

Научная статья

Original article

УДК 631.6

doi: 10.55186/2413046X\_2023\_8\_9\_436

**ПОДБОР ДОЖДЕОБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛИВА СИСТЕМЫ  
КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ  
SELECTION OF RAIN-FORMING DEVICES TO IMPROVE THE  
QUALITY OF IRRIGATION OF THE COMBINED IRRIGATION  
SYSTEM**



**Акпасов Антон Павлович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, [1a9@mail.ru](mailto:1a9@mail.ru)

**Туктаров Ренат Бариевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, [tuktarov.rb@gmail.com](mailto:tuktarov.rb@gmail.com)

**Кулявцева Анна Александровна**, младший научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский

научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1869-4934>, Gornostaeva09@yandex.ru

**Akpasov Anton P.**, candidate of technical sciences, senior researcher, acting head of department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

**Tuktarov Renat B.**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, tuktarov.rb@gmail.com

**Kulyavtseva Anna A.**, junior researcher of the department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (413123 Russia, Saratov Region, Engelsky district, Privolzhsky, Gagarina str., 1), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1869-4934>, Gornostaeva09@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящей статье представлены результаты лабораторных испытаний спринклера коромыслового привода, дефлекторных насадок нижнего и верхнего действия для применения на автоматизированной системе комбинированного орошения. Представлены требования, предъявляемые к современным дождеобразующим устройствам при спринклерном и комбинированном орошении сельскохозяйственных культур. Описана лабораторная установка и методология проведения лабораторных испытаний. В трехкратной повторности проводились опыты

по определению равномерности полива и среднего диаметра капель дождя, являющимися одними из основных качественных показателей полива. В ходе проведения лабораторных испытаний дождевое облако, формируемое спринклером коромыслового привода, показал более равномерное распределение интенсивности с коэффициентом по Кристиансену более  $C_n = 75\%$  и средним диаметром капель дождя  $d_{cp} = 1,6$  мм. Сделан вывод о целесообразности применения на автоматизированной системе комбинированного орошения разработки ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» для формирования оптимального приземного микроклимата спринклеров коромыслового привода.

**Abstract.** This article presents the results of laboratory tests of the rocker drive sprinkler, deflector nozzles of lower and upper action for use on an automated combined irrigation system. The requirements for modern rain-forming devices for sprinkler and combined irrigation of agricultural crops are presented. The laboratory setup and methodology of laboratory tests are described. Experiments were carried out three times to determine the uniformity of irrigation and the average diameter of raindrops, which are one of the main qualitative indicators of irrigation. During laboratory tests, the rain cloud formed by the rocker drive sprinkler showed a more uniform intensity distribution with a Christiansen coefficient of more than  $C_n = 75\%$  and an average diameter of raindrops  $d_{sr} = 1.6$  mm. The conclusion is made about the expediency of using rocker drive sprinklers on an automated system of combined irrigation sprinklers by FGBNU "Volzhniigim" for the formation of an optimal surface microclimate.

**Ключевые слова:** спринклер коромыслового привода, дефлекторная насадка, равномерность, интенсивность дождя, коэффициент равномерности, дождеобразующее устройство, диаметр капель, комбинированное орошения

**Keywords:** rocker drive sprinkler, deflector nozzle, uniformity, rain intensity, uniformity coefficient, rain-forming device, droplet diameter, combined irrigation

**Введение.** Орошение является неотъемлемой частью сельского хозяйства и играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельских территорий. Это процесс искусственного полива, при котором вода подается на посевы, чтобы компенсировать недостаток естественных осадков. Важность орошения заключается в его способности повышать урожайность культур, обеспечивать стабильность сельскохозяйственного производства и сбалансированного питания населения. Контролируемый и эффективный полив позволяет оптимизировать растительные процессы, повысить качество и выход продукции, а также сократить риски урожайных потерь из-за засухи и засоления почвы.

Одним из основных способов орошения сельскохозяйственных угодий является полив дождеобразующими устройствами на различной поливной технике, которые способствуют равномерному распределению дождя. Равномерность распределения дождя определяется коэффициентом земельного использования орошаемой площади (га), который зависит от конструктивных характеристик ирригационного оборудования [10].

На больших площадях сельскохозяйственных угодий применяются широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального действия, а на средних и мелких – полосовые дождевальные машины и быстроразборные трубопроводы со спринклерным оборудованием [2,3].

Получение стабильного урожая в условиях засушливых летних месяцев в основном зависит от агротехнических показателей полива дождеобразующих устройств, таких как средний диаметр капель, средней интенсивность дождя и величины потерь воды на снос ветром и испарение, которые определяются конструктивными особенностями применяемых насадок и гидравлических характеристик трубопровода, на котором они монтируются [4].

При выращивании овощных культур широко применяются быстроразборные трубопроводы (рисунок 1) для дождевания как основной способ орошения, так и дополнительный защитный при капельном или

внутрипочвенном поливе. В качестве дождеобразующих устройств на ирригационном оборудовании выступают дефлекторные насадки и спринклеры коромыслового привода отечественного и зарубежного производства [9].

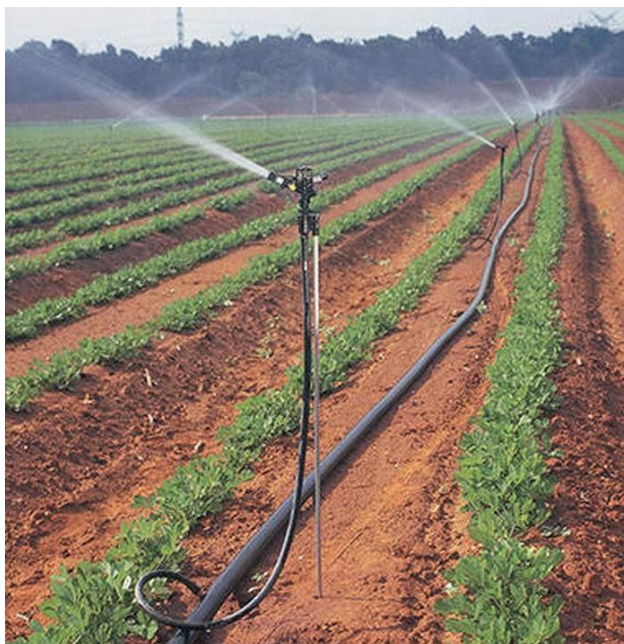


Рисунок 1. Быстроразборный трубопровод

Автоматизированная система комбинированного орошения разработки ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» включает в себя капельный и спринклерный поливы для снижения негативного влияния высоких летних температур Южных регионов России. Высокая температура более 30°C и частые суховеи угнетают листовую массу сельскохозяйственных культур, поэтому подбор дождеобразующих устройств с оптимальными качественными характеристиками дождя для создания оптимального приземного микроклимата является актуальной задачей.

**Материалы и методы исследований.** Целью исследований является подбор дождеобразующего устройства с оптимальными агротехническими показателями при поливе автоматизированной системы комбинированного орошения. Методической базой при проведении исследований по определению качественных характеристик испытываемых дождевателей

являются труды ученых ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», ФГБОУ ВО «Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова» и т.д. Методика исследования заключается в выборе оптимальных методов, средств отбора и математической обработки данных по образованию дождя дождевателями с оптимальными значениями равномерности полива по площади орошения и среднего диаметра капель [7,8].

Объект исследования – процесс формирования дождя дефлекторными насадками и спринклером. Предмет исследования – качественные показатели дождя, формируемые дефлекторными насадками и спринклером (интенсивность дождя, диаметр капель и равномерность полива).

Лабораторные исследования проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1 – 2010 «Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» и РД 10.11.1– 89 «Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний» [5,6]. Лабораторная установка включала в себя шкаф управления, насосную установку с электродвигателем, регулятор давления, стойка с трубопроводом для монтажа насадки. Забор воды в трубопровод осуществлялся из емкости объемом 5 м<sup>3</sup>. Испытания каждого дождевателя проводились в трехкратной повторности.

**Результаты и обсуждения.** При орошении ирригационным оборудованием одним из важнейших факторов качественного показателя дождя является правильный выбор дождеобразующих устройств, которые в полной мере должны отвечать агротехническим требованиям сельскохозяйственного производства.

Дождь, формируемый ирригационным оборудованием, должен обеспечивать равномерный полив по всему полю, формировать эрозионно-безопасный дождь без образования стока, выноса и уплотнения грунта, а также минимизировать потери орошаемой воды на испарение и снос ветром. При возделывании овощных и других культур широкое применение на

спринклерных установках получили дефлекторные насадки и спринклеры коромыслового привода [1]. С целью выбора оптимальных агротехнических характеристик дождевого облака были проведены лабораторные испытания трех широкоприменяемых дождеобразующих устройств (рисунок 2):

- дефлекторная насадка верхнего действия;
- дефлекторная насадка нижнего действия;
- спринклер коромыслового привода.



Рисунок 2 – Дождеобразующие устройства: а) дефлекторная насадка верхнего действия; б) дефлекторная насадка нижнего действия; в) спринклер коромыслового привода.

Исследования по определению средней интенсивности дождя, среднего диаметра капель и коэффициента равномерности по Кристиансену изучаемых дождевателей проводились в лаборатории Вавиловского университета (рисунок 3). Для достоверности опыты проводились в трехкратной повторности, при одинаковом давлении на входе в насадку – 0,4 МПа и на высоте в 0,7 м от земли. Для определения эпюр распределения слоя дождя в секторе круга располагались дождемеры по радиусам с центральным углом  $30^\circ$  от оси насадки. Диаметр капли дождя определяли в начале, середине и конце струи методом приема капель на фильтровальную бумагу, предварительно тарированную, на высоте основной массы растений [6].

Средний диаметр отпечатка каждой капли  $d$ , мм, вычисляли по формуле [5]:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (1)$$

где  $d_1, d_2$  – диаметр отпечатка капли в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, мм.

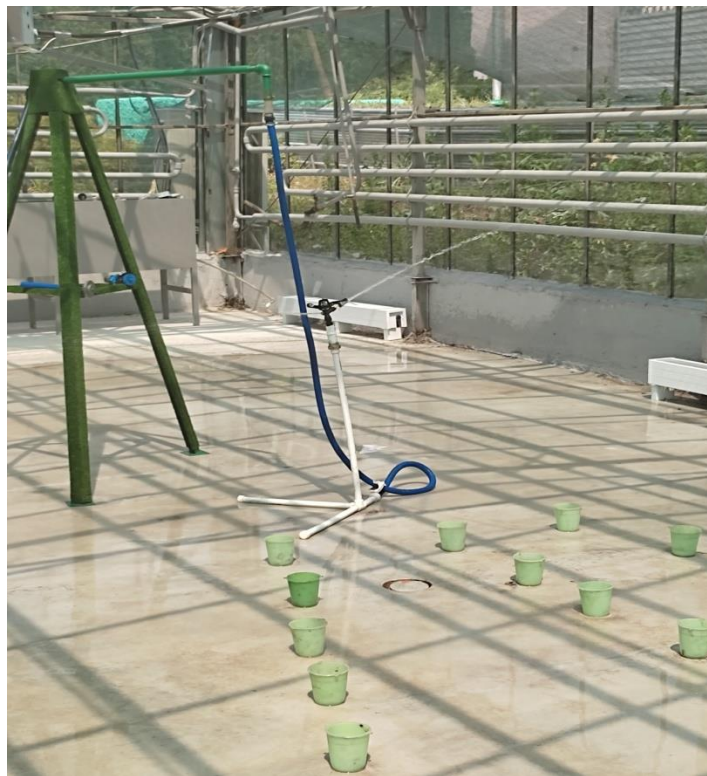


Рисунок 3 – Лабораторные испытания дождеобразующих устройств

По среднему диаметру отпечатка каждой капли и тарировочной кривой вычисляли средний диаметр капли  $d_{\text{ср}}$ , мм, по формуле [6]

$$d_{\text{ср}} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{k=1}^{n_k} d_{\text{кт}}^3}{n_k}}, \quad (2)$$

где  $d_{\text{кт}}$  – диаметр капли по тарировочной кривой, мм;

$n_k$  – число измеренных капель.

Нормативная интенсивность дождя в  $i$ -той точке определялась по формуле [5]:



$$\rho_D = \frac{\rho_i}{\rho_c}, \quad (3)$$

где  $\rho_c$  – средняя интенсивность дождя вдоль радиуса захвата дождем, мм/мин.

$\rho_i$  – интенсивность дождя в  $i$ -той точке радиуса захвата дождем, мм/мин, которая находится по формуле:

$$\rho_i = \frac{V_i \cdot 10}{A} \cdot \frac{1}{t}, \quad (4)$$

где  $V_i$  – объем воды в  $i$ -том дождемере, мм<sup>3</sup>;

$A$  – площадь приемного отверстия дождемера, см<sup>2</sup>;

$t$  – время испытания, мин.

Коэффициент равномерности полива по Кристиансену испытуемыми дождеобразующими устройствами находился по формуле [5]:

$$\sigma_{кр} = 100 \left( 1 - \frac{\sum /h_i - h_c/}{h_c \cdot n} \right), \quad (5)$$

где  $/h_i - h_c/$  - это абсолютная величина отклонения измерений от среднего слоя осадков;

$h_c$  – средний слой осадков, мм;

$n$  – количество измерений.

В ходе лабораторных исследований средний диаметр капель дождя при поливе дефлекторной насадкой верхнего действия составил 1,0 мм, нижнего действия – 1,2 мм, спринклера коромыслового привода – 1,6 мм.

Сравнение распределения средней интенсивности дождя  $\rho_i$  дефлекторной насадки верхнего действия, дефлекторной насадки нижнего действия и спринклера коромыслового привода представлено на графике рисунка 4.

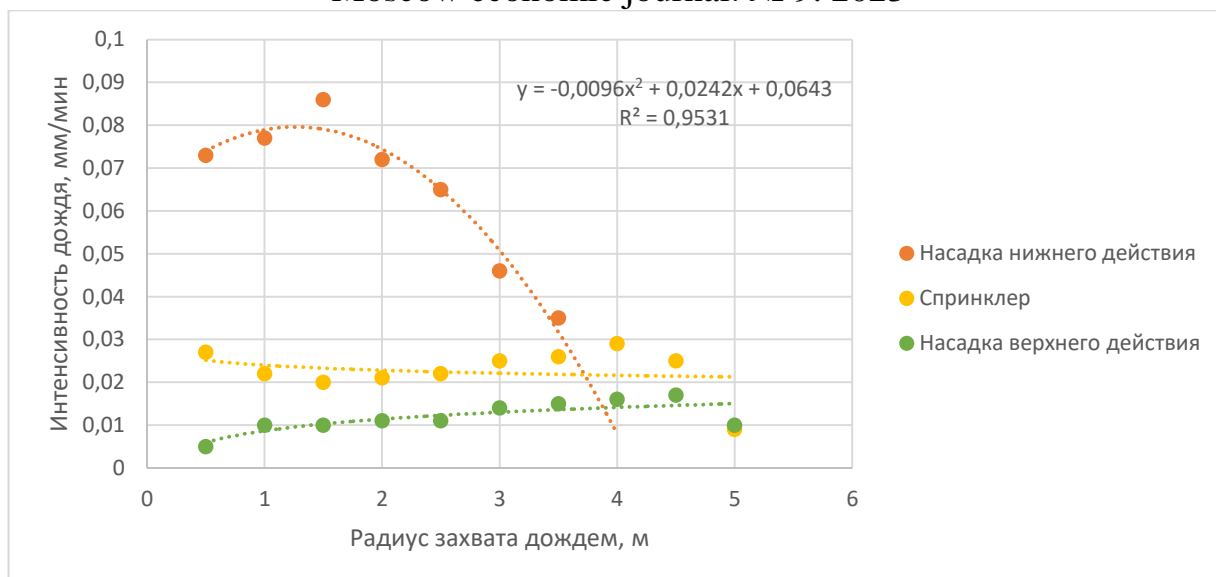


Рисунок 4 – График распределения интенсивности полива по радиусу захвата дождя исследуемых дождеобразующих устройств

Как видно из представленного графика, при поливе спринклером коромыслового привода по всему радиусу полива интенсивность дождя практически равномерна и лежит в пределах от 0,02 до 0,03 мм/мин при средней  $\rho_{\text{ср}}=0,025$  мм/мин. Распределение интенсивности дождя дефлекторной насадки верхнего действия так же относительно равномерно относительно радиуса полива, но средние значения ниже ( $\rho_{\text{ср}}=0,014$  мм/мин), чем у спринклера. В обоих случаях у графиков отсутствуют резкие перепады значений интенсивности, этот факт вместе с высокими значениями коэффициента равномерности по Кристиансену (для дефлекторной насадки верхнего действия –  $C_n = 68$  %, для спринклера  $C_n = 75$  %) говорят о равномерном распределении слоя воды по всей площади орошения исследуемыми насадками.

График распределения интенсивности дождя дефлекторной насадки нижнего действия имеет большие перепады по радиусу орошения, принимающие значения от 0,035 до 0,087 мм/мин. Относительно высокое значение средней интенсивности дождя  $\rho_{\text{ср}}=0,071$  мм/мин свидетельствует о большой вероятности образования стока, выноса и уплотнения грунта.

Значение коэффициент равномерности дождя по Кристиансену  $C_n = 65 \%$ , что на 10 % ниже, чем спринклера коромыслового привода.

По результатам проведенных лабораторных исследований можно сделать вывод, что для формирования защитного дождя при поливе автоматизированной системы комбинированного орошения в рамках выполнения государственного задания Минсельхоза России оптимальными агротехническими характеристиками обладают дефлекторные насадки верхнего действия и спринклеры коромыслового привода. Высокое значение коэффициента равномерности дождя по Кристиансену  $C_n = 75\%$  и средний диаметр капель дождя  $d_{cp} = 1,6$  мм при поливе спринклером позволят создать благоприятный микроклимат для вегетации сельскохозяйственных культур при комбинированном орошении.

#### Список источников

1. Акпасов А.П. Повышение эффективности дождеобразования с обоснованием конструктивных параметров дефлекторных насадок кругового действия: Автореф. дисс. канд. техн. наук. /2018./18 с.
2. Волынский, М. С. Труды о дроблении капель жидкости в потоке воздуха / Волынский М. С. // - Москва, 1984. – 12 с.
3. Лебедев, Б. М. Дождевальные машины: теория и конструкции/ Б. М. Лебедев. – М. : Машиностроение, 1977. – 246 с.
4. Майер А.В., Бочарников В.С., Долгополова Е.А. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1(25). С. 1-6.
5. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей СТО АИСТ 11.1 – 2010. – 56 с.
6. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний. РД 10.11.1– 89. – Издание официальное. – 172 с

7. Русинов А.В., Азизов И.Р. Анисимов С.А., Карпова О.В., Результаты исследований агротехнических показателей равномерности распределения дождя струйной веерной дождеобразующей насадкой при поливе грибов // Аграрный научный журнал. 2023. № 3. С. 111-115.
8. Русинов Д.А., Кравчук А.В., Колганов Д.А., Теоретические аспекты создания дождевальнoй насадки с вращающимся дефлектором // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 142-147.
9. Рыжко, Н. Ф. Влияние равномерности полива дождевальными машинами «Фрегат» на урожайность сельскохозяйственных культур / Н. Ф. Рыжко// Научно-технический прогресс в мелиорации земель Поволжья : сб. науч.тр. /ВолжНИИГиМ– М.: ВНИИГиМ, 1990. – С. 160–167.
10. Слюсаренко В.В. Потери воды на испарение и снос при поливе дождеванием и способы их снижения / В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко// Нива Поволжья. – 2009. – №1 (10). – С. 43-46.

#### References

1. Akpasov A.P. Improving the efficiency of rain formation with the justification of the design parameters of deflector nozzles of circular action: Abstract. diss. candidate of Technical Sciences. /2018./18 p.
2. Volynskij, M. S. Trudy o droblenii kapel' zhidkosti v potoke vozduha / Volynskij M. S. // - Moskva, 1984. – 12 s.
3. Lebedev, B. M. Dozhdeval'nye mashiny: teoriya i konstrukcii/ B. M. Lebedev. – M. : Mashinostroenie, 1977. – 246 s.
4. Majer A.V., Bocharnikov V.S., Dolgopolova E.A. Razrabotka tekhnicheskikh sredstv i metod opredeleniya intervala vremeni mezhdu uvlazhneniyami v sisteme kombinirovannogo orosheniya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 1(25). S. 1-6.
5. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody ocenki funkcional'nyh pokazatelej STO AIST 11.1 – 2010. – 56 s.
6. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Programma i metody ispytaniy. RD

7. Rusinov A.V., Azizov I.R., Anisimov S.A., Karpova O.V., Rezul'taty issledovanij agrotekhnicheskikh pokazatelej ravnomernosti raspredeleniya dozhdya strujnoj veernej dozhdobrazuyushchej nasadkoj pri polive gribov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2023. № 3. S. 111-115.

8. Rusinov D.A., Kravchuk A.V., Kolganov D.A., Teoreticheskie aspekty sozdaniya dozhdieval'noj nasadki s vrashchayushchimsya deflektorom // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2023. № 4. S. 142-147.

9. Ryzhko, N. F. Vliyanie ravnomernosti poliva dozhdieval'nymi mashinami «Fregat» na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur / N. F. Ryzhko// Nauchno-tekhnicheskij progress v melioracii zemel' Povolzh'ya : sb. nauch.tr. /VolzhNIIGiM– M.: VNIIGiM, 1990. – S. 160–167.

10. Slyusarenko V.V. Poteri vody na isparenie i snos pri polive dozhdevaniem i sposoby ih snizheniya / V.V. Slyusarenko, N.F. Ryzhko// Niva Povolzh'ya. – 2009. №1 (10). – S. 43-46.

**Для цитирования:** Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Кулявцева А.А. Подбор дождеобразующих устройств для повышения качественных показателей полива системы комбинированного орошения // Московский экономический журнал. 2023. № 9. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-9-2023-17/>

© Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Кулявцева А.А., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 9.