ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.674 DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-31

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF COMBINED IRRIGATION METHODS

А.С. Овчинников[1], *член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор*
М.Ю. Храбров[2], *доктор технических наук*
Н.Г. Колесова[2], *старший научный сотрудник*
С.В. Бородычев [2], *научный сотрудник*

A.S. Ovchinnikov[1], **M.Yu. Hrabrov**[2], **N.G. Kolesova**[2], **S.V. Borodychev**[2]

[1]*Волгоградский государственный аграрный университет*
[2]*ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия*

[1]*Volgograd State Agrarian University*
[2]*Federal State Budget Scientific Institution «The All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova*

Повышение эффективности комбинированных способов орошения возможно при использовании новых технических средств распыления диспергированной воды. Изменение размера капель устройством для создания газокапельной струи позволяет более эффективно расходовать поливную воду при мелкодисперсном дождевании в течение вегетации. Комбинированное орошение позволяет гибко регулировать запасы влаги в почве с оптимальной температурой и влажностью приземного воздуха. С целью наиболее эффективного использования поливной техники должны учитываться условия каждой природно-хозяйственной зоны, биологические особенности орошаемых культур, фазы их развития. Увлажнение посевов нормами 1,5-2 м^3/га во время воздушной засухи позволяет значительно снизить ущерб. Периодическое многократное опрыскивание в наиболее жаркое время суток, когда температура воздуха превышает 25 °С, позволяет снизить влияние температурного стресса на растения и повысить урожайность до 20 %. Увлажнение приземного слоя воздуха выполняют разбрызгиванием воды с каплями диаметром до 500 мкм в жаркое время дня с 11 часов до 17 часов дня. Интервал между увлажнениями составляет примерно один час. Разработано устройство для создания газокапельной струи. Устройство имеет возможность разделения газокапельной струи на фракции: крупнокапельную для увлажнения почвенного покрова и тонкодисперсную для листовой поверхности растений и приземного слоя воздуха при регулируемой дальности подачи газокапельной струи. Предложена оросительная сеть для регулирования фитоклимата поля с учетом розы ветров. Аэрозольные генераторы на поливных трубопроводах размещают через 50 м. Система дистанционного управления каждым отдельным генератором создает возможность наиболее рационального регулирования микрофитоклимата на поле путем применения различных схем включения генераторов аэрозоля. Для получения наиболее эффективного почвоувлажнительного эффекта в сочетании с улучшением микроклимата разработано устройство комбинированного микроорошения, позволяющее переключать подачу воды в разные водовыпускные отверстия (для капельного орошения или для микродождевания) посредством кратковременного повышения давления в оросительной сети.

Increasing the efficiency of combined methods of irrigation is possible with the use of new technical means of spraying dispersed water. Changing the size of the droplets device to create a gas-droplet jet allows more efficient use of irrigation water with fine sprinkling during the growing season. The combined irrigation allows the flexibility to adjust the moisture reserves in the soil for optimum temperature and humidity of the surface air. For the most effective use of

irrigation equipment should take into account the conditions of each natural and economic zone, biological characteristics of irrigated crops, and the phase of their development. Humidification of crops by norms of 1,5-2 m3 / ha during air drought can significantly reduce the damage. Periodic repeated spraying in the hottest time of the day, when the air temperature exceeds 25°C, can reduce the impact of temperature stress on plants and increase yields up to 20%. Humidification of the surface layer of air is carried out by spraying water with drops up to 500 microns in diameter in the hot time of the day from 11 o'clock to 17 o'clock. The interval between the flooding of approximately one hour. A device for creating a gas-droplet jet has been developed. The device has the ability to separate the gas-droplet jet into fractions - large-droplet to moisten the soil cover and fine-dispersed for the leaf surface of plants and the surface layer of air at a controlled range of the gas-droplet jet. The irrigation network for regulation of the field phytoclimate taking into account the wind rose is proposed. Aerosol generators for irrigation pipelines placed in 50 m. the remote control System each generator creates an opportunity for more rational regulation of micro phytoclimate on the field by applying different schemes of inclusion of the aerosol generator. To obtain the most effective soil-moistening effect in combination with the improvement of the microclimate, a combined micro-irrigation device has been developed that allows switching the water supply to different water outlets (for drip irrigation or for micro-irrigation) by means of a short-term increase in the pressure in the irrigation network.

Ключевые слова: *комбинированное орошение, капельное орошение, мелкодисперсное дождевание, газокапельная струя, микро-, фитоклимат.*

Key words: *combined, drip irrigation, mist irrigation system, gas-droplet jet, microclimate, device, system, irrigation.*

Введение. При современном развитии орошаемого земледелия актуален комплексный подход к оценке эффективности способов орошения. Существующие способы орошения различны не только по технологии распределения воды на орошаемом поле, но и по своему влиянию на систему «среда-растение», поэтому возникает необходимость в сочетании различных способов полива, при котором оптимально используются достоинства каждого из них [1, 4, 9, 13, 10].

Комбинированное орошение позволяет гибко регулировать запасы влаги в почве с оптимальной температурой и влажностью приземного воздуха. Для наиболее эффективного использования поливной техники должны учитываться условия каждой природно-хозяйственной зоны, биологические особенности орошаемых культур, фазы их развития [7, 11].

Применение комбинированных способов орошения способствует увеличению урожайности, а также снижению расхода воды по сравнению с орошением одним традиционным способом [2, 8, 12]. Одним из направлений повышения эффективности комбинированных способов орошения является расширение спектра их применения путем создания гидромелиоративных систем (ГМС) на основе сочетания различных способов малообъемного орошения. Так как при использовании малообъемного орошения по сравнению с традиционными способами достигается экономия водных, земельных, энергетических, материальных, трудовых и временных ресурсов, сочетание различных способов малообъемного орошения позволяет ГМС быть ресурсосберегающими. Технологии комбинированного малообъемного орошения рационально применять в регионах, климатические условия которых характеризуются наличием в течение вегетационного периода не менее 20 дней с температурой воздуха выше 25^0, относительной влажностью 50 % и ниже, а также в регионах с часто повторяющимися атмосферными засухами [8, 3, 14].

Материалы и методы. Цель настоящей работы – повышение эффективности комбинированных способов орошения на основе конструктивного совершенствования оросительных систем многоцелевого назначения. Объектом исследований являются технические средства орошения нового поколения. Предмет исследований – технические решения и технологии комбинированного регулирования влажности почвы и фитоклимата посевов. Теоретические исследования проведены на основе общеизвестных методов планирования эксперимента, законов теории вероятностей и математической статистики. Лабораторные и производственно-полевые исследования реализованы в соответствии с действующими природно-нормативными и техническими регламентами, сводами правил, ГОСТами, методиками полевых и производственных опытов.

Степень достоверности результатов подтверждена современными методами математической обработки опытов с использованием ЭВМ и программных продуктов MS Excel 2007, Math Cad 14, Fortran 77 v 3.30.

На основе анализа исходных данных производится выбор способа орошения, наиболее отвечающего требованиям орошаемой культуры в данных природных условиях, с учётом имеющихся ресурсов. Кроме того, проводится оценка воздействия выбранного способа на окружающую среду, а также эколого-экономическое обоснование применения выбранной оросительной системы.

После определения способа орошения производится подбор конструкций и элементов системы для осуществления конкретного способа орошения. Исходя из особенностей отобранных конструкций устанавливают элементы техники полива и задают режим орошения. В соответствии с установленным режимом орошения укомплектовывают гидромодуль оросительной системы, на основе которого производят расчёт параметров водораспределительной сети и оборудования на ней.

Результаты и обсуждение. Наиболее разработанным к настоящему времени способом малообъемного орошения является капельное [1, 11, 4, 15, 16]. Важнейшее преимущество капельного орошения – большая экономия оросительной воды в результате снижения потерь воды на фильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны, испарение и на поверхностный сток. В результате устранения неравномерности полива практически вся подаваемая вода используется на транспирацию. Капельное орошение позволяет локально и своевременно подавать питательные элементы. К преимуществам систем капельного орошения относится также низкая металлоемкость, поскольку для строительства оросительной сети используются полимерные материалы. Наиболее эффективно применение капельного орошения при ограниченных запасах водных ресурсов на территориях с большими уклонами и сложным рельефом, где другие способы трудно применять. Но капельное орошение не позволяет регулировать микроклимат орошаемого поля, поэтому возникает необходимость комбинировать его с другим видом орошения [20, 21, 22].

Оценивая эффективность и возможность реализации различных способов и устройств формирования микроклимата поля и снятия температурного и водного стресса, наиболее разработанными и перспективными следует признать стационарные системы, сочетающие капельное орошение с мелкодисперсным дождеванием. Норма увлажнения при мелкодисперсном дождевании складывается из объема воды, удерживаемой растительным покровом, объема воды, необходимой для ликвидации водного дефицита растений, и объема воды, идущей на увлажнение приповерхностного слоя почвы [11, 5, 6].

Мелкодисперсное дождевание – это способ орошения, представляющий собой дождевание мелко распыленной водой в целях создания оптимального микроклимата на посевах сельскохозяйственных культур. Мелкодисперсное дождевание является одним из перспективных способов регулирования фитоклимата растительного покрова на орошаемых полях. Физическая сущность аэрозольного орошения основана на распределении мелко распыленной воды по лиственному покрову растений. При этом степень дисперсности капель дождя должна быть такой, чтобы они не скатывались с листьев, а оставались на них до полного испарения, охлаждая наземную часть растений и увеличивая влажность приземного слоя воздуха. Мелкодисперсное дождевание в течение вегетационного периода создает благоприятные фитоклиматические условия для произрастания сельскохозяйственных культур, способствует увеличению урожайности, а также устранению депрессии фотосинтеза и снижению расхода воды на транспирацию в жаркое время дня [9, 8, 3, 14].

Водоудерживающая способность листового покрова растений определяется количеством воды в виде капель, остающихся на растениях после обработки. Способность растений удерживать капли на листовой поверхности зависит от размера капель и вида растений. При мелкодисперсном дождевании растений капли удерживаются даже при вертикальном положении листьев. При этом водоудерживающая способность листьев зависит от стадии роста растений. В начале вегетации площадь листьев в несколько раз меньше, чем в середине вегетационного периода. В связи с этим интенсивность мелкодисперсного дождевания и диаметр капель в течение вегетации могут увеличиваться, так как удерживающая способность лиственного покрова возрастает.

При мелкодисперсном дождевании водяная пыль, медленно оседая в воздухе, активно испаряется, вызывая понижение его температуры и повышение относительной влажности. При этом капли охлаждают наземную часть растений и увеличивают влажность приземного слоя воздуха.

При достаточной влажности почвы растения в условиях воздушной засухи часто страдают из-за температурного стресса. Воздушная засуха может совпадать с периодом цветения зерновых и при этом резко снижать урожайность.

Экспериментально установлено [8, 12], что мелкодисперсное дождевание посевов нормами 1,5-2 $м^3$/га во время воздушной засухи позволяет значительно снизить ущерб. Периодическое многократное опрыскивание в наиболее жаркое время суток, когда температура воздуха превышает 25 °С, позволяет снизить влияние температурного стресса на растения и повысить урожайность на 20 %. Увлажнение приземного слоя воздуха выполняют разбрызгиванием воды с каплями диаметром до 500 мкм в жаркое время дня с 11 часов до 17 часов дня. Интервал между увлажнениями составляет примерно один час.

Чтобы понять, какой объем воды надо распылять для увлажнения одного гектара площади в разные по срокам вегетации растений, необходимо знать объем воды в одной капле, площадь поверхности капли и количество капель.

Объем одной капли можно вычислить по формуле, определяющей объем шара:

$$V = \frac{1}{6} \cdot \pi d^3, \text{ мм}^3.$$

В нашем случае объем одной капли при её диаметре 0,5 мм будет равен 0,065 $мм^3$. Таким образом, в 1 мл воды будет примерно15 000 капель, в 1 $м^3$ – $15 \cdot 10^9$ капель.

Площадь поверхности капли можно определить по формуле определяющей площадь поверхности шара:

$$S = \pi d^2, \text{ мм}^2.$$

Площадь поверхности одной капли при диаметре 0,5 мм будет равна 0,785 мм^2. При количестве капель в 1 м^3, равном $15 \cdot 10^9$, общая поверхность распыляемых капель составит примерно $12 \cdot 10^9$ мм^2 или $12 \cdot 10^3$ м^2.

Как уже говорилось, средняя норма опрыскивания составляет 2 м^3/га, при этом общая поверхность распыляемых капель составит 24000 м^2, что превышает площадь поверхности поля размером 1 га более, чем в два раза.

В связи с изложенным, разовую норму опрыскивания можно сократить более чем в два раза в начале вегетационного периода с увеличением этой нормы по мере роста растений и увеличения их листовой поверхности.

Нами разработано устройство для создания газокапельной струи (патент РФ 2548886). Устройство имеет возможность разделения газокапельной струи на фракции: крупнокапельную для увлажнения почвенного покрова и тонкодисперсную для листовой поверхности растений и приземного слоя воздуха при регулируемой дальности подачи газокапельной струи.

Таблица 1 – Параметры капель при мелкодисперсном дождевании

№	Диаметр капли, мм	Объем одной капли, мм^3, $V = \frac{1}{6} \cdot \pi d^3$	Площадь поверхности капли, мм^2, $S = \pi d^2$	Количество капель в 1 м^3, шт.	Общая поверхность распыляемых капель, мм^2
1	0,05	0,000065	0,00785	$15 \cdot 10^{12}$	$118 \cdot 10^9$
2	0,10	0,0005	0,0314	$20 \cdot 10^{11}$	$63 \cdot 10^9$
3	0,20	0,0042	0,1256	$24 \cdot 10^{10}$	$30 \cdot 10^9$
4	0,30	0,0141	0,2826	$71 \cdot 10^9$	$20 \cdot 10^9$
5	0,40	0,0335	0,5024	$30 \cdot 10^9$	$15 \cdot 10^9$
6	0,50	0,0654	0,785	$15 \cdot 10^9$	$12 \cdot 10^3$

Устройство для создания газокапельной струи (рисунок 1) содержит корпус 1, внутри которого расположен вентилятор 2, по центру выходного участка корпуса 1 размещен электропривод с дисковым распылителем 3 (рисунок 2), у которого установлен водоподводящий патрубок 4. На входе в корпус 1 смонтированы жалюзи 5 (рисунок 3). Дисковый распылитель 3 снабжен двумя распыливающими кромками 6 и 7. В основании этих кромок выполнены водоперепускные отверстия соответственно 8 и 9. Жалюзи 5 состоят из пластин-заслонок 10 с ручным приводом 11.

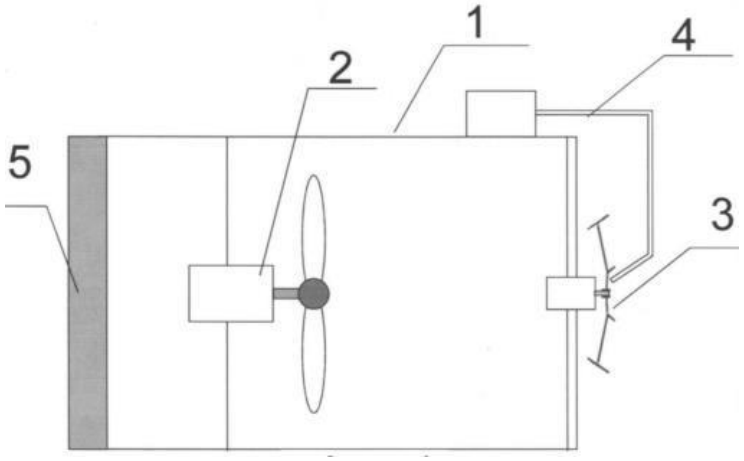
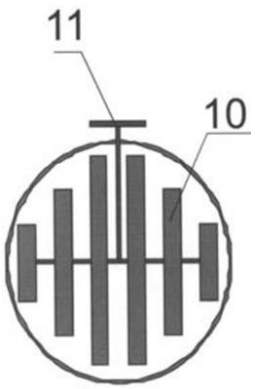


Рисунок 1 – Устройство для создания газокапельной струи, вид сбоку в разрезе



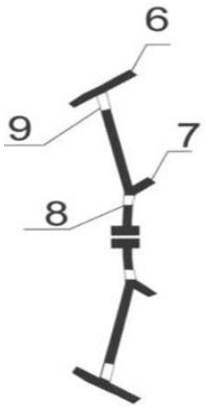


Рисунок 2 – Вид распыливающего диска Рисунок – 3. Вид жалюзийной решетки

Работа устройства для создания газокапельной струи осуществляется в следующей последовательности.

Перед проведением орошения сельскохозяйственных культур устанавливают соотношение расходования воды из газокапельной струи на увлажнение почвенного и листового покрова растений и приземного слоя воздуха, монтируя сменный диск 3 с различным количеством водоперепускных отверстий 9. Чем большее количество воды требуется подать на увлажнение почвы, тем больше водоперепускных отверстий 9 имеет малая кромка 6 устанавливаемого диска 3. После завершения монтажа диска 3 и подключения к нему водоподводящего патрубка 4 устройство на транспортном средстве вывозят в поле.

Устройство с включенным вентилятором 2 перемещают вдоль орошаемого участка. В процессе работы вода из водоисточника по патрубку 4 поступает на среднюю часть вращающегося диска 3. Часть этой воды распыляется с малой кромки 6, образуя крупнокапельную фракцию. Остальная вода перетекает через отверстие 9 к кромке 7, где также происходит ее распыление с образованием тонкодисперсной фракции газокапельной струи. Соответственно, большая часть воды, распыливаемой с поверхности кромки 7, образует капли размером до 100 мк, которые оседают на поверхность листьев, а также испаряются в приземном воздухе, повышая его влажность. Капли, образуемые на кромке 6, имеют величину более 100 мк. Они оседают на поверхности почвы, увлажняя ее. Процентное соотношение количества воды, подаваемой на увлажнение почвы и приземного слоя воздуха, задают подбором дисков 3 с определенным количеством отверстий 9. Дальность подачи газокапельной струи регулируют с помощью привода 11, поворачивая заслонки 10 жалюзи 5 и тем самым изменяя силу воздушного потока, создаваемого вентилятором 2.

Устройство для создания газокапельной струи при простоте конструкции и регулируемой дальности подачи обеспечивает возможность разделения газокапельной струи на фракции для увлажнения почвенного покрова, листовой поверхности растений и приземного слоя воздуха.

Научный и практический интерес представляет разработанная нами оросительная сеть для регулирования фитоклимата поля (патент РФ № 2548886). Оросительная система включает водоисточник, энергетическую установку, насос, распределительный трубопровод и подключенные к нему поливные трубопроводы с мелкодисперсными распылителями.

Способ регулирования фитоклимата поля (патент РФ 2129775) включает периодическое мелкодисперсное увлажнение растений с учетом температуры и влажности приземного слоя воздуха и почвы, а также скорости и направления приземного ветра.

Распыление аэрозоля производят с автоматическим регулированием высоты и направления его подачи, а также размера капель в нем, по результатам мониторинга температуры и влажности приземного слоя воздуха и почвы, скорости и направления приземного ветра в режиме реального времени на основе данных, получаемых от автоматизировнного измерительного комплекса.

На рисунке 4 представлен общий вид системы для регулирования фитоклимата поля. Система располагается на орошаемом участке 1 и включает водоисточник 2, энергетическую установку 3, насос 4, который связан трубопроводом 5 с водоисточником 2. К насосу 4 подключен проложенный вдоль поля транспортирующий трубопровод 6 и отходящие от него по полю поливные трубопроводы 7. Насос 4 подключен кабелем 8 к центральному узлу 9, к которому также подключен кабель 10, проложенный вдоль трубопроводов 6 и 7. На поливных трубопроводах 7 установлены генераторы аэрозоля 11.

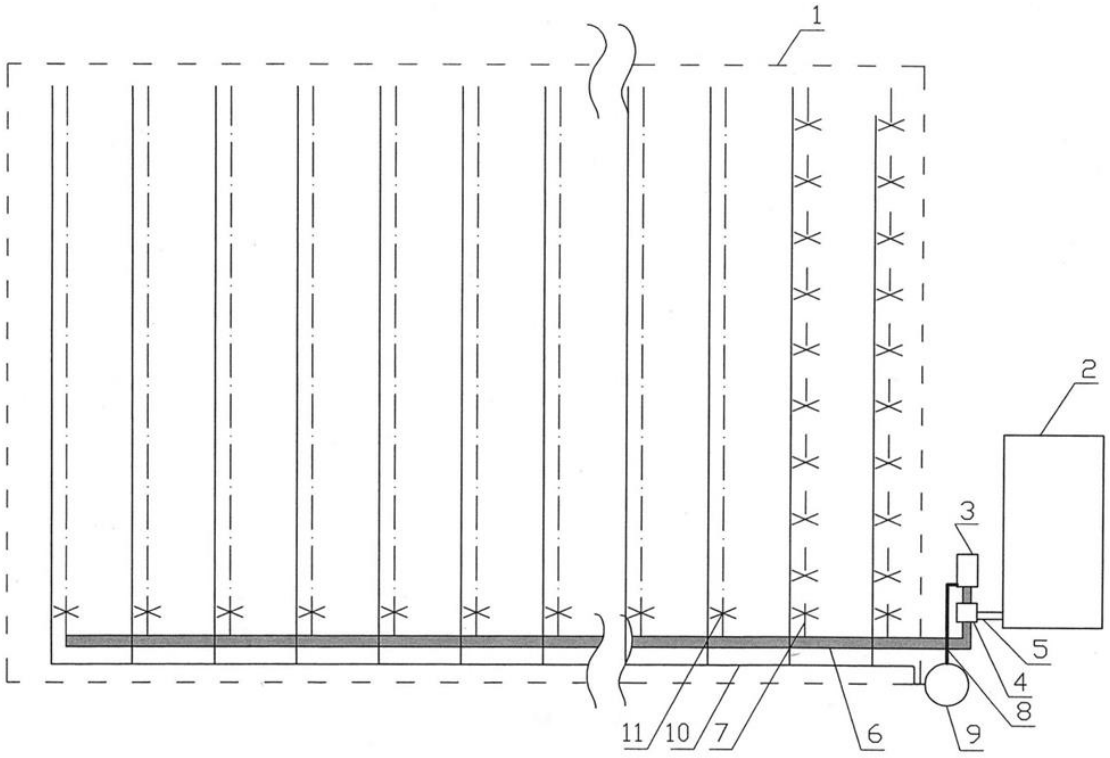


Рисунок 4 – Оросительная сеть для регулирования фитоклимата поля

Среднюю площадь орошаемого участка 1 примем равной 50 га. Размеры поля – 1000×500 м. Систему регулирования фитоклимата на поле размещают с учетом розы ветров. Трубопроводы 7 укладывают через 100 м, перпендикулярно направлению ветра, преобладающего в период вегетации. Аэрозольные генераторы на поливных трубопроводах размещают через 50 м.

В зависимости от конкретных условий микроклимата поля задается режим работы генераторов аэрозоля. Система дистанционного управления каждым отдельным генератором создает возможность наиболее рационального регулирования фитоклимата на поле путем применения различных схем включения генераторов аэрозоля.

Во время длительной воздушной засухи при установлении приборами образования восходящего потока воздуха, создающего угрозу иссушения почвы и перехода воздушной засухи в засуху, генераторы включают в рабочий режим, сочетающий одно-

временное крупнодисперсное увлажнение почвы и мелкодисперсное увлажнение воздуха на высоту до 2 м. При этом увлажнение почвы обеспечит снижение ее температуры и температуры приземного слоя воздуха и соответственно прекратит формирование восходящего потока нагретого воздуха. Одновременное мелкодисперсное увлажнение воздуха обеспечит снятие возможного температурного стресса у растений.

Реализация способа регулирования фитоклимата поля с помощью оросительной системы обеспечивает автоматическое поддержание благоприятных для растений условий в течение всего вегетационного периода на всей площади поля и позволяет предотвратить ущерб от любых видов засухи, в том числе на посевах культур сплошного сева.

Для получения наиболее эффективного почвоувлажнительного эффекта в сочетании с улучшением микроклимата разработано устройство (рисунок 5) комбинированного микроорошения, позволяющее переключать подачу воды в разные водовыпускные отверстия (для капельного орошения или для микродождевания) посредством кратковременного повышения давления в оросительной сети (патент РФ № 2129775). При гидравлическом расчете поливных трубопроводов систем микродождевания регламентирующими факторами являются: зона рабочего давления, т.е. те пределы численных значений давления в сети, в которых происходит нормальная работа водовыпусков в соответствии с их гидравлическими характеристиками, и равномерность распределения воды по длине трубопровода.

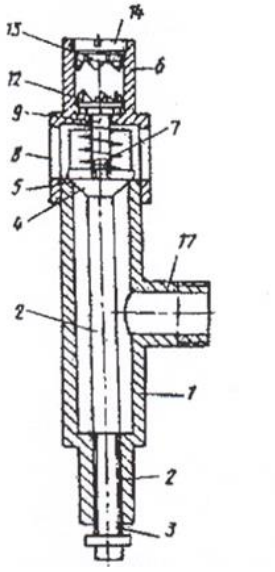


Рисунок 5 –Устройство для комбинированного микроорошения:
1 – корпус, 2 – шток, 3 – спиральный канал, 4 – конусный клапан, 5 – седло, 6 – корпус механизма фиксации, 7 – пружина, 8 – окно, 9 – стержень, 10 – диск, 11 – зубчатый венец, 12 – пазы, 13 – диск, 14 – крышка, 15 – направляющие выступы, 16 – эластичный клапан, 17 – патрубок

Устройство работает следующим образом. В режиме капельного орошения при пониженном давлении пружина 7 прижимает клапан 4 к седлу, и вода из патрубка 17 поступает через канал 3 в виде капель к объекту орошения.

Для переключения устройства в режим микродождевания в системе создают повышенное давление в виде короткого импульса. При этом пружина 7 сжимается, и диск 10 по направляющим выступам 15 перемещается вверх, зубцы венца 11 скользят по зубцам венца 13, при этом диск 10 проворачивается на угол, соответствующий одному зубцу.

После прекращения подачи импульса повышенного давления шток 2 перемещается в обратном направлении; при этом диск 10 упирается в выступы 15, и между клапаном 4 и его седлом образуется зазор. При этом эластичный клапан 16 перекрывает канал капельницы 3, и система работает в режиме микродождевания.

Для перевода системы в режим капельного полива необходимо подать повторный командный импульс повышенного давления. При этом происходит повторное отжатие диска 10 на зубцы венца 13 и совмещение пазов 12 с выступами 15. При снятии давления клапан 4 перекрывает верхнюю часть корпуса, и водовыпуск работает в режиме капельного орошения.

Предлагаемое устройство позволяет осуществлять комбинированное микроорошение без использования более высокого давления в сети и избежать связанных с этим затрат.

Заключение. Предлагаемые разработки позволят более эффективно использовать оросительную воду при мелкодисперсном дождевании, варьируя количество воды, подаваемой для увлажнения листовой поверхности в различные фазы развития растений. Так, в начале вегетации, когда листовая поверхность растений достаточно мала, можно подавать небольшие нормы воды, распыляя её мелкими каплями. В дальнейшем при увеличении листовой поверхности размер капель можно увеличивать до необходимых размеров, учитывая, что они не должны скатываться с поверхности листьев. Такое изменение размера капель в течение вегетации позволяет более эффективно расходовать поливную воду при мелкодисперсном дождевании. Для проведения комбинированного орошения на оросительной сети предлагается использовать разработанное устройство создания газокапельной струи и микроорошения. Увлажнение посевов нормами 1,5-2 $м^3$/га во время воздушной засухи позволяет значительно снизить ущерб. Периодическое многократное опрыскивание в наиболее жаркое время суток, когда температура воздуха превышает 25 °С, позволяет снизить влияние температурного стресса на растения и повысить урожайность до 20 %. Увлажнение приземного слоя воздуха выполняют разбрызгиванием воды с каплями диаметром до 500 мкм в жаркое время дня с 11 часов до 17 часов дня. Интервал между увлажнениями составляет примерно один час.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур [Текст]: научное издание /В.В. Бородычев / ФГНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2010. – 241 с.

2. Бородычев, В.В. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения [Текст]/ В.В. Бородычев, Е.В. Мелихова, А.Ф. Рогачев// Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 30-36.

3. Гидромелиоративные системы нового поколения [Текст]/Б.Б. Шумаков, Л.В. Кирейчева, В.В. Бородычев и др. – М.: ВНИИГиМ, 1997. – 120 с.

4. Гуманюк, А.В. Регулирование водного и пищевого режимов при возделывании томата на капельном орошении [Текст]/А.В. Гуманюк, В.Ф. Ботнарь, Д.Г. Градинар //Наука, техника и образование. – 2018. – № 4(45). – С. 57-62.

5. Зволинский, В.П. Влияние способа полива и минеральных удобрений на продуктивность раннего картофеля в Астраханской области [Текст]/В.П. Зволинский, Н.В. Тютюма, Н.А. Щербакова / /Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 31.-33.

6. Кизяев, Б.М. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении [Текст] / Б.М. Кизяев, В.В. Бородычев // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 18-21.

7. Комбинированное орошение земляники [Текст] / В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, А.В. Майер и др.//Проблемы развития АПК региона. ДагГАУ. – 2016. – №1 (25). – Ч. 2. – С. 25-29.

8. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур [Текст]/А. С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров и др.//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2(37). – С. 6-12.

9. Кременской, В.И. Внедрение систем капельного орошения в Крыму [Текст] /В.И. Кременской, А.М. Джапарова / /Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2 (70). – С. 86-91.

10. Куманов К. Изчисляваме ли правилно поливната норма при микронапояване на овощни насаждения [Текст] / К. Куманов // Растениеводческие науки. – 2003. – № 5 (40). – С. 451-456.

11. Модернизация узлов водоочистки систем капельного орошения комбинированными гидроциклонами [Текст] /В.В. Бородычев, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов и др.// Научная мысль. – 2016. – № 3 . – С. 43-52.

12. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом [Текст]/А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров и др.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2(37). – С. 6-12.

13. Пронько, Н.А. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском Заволжье [Текст]/Н.А. Пронько, Т.Г. Рябцева // Аграрный научный журнал. – 2018. –№ 1. – С. 27-30.

14. Шумаков, Б.Б. Техника и технология аэрозольного орошения [Текст]/ Б.Б. Шумаков, В.В. Бородычев //Мелиорация и водное хозяйство. Мелиоративные системы: обзорная информация /ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1989. – Вып. 9. – 60 с.

15. Viktor, P.R. Uniformity of soil moisture in microirrigated plastic mulched beds /Soil and crop science society of Florida[Tekst] / P.R. Viktor // Clarc Proceedings. – 1991. – Vol. 50. – P. 9-12.

16. Accuracy of Global Microirrigation Distribution Uniformity Estimates [Tekst]/ S.W. Styles, C.M. Burt, F. Gaudi et all. //Journal of Irrigation Drainage Engineering. – 2008. – Vol. 134. – № 3. – P. 292-297.

17. Meszaros, M. Kombinait microontozo-berendezes kialakitasa es vizsgalata [Tekst] /M. Meszaros // Debreceni Agrartudom. – Egyet, Tudom, Kozl, 1988. – Vol. 27. – P. 363-378.

18. Complementing micro-irrigation technology with improved irrigation management based on crop and soil parameters [Tekst]/ S. Pross, B. Sutton, M. Battam et all.// Inter Water Irrigat. – 2003. – Vol. 23. – № 4. – P. 300-330.

19. Saline water irrigation stimulate emission from a drip-irrigated cotton field [Tekst]/ W. Zhang, G. Zhou, Q. Li и др. //Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil and Plant Science. – 2016. – Vol. 66. – № 2. – P. 141-152.

20. Technology and regime of sugar beet drip irrigation with plastic mulching under the conditions of the jambyl region [Tekst]/ K. Massatbayev, A. Shomantayev, N. Izbassov et all. // Irrigation and Drainage. – 2016. – Vol. 65. – № 5. – P. 620-630.

21. Garb, Y. From transfer to translation: using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake [Tekst]/ Y. Garb, L. Friedlander //Agricultural Systems. – 2014. – Vol. 128. – P. 13-24.

22. Evaluation of yield and leaf water potantial (lwp) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip [Tekst]/ Y.B. Çolak, A. Yazar, S. Sesveren et all.// Scientia Horticulturae. – 2017. – Vol. 219. – P. 10-21.

Reference

1. Borodychev, V. V. Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur: nauchnoe izdanie [Tekst]/V. V. Borodychev / FGNU VNII “Raduga”. - Kolomna, 2010. - 241 p.

2. Borodychev, V. V. Funkcional'no-morfologicheskij analiz i sovershenstvovanie tehnicheskih sredstv kombinirovannogo orosheniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, E. V. Melihova, A. F. Rogachev// Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2018. - № 4. - P. 30-36.

3. Gidromeliorativnye sistemy novogo pokoleniya [Tekst]/B. B. Shumakov, L. V. Ki-rejcheva, V. V. Borodychev i dr. - M.: VNIIGiM, 1997. - 120 p.

4. Gumanyuk, A. V. Regulirovanie vodnogo i pischevogo rezhimov pri vozdelyvanii tomata na kapel'nom oroshenii [Tekst]/A. V. Gumanyuk, V. F. Botnar', D. G. Gradinar //Nauka, tehnika i obrazovanie. - 2018. - № 4(45). - P. 57-62.

5. Zvolinskij, V. P. Vliyanie sposoba poliva i mineral'nyh udobrenij na produktivnost' rannego kartofelya v Astrahanskoj oblasti [Tekst]/V. P. Zvolinskij, N. V. Tyutyuma, N. A. Scherbakova // Plodorodie. - 2018. - № 1(100). - P. 31. -- 33.

6. Kizyaev, B. M. Jeffektivnost' mineral'nogo pitaniya ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom oroshenii [Tekst] / B. M. Kizyaev, V. V. Borodychev // Plodorodie. - 2016. - № 5. - P. 18-21.

7. Kombinirovannoe oroshenie zemlyaniki [Tekst] / V. V. Borodychev, V. M. Gurenko, A. V. Majer i dr.//Problemy razvitiya APK regiona. DagGAU. - 2016. - №1 (25). - Ch. 2. - P. 25-29.

8. Kombinirovannoe oroshenie sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov i dr.//Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 2(37). - P. 6-12.

9. Kremenskoj, V. I. Vnedrenie sistem kapel'nogo orosheniya v Krymu [Tekst] /V. I. Kremenskoj, A. M. Dzhaparova / /Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2018. - № 2 (70). - P. 86-91.

10. Kumanov K. Izchislyavame li pravilno polivnata norma pri mikronapoyavane na ovoschni nasazhdeniya [Tekst] / K. Kumanov // Rasten. Nauki. - 2003. - № 5 (40). - P. 451-456.

11. Modernizaciya uzlov vodoochistki sistem kapel'nogo orosheniya kombinirovannymi gidrociklonami [Tekst] /V. V. Borodychev, A. E. Novikov, M. I. Filimonov i dr.// Nauchnaya mysl'. - 2016. - № 3 . - P. 43-52.

12. Perspektivnaya sistema upravleniya vodnym rezhimom pochvy i mikroklimatom [Tekst]/A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov et all.// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 2(37). - P. 6-12.

13. Pron'ko, N. A. Vodopotreblenie kapusty belokochannoj pri kapel'nom oroshenii v Saratovskom Zavolzh'e [Tekst]/N. A. Pron'ko, T. G. Ryabceva // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2018. -№ 1. - P. 27-30.

14. Shumakov, B. B. Tehnika i tehnologiya ajerozol'nogo orosheniya [Tekst]/ B. B. Shumakov, V. V. Borodychev //Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Meliorativnye sistemy: obzornaya informaciya CBNTI Minvodhoza SSSR. - M., 1989. - Vol. 9. - 60 p.

15. Viktor, P.R. Uniformity of soil moisture in microirrigated plastic mulched beds/Soil and crop science society of Florida[Tekst]/ P.R. Viktor // Clarc Proceedings. - 1991. - T. 50. - P. 9-12.

16. Accuracy of Global Microirrigation Distribution Uniformity Estimates [Tekst]/ S.W. Styles, C.M. Burt, F. Gaudi et all. //Journal of Irrigation Drainage Engineering. - 2008. - Vol. 134. - № 3. - P. 292-297.

17. Meszaros, M. Kombinait microontozo-berendezes kialakitasa es vizsgalata [Tekst]/M. Meszaros // Debreceni Agrartudom. - Egyet, Tudom, Kozl, 1988. – Vol. 27. - P. 363-378.

18. Complementing micro-irrigation technology with improved irrigation management based on crop and soil parameters [Tekst]/ S. Pross, B. Sutton, M. Battam et all.// Inter Water Irrigat. - 2003. - Vol. 23. - № 4. - P. 300-330.

19. Saline water irrigation stimulate emission from a drip-irrigated cotton field [Tekst]/ W. Zhang, G. Zhou, Q. Li et all.//Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil and Plant Science. - 2016. - Vol. 66. - № 2. - P. 141-152.

20. Technology and regime of sugar beet drip irrigation with plastic mulching under the conditions of the jambyl region [Tekst]/ K. Massatbayev, A. Shomantayev, N. Izbassov et all.// Irrigation and Drainage. - 2016. - Vol. 65. - № 5. - P. 620-630.

21. Garb, Y. From transfer to translation: using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake [Tekst]/ Y. Garb, L. Friedlander //Agricultural Systems. - 2014. - Vol. 128. - P. 13-24.

22. Evaluation of yield and leaf water potantial (lwp) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip [Tekst]/ Y.B. Çolak, A. Yazar, S. Sesveren et all.// Scientia Horticulturae. – 2017. – Vol. 219. – P. 10-21.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru