В.Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Ч. 1. – 283 с.

11. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В.Н. Щедрин [и др.]: в 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Ч. 2. – 307 с.

12. Ирригационные решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fregat.mk.ua/ru/produksiya/irrigaczionnye-resheniya>. – Дата доступа: 11.01.2021.

13. Оросительная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.radiozavod.by/ru/products/type11. – Дата доступа: 11.01.2021.

14. Липски, С.А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия / С.А. Липски // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 4. – С. 107-115.

15. Правительство Украины одобрило план развития системы орошения до 2030 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.apk-inform.com/ru/news/1515098>. – Дата доступа: 11.01.2021.

16. Шахрай, Д.С. Совершенствование работы широкозахватных дождевальных машин / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов, А.Н. Басаревский // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы международной научно-практической конференции. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2016. – С. 488-491.

17. Кравцов, А.М. Дождевальная насадка с регулируемыми гидравлическими параметрами / А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай, С.С. Попко // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 9-15.

18. Дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя: пат. ВУ 22927 / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов. – Опубл. 30.04.2020.

19. Гидроструйный эжектор: пат. ВУ 22747 / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов. – Опубл. 30.10.2019.

20. Лямаев, Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение, 1988. – 276 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.02.2021

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА