

Научная статья

Original article

УДК 631.347.1

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_5_44

edn: LGOHTI

**АГРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ
ДВИЖЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ
ДЛЯ ПЕРЕХОДА НА ПОЛИВ МАЛЫМИ НОРМАМИ
AGROTECHNICAL JUSTIFICATION FOR INCREASING THE SPEED
OF MOVEMENT OF CIRCULAR IRRIGATION MACHINES TO
ACHIEVE A TRANSITION TO LOW-RATE IRRIGATION**



Мищенко Николай Андреевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», (140483 Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, 38), тел. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6002-5202>, mishenko.nikolai@bk.ru

Травкин Владислав Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», (140483 Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, 38), тел. 8(496)6-170-474,

Nikolay A. Mishchenko, candidate of technical sciences, the leading researcher, Federal State Budget Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems RADUGA («Радуга»),

Moscow Region, Kolomna District, settl. Raduzhny, tel. 8(496)6-170-474,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6002-5202>, mishenko.nikolai@bk.ru

Vladislav S. Travkin, candidate of technical sciences, the chief researcher, Federal State Budget Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems RADUGA («Радуга»), Moscow Region, Kolomna District, settl. Raduzhny, tel. 8(496)6-170-474/

Аннотация. В статье рассмотрено обоснование технических решений по увеличению скорости движения многоопорной дождевальной машины кругового действия для обеспечения полива малыми поливными нормами (50–100 м³/га) на основе анализа многолетних исследований и современных данных о состоянии мелиоративного комплекса Российской Федерации. Материалы и методы: использованы теоретические методы анализа энергетических затрат на передвижение опорных тележек, обобщение результатов полевых испытаний модернизированных дождевальных аппаратов и дефлекторных насадок, статистическая обработка данных по урожайности сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах, а также анализ современного состояния парка дождевальной техники. Результаты: установлено, что увеличение скорости движения машины в 2 раза (с 1,8 до 3,6–4,0 м/мин) позволяет снизить минимальную поливную норму до 50–100 м³/га. Применение орбитального беззубого редуктора в приводе опорных тележек позволяет повысить КПД трансмиссии с 0,47 до 0,85–0,92 и снизить массу привода в 14 раз по сравнению с традиционными зубчатыми редукторами. Применение модернизированных аппаратов и дефлекторных насадок увеличивает норму полива до стока на 20–30% и снижает потери воды на испарение и снос ветром на 16–30%. Выводы: комплексная модернизация дождевальных машин, включающая увеличение скорости движения и применение орбитального беззубого редуктора, обеспечивает техническую возможность перехода на полив малыми нормами, снижение энергопотребления, экономию воды 300–400 м³/га и повышение урожайности на 8–10%.

Abstract. This study substantiates engineering solutions for increasing the travel speed of a center-pivot irrigation system to enable irrigation with low application depths (50–100 m³/ha). The proposed approach is based on the analysis of long-term experimental studies and current data on the condition of the irrigation and land reclamation sector in the Russian Federation. **Materials and Methods.** The study employed theoretical analysis of the energy consumption associated with the movement of the center-pivot drive towers, synthesis of field test results for upgraded sprinkler heads and deflector nozzles, statistical analysis of crop yield data obtained under different soil and climatic conditions, and an assessment of the current state of the irrigation equipment fleet. **Results.** The results demonstrate that doubling the travel speed of the center-pivot irrigation system from 1.8 to 3.6–4.0 m/min reduces the minimum irrigation application depth to 50–100 m³/ha. Replacing the conventional geared reducer in the drive mechanism with an orbital toothless gearbox increases transmission efficiency from 0.47 to 0.85–0.92 while reducing the drive weight by approximately fourteen times. The use of upgraded sprinkler heads and deflector nozzles increases the runoff threshold application depth by 20–30% and decreases water losses caused by evaporation and wind drift by 16–30%. **Conclusions.** Comprehensive modernization of center-pivot irrigation systems, including increased travel speed and the application of an orbital toothless gearbox, provides the technical basis for low-depth irrigation, reduces energy consumption, saves 300–400 m³/ha of irrigation water, and increases crop yields by 8–10%. These improvements contribute to higher water-use efficiency and enhance the sustainability of irrigated agriculture under conditions of increasing water scarcity.

Ключевые слова: дождевальная машина кругового действия, полив малыми нормами, мелкодисперсное дождевание, скорость движения, энергосбережение, волновая передача, норма полива до стока, дефлекторная насадка, модернизация привода, водосбережение

Key words: center-pivot irrigation system; low-depth irrigation; fine-spray irrigation; travel speed; energy efficiency; orbital toothless gearbox; runoff

threshold irrigation depth; deflector nozzle; drive system modernization; water conservati

Введение. В Российской Федерации орошаемые земли составляют стратегический резерв устойчивого производства сельскохозяйственной продукции. Доля земель, орошаемых дождеванием, достигает 90% [1]. Однако количественные и качественные показатели ирригационного фонда страны за последние десятилетия существенно снизились. Если в 1990 г. в России для полива дождеванием использовалось 79,3 тыс. дождевальных машин, в том числе 51,7 тыс. широкозахватных («Фрегат» – 20,4 тыс., «Волжанка» – 25,6 тыс., «Днепр» – 3,1 тыс., «Кубань» – 2 тыс.) [2], то после 1991 г. началось стремительное сокращение площадей орошаемых земель и количества поливной техники. Ситуация значительно поменялась после прихода на российский рынок иностранной техники. По состоянию на 2019 г. наличие оросительной техники в Российской Федерации составило всего 11826 ед., в том числе дождевальных машин – 8736 ед. [3].

В Саратовской области, одном из ключевых регионов орошаемого земледелия Поволжья, площадь орошаемых земель в 1990 г. составляла 481,4 тыс. га, а количество дождевальных машин достигало 7900 ед. [4]. К началу 2022 г. число дождевальных машин сократилось до 918 ед., при этом доля машин «Фрегат» уменьшилась с 34,3 до 22% [5]. Дефицит дождевальной техники достиг предельных значений, и сельхозтоваропроизводители вынуждены компенсировать его приобретением импортных машин («Zimmatic», «Valley», «Bauer», «T-L», «Western») [3, 6]. Так к 2010 году производителей отечественных широкозахватных машин не было, но с 2018 года ситуация начала меняться и к сегодняшнему времени насчитывается порядка 7 производителей, который в большей степени перекрывают потребности рынка в таких машинах.

Основная проблема эксплуатации дождевальной техники заключается в несоответствии характеристик искусственного дождя водопроницаемости

почв. Характерная для серийных дождевальных машин высокая интенсивность дождя оказывает негативное влияние на почву, вызывая водную эрозию, разрушение структуры, вынос питательных веществ [7, 8]. Регулярное орошение черноземов в ряде районов Центрально-Черноземного региона сопровождается существенным снижением продуктивности земель.

В этой связи актуальной является задача разработки технических решений, позволяющих перейти к поливу малыми поливными нормами (50–100 м³/га) и мелкодисперсному дождеванию как самостоятельному агроприему. Одним из ключевых направлений решения этой задачи является увеличение скорости движения дождевальных машин кругового действия.

Цель проведенной работы – обоснование технических решений по увеличению скорости движения многоопорной дождевальной машины кругового действия и оценка агротехнической и экономической эффективности перехода на полив малыми нормами.

Задачи исследований:

- Выполнить анализ зависимости поливной нормы от скорости движения машины.
- Обосновать конструктивные решения по модернизации привода опорных тележек с применением орбитального беззубого редуктора для увеличения скорости движения.
- Определить технико-экономические преимущества предлагаемых решений.

Материалы и методы

Объектом исследования является электрифицированная многоопорная дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» (базовая модель) и ее усовершенствованные модификации, включая машины с модернизированными дождевальными аппаратами и дефлекторными насадками.

Теоретические исследования базировались на анализе энергетических затрат на передвижение опорных тележек, выполненных в соответствии с

методами, разработанными В.П. Горячкиным [9] и развитыми в работах А.И. Рязанцева [7, 10]. Мощность, развиваемая электродвигателем опорной тележки, расходуется на механические потери в трансмиссии, перекачивание, буксование и преодоление подъема. Тяговый КПД опорной тележки определяется произведением коэффициентов полезного действия трансмиссии, перекачивания и буксования.

Экспериментальные исследования проводились на базе ФГБНУ ВНИИ «Радуга» и ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» с использованием модернизированных дождевальных аппаратов и дефлекторных насадок. Оценка нормы полива до стока выполнена по методикам Ф.И. Колесникова и Н.С. Ерхова с применением эмпирических зависимостей, учитывающих интенсивность дождя, диаметр капель и агрофон [11, 12, 13].

Для оценки агротехнической эффективности использованы данные многолетних полевых исследований, проведенных в различных почвенно-климатических зонах страны, включая Волгоградскую, Саратовскую, Ростовскую, Рязанскую области, Ставропольский край и Карачаево-Черкесскую автономную область. Обработка экспериментальных данных выполнена с использованием методов математической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Взаимосвязь скорости движения и поливной нормы

Для дождевальных машин кругового действия поливная норма обратно пропорциональна скорости движения. Увеличение скорости движения последней опорной тележки с 1,8–2,0 м/мин (базовая модель) до 3,6–4,0 м/мин (усовершенствованная модификация) позволяет снизить минимальную поливную норму в 2 раза – с 100–200 до 50–100 м³/га [7].

Такое снижение поливной нормы имеет принципиальное значение для почвосохранения. Согласно агротехническим требованиям, интенсивность дождя не должна превышать скорость впитывания воды в почву. При соблюдении этого условия исключается образование луж и поверхностного стока, предотвращается водная эрозия.

Комплексным показателем, определяющим почвосохранность дождеобразующих устройств, является величина достоковой поливной нормы (норма полива до стока), определяемая по выражению [11]:

$$m_d = \frac{K_v}{\sqrt{P_0 \cdot l^{0.5dk}}}$$

где: m_d - достоковая поливная норма, мм;

K_v - показатель свободного безнапорного впитывания воды в почву, мм;

P_0 - средняя интенсивность дождя, свойственная данной дожде вальной машине (установке), мм/мин;

dk - средний диаметр капель дождевого облака, мм;

l - основание натурального логарифма, равное 2,75.

2. Технические решения по увеличению скорости движения

Для обеспечения двукратного увеличения скорости движения без повышения энергопотребления предлагается применение орбитального беззубого редуктора – принцип которого предложен в патенте Мухина В.А. RU2626422C1 от 27.07.2017г. и предложенного к использованию в дождевальной технике ФГБНУ ВНИИ «Радуга» и ООО «БСГ» (г. Тольятти).

Данный редуктор реализует новый принцип взаимодействия входного и выходного валов посредством стандартных роликов из закаленной стали, работающих вместо зубьев [19]. Орбитальный беззубый редуктор обладает следующими преимуществами перед традиционными зубчатыми редукторами [19]:

Значительно меньшие габариты при аналогичных характеристиках по передаваемому моменту.

Простота изготовления – отпадает необходимость нарезания зубьев, что исключает применение дорогостоящих зубонарезных станков и инструментов (червячных фрез, долбяков, гребенок), для изготовления которых требуются стали, легированные стратегическими материалами (вольфрам, молибден, ванадий, кобальт, хром).

Меньшая стоимость изготовления по сравнению с редукторами с аналогичными характеристиками.

Большие передаточные числа при малых габаритах.

Более высокий КПД по сравнению с аналогичными редукторами.

Малая шумность при работе за счет более плавного зацепления и отсутствия ударов.

Абсолютная ремонтпригодность за счет смены роликов после износа (ролики не выбрасываются, а перешлифовываются для дальнейшего использования).

Для наглядного сравнения эффективности нового редуктора приведены следующие данные [19]: трехступенчатый зубчатый редуктор РЦШ-1300 (рис. 1), серийно выпускаемый предприятием НТЦ «Редуктор» (г. Санкт-Петербург), имеет габаритный размер 2180 мм и массу 2000 кг. Орбитальный беззубый редуктор диаметром 500 мм с таким же передаточным числом и крутящим моментом имеет массу всего 140 кг (меньше в 14 раз). Редуктор был изготовлен и успешно испытан под нагрузкой (рис. 2).

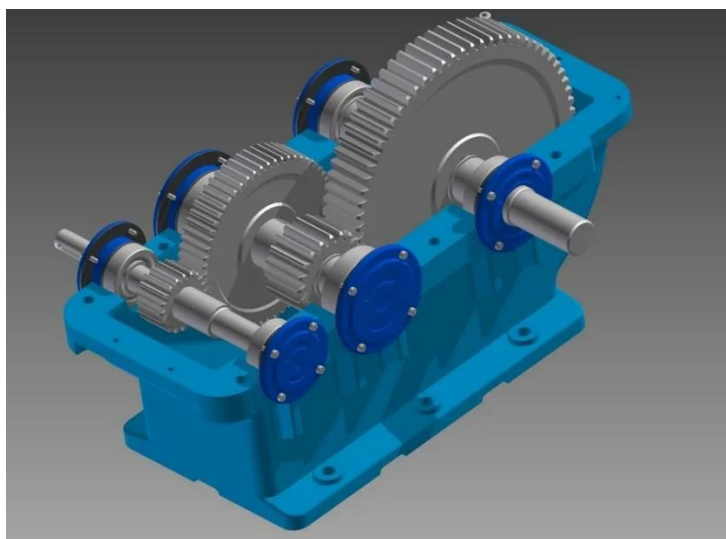


Рисунок 1. – Редуктор цилиндрический трехступенчатый РЦШ-1300 (3D изображение)

Конструктивно орбитальный беззубый редуктор содержит 12 наименований деталей, изготовленных из проката; остальные детали

являются стандартными. Это обеспечивает высокую технологичность и воспроизводимость изделия в условиях серийного производства. Снижение материалоемкости и трудоемкости изготовления, а также исключение дорогостоящих легированных сталей и специального режущего инструмента позволяют существенно сократить затраты на производство и эксплуатацию.

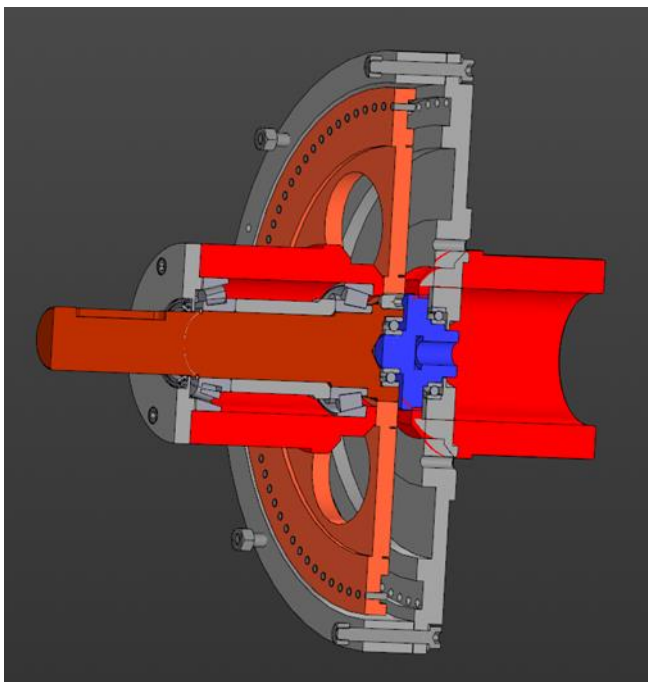


Рисунок 2. – Редуктор орбитальный без зубчатый редуктор (3D модель)

Внедрение орбитальных беззубых редукторов в привод опорных тележек дождевальных машин обеспечивает:

- снижение массы приводной группы с 190 до 140 кг (на 26%);
- повышение КПД трансмиссии до 0,85–0,92;
- снижение стоимости изготовления привода в 2–14 раз по сравнению с традиционными зубчатыми редукторами;
- увеличение скорости движения опорных тележек в 2 раза без увеличения мощности привода.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика приводов электрифицированной дождевальной машины

Наименование показателей	Серийный привод	Перспективный привод (орбитальный беззубый)
Тип связи	Блокированный	Раздельный
Мощность электродвигателя, кВт	1,1	0,20 + 0,20
КПД трансмиссии	0,47	0,85–0,92
Масса привода, кг	190	140
Передаточное число	2585	до 3000

Источники: отчет о НИР по теме 1.119, ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2005 г.; данные по орбитальному редуктору [19].

3. Влияние модернизации дождеобразующих устройств на норму полива до стока

Модернизация дождевальных аппаратов и применение дефлекторных насадок существенно влияют на норму полива до стока – ключевой показатель, определяющий возможность проведения полива без образования поверхностного стока и эрозии. Исследования, проведенные на темно-каштановых почвах Саратовской области, показали, что модернизация дождевальных аппаратов позволяет увеличить норму полива до стока на 20–30% [13, 14] (таблица 2).

Таблица 2 – Норма полива до стока при поливе ДМ «Фрегат» с серийными и модернизированными дождевальными аппаратами и дефлекторными насадками

Тип дождевателя	Положение вдоль машины	Расход воды, л/с	Средний диаметр капель, мм	Норма полива до стока, м ³ /га
Серийный аппарат	Начало	0,415	0,71	146–282
Серийный аппарат	Конец	3,780	1,58	35–44
Модернизированный аппарат	Начало	0,415	0,94	98–109
Модернизированный аппарат (с прерывателем)	Конец	2,42	1,05	64–71
Модернизированный аппарат (многоструйный)	Конец	3,78	1,21	38–43
Дефлекторная насадка	Начало	0,415	0,68	78–98
Дефлекторная насадка	Конец	3,780	0,87	30–43

Источник: обобщение данных ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» [13, 14].

Из данных таблицы 2 видно, что модернизированные аппараты в начале машины обеспечивают более стабильные показатели нормы полива до стока. Дефлекторные насадки, формирующие мелкокапельный дождь со средним диаметром капель 0,68–0,87 мм, обеспечивают стабильные показатели нормы полива до стока.

Важным результатом является снижение потерь воды на испарение и снос ветром. У модернизированных аппаратов, установленных в начале машины, потери снижаются на 30–40% по сравнению с серийными, а в среднем по машине – на 16% [13]. Для дефлекторных насадок потери воды на испарение и снос ветром вдоль трубопровода составляют 9,3–14,1% при средних метеорологических условиях Саратовской области, что ниже, чем у серийных среднеструйных аппаратов (10,4–22,3%) [14].

4. Агротехническая эффективность полива малыми нормами

Многолетние исследования эффективности мелкодисперсного дождевания (МДД) и комбинированного полива (дождевание + МДД), проведенные в различных регионах страны, свидетельствуют о существенном росте урожайности сельскохозяйственных культур (таблица 4).

Таблица 3 – Урожайность сельскохозяйственных культур при различных технологиях орошения, ц/га

Зона	Год	Культура	Богарное	Традиционное дождевание	МДД	Комбинирование
Волгоградская обл.	1975	Яровая пшеница	-	-	+7,1	-
Саратовская обл.	1979	Озимая пшеница	-	47,5	-	49,8
Саратовская обл.	1980	Озимая пшеница	-	60,9	-	66,4
Ростовская обл.	1972	Озимая пшеница	16,4	30,8	54,9	-
Ставропольский край	1977	Картофель	294,2	346,9	313,2	427,2
Ставропольский край	1977	Сахарная свекла	482,6	545,4	567,5	686,3
Рязанская обл.	1982	Картофель	177	184	215	201

Источник: обобщение данных В.В. Бородычева и других авторов [15, 16].

Анализ данных таблицы 3 позволяет сделать следующие выводы. Мелкодисперсное дождевание как самостоятельный агроприем наиболее эффективно в менее засушливых районах (Рязанская область), где прибавка урожайности картофеля достигает 17–31 ц/га (9–17%), а яровой пшеницы – 3,3 ц/га.

В степной зоне наиболее эффективно комбинированное орошение (дождевание + МДД): прибавка урожайности озимой пшеницы в Саратовской области составила 2,3–5,5 ц/га (4,8–9,0%), картофеля в Ставропольском крае – 80,3 ц/га (23,1%), сахарной свеклы – 140,9 ц/га (25,8%).

В целом применение мелкодисперсного дождевания и комбинированного полива обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 4–10% и более по сравнению с традиционным дождеванием.

Переход на полив малыми нормами обеспечивает экономию оросительной воды 300–400 м³/га в Европейской части страны за счет снижения глубинной фильтрации и поверхностного стока [7, 10].

Выводы. Увеличение скорости движения многоопорной дождевальной машины кругового действия в 2 раза (с 1,8 до 3,6–4,0 м/мин) позволяет снизить минимальную поливную норму до 50–100 м³/га, что соответствует досточным величинам для основных типов почв и обеспечивает экологически безопасный полив.

Применение орбитального беззубого редуктора в приводе опорных тележек позволяет повысить КПД трансмиссии с 0,47 до 0,85–0,92, снизить массу привода на 26% (с 190 до 140 кг) и увеличить скорость движения тележек в 2 раза без увеличения мощности привода. Стоимость изготовления привода снижается в 2–14 раз по сравнению с традиционными зубчатыми редукторами.

Применение мелкодисперсного дождевания и комбинированного полива обеспечивает повышение урожайности зерновых культур на 20–78%, картофеля – до 45%, сахарной свеклы – до 42% по сравнению с традиционным дождеванием. Переход на полив малыми нормами обеспечивает экономию оросительной воды 300–400 м³/га.

Разработанные технические решения, включая применение орбитального беззубого редуктора, являются основой для создания дождевальной машины нового поколения с повышенной энергоэффективностью и сниженной материалоемкостью.

Литература

1. Ольгаренко Г.В. Стратегия научно-технической деятельности по разработке новой техники для орошения при реализации программы

- развития мелиорации // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 5–8.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 248 с.
3. Мелиоративный комплекс Российской Федерации : информационное издание. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 304 с.
4. Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В. Совершенствование поливной техники и повышение качества дождя на примере низконапорной ресурсосберегающей дождевальнoй машины «Фрегат» : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01. – Саратов, 2002. – 196 с.
5. Журавлева Л.А. Ресурсосберегающие широкозахватные дождевальные машины кругового действия : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01. – Саратов, 2018. – 409 с.
6. Рыжко С.Н. Совершенствование дождевальных машин ферменной конструкции для улучшения технических характеристик и качественных показателей полива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01. – Саратов, 2022. – 24 с.
7. Рязанцев А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях. – Рязань, 1991. – 190 с.
8. Рязанцев А.И., Булгаков В.И., Городничев В.И. Технические решения по оснащению многоопорной электрифицированной машины малоэнергоёмкими ходовыми системами // Отчет о НИР по теме 1.119. – Коломна : ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2005.
9. Горячкин В.И. Собрание сочинений : в 7 т. Т. 3. – М. : Сельхозгиз, 1965. – 456 с.
10. Рязанцев А.И. Оценка движителей многоопорных дождевальных машин // Экспресс-информация ЦБНТИ МВХ СССР. – 1985. – Серия 1. – Вып. 8. – С. 12–18.

11. Колесников Ф.И. Методика оценки эффективности дождевальных машин. – М. : Колос, 1975. – 157 с.
12. Ерхов Н.С., Исаев А.П. Гидравлика дождевальных машин. – М. : Машиностроение, 1973. – 215 с.
13. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. – 176 с.
14. Рыжко Н.Ф., Озерская Т.Н., Рыжко Н.В. и др. Рекомендации по настройке дождевальных аппаратов машин «Фрегат». – Саратов, 1989. – 46 с.
15. Бородычев В.В. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 160 с.
16. Остапов В.И. и др. Орошаемое земледелие / под ред. В.И. Остапова. – Киев : Урожай, 1987. – 328 с.
17. Васильев С.М., Шкура В.Н. Дождевание. – Новочеркасск : РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
18. Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В. Оценка эффективности применения полиэтиленовых труб на дождевальных машинах // Сборник научных трудов / ВолжНИИГиМ. – Саратов, 2002. – С. 112–118.
19. Мищенко Н.А. Современные технические средства для полива небольших участков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 22–23.
20. Мищенко Н.А. Техника ресурсосберегающего и экологически безопасного подкронового микроорошения садов и питомников // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 24–26.
21. . Ольгаренко В.И., Мищенко Н.А. Ресурсосберегающее микроорошение садов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 1 (13). – 13 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/>.
22. Ольгаренко Г.В., Мищенко Н.А. Техника экологически безопасного микроорошения многолетних насаждений // Природообустройство. – 2014. – № 1.

23. Мищенко Н.А., Рязанцев А.И., Козлова Л.К. К развитию технологий мостового земледелия на мелиорируемых землях // Вестник мелиоративной науки. – 2023. – № 3. – С. 170–178.
24. Мищенко Н.А., Турапин С.С., Асцатрян С.А. Дождевальный аппарат : патент на полезную модель № 231398 Рос. Федерация. – 2025.
25. Мищенко Н.А. Устройство всасывающей линии насосных станций с целью предотвращения попадания в них плавающего мусора, водорослей, молоди рыб при осуществлении подачи воды из открытых водоисточников // Вестник мелиоративной науки. – 2023. – № 4.
26. Мищенко Н.А. Влияние параметров мостового агрегата на повышение экологичности полива и снижения деградационного воздействия на почву // Экология и строительство. – 2024. – № 2. – С. 29–34. – DOI: 10.35688/2413-8452-2024-02-005.

References

1. Ol`garenko G.V. Strategiya nauchno-texnicheskoj deyatel`nosti po razrabotke novoj texniki dlya orosheniya pri realizacii programmy` razvitiya melioracii // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. – 2011. – № 6. – S. 5–8.
2. Gosudarstvenny`j doklad «O sostoyanii i ispol`zovanii zemel` sel`skoxozyajstvennogo naznacheniya Rossijskoj Federacii v 2019 godu». – M.: FGBNU «Rosinformagrotex», 2020. – 248 s.
3. Meliorativny`j kompleks Rossijskoj Federacii : informacionnoe izdanie. – M. : FGBNU «Rosinformagrotex», 2020. – 304 s.
4. Ry`zhko N.F., Ry`zhko N.V. Sovershenstvovanie polivnoj texniki i povu`shenie kachestva dozhdya na primere nizkonapornoj resursosberegayushhej dozhdeval`noj mashiny` «Fregat» : dis. ... kand. texn. nauk : 05.20.01. – Saratov, 2002. – 196 s.
5. Zhuravleva L.A. Resursosberegayushhie shirokozaxvatny`e dozhdeval`ny`e mashiny` krugovogo dejstviya : dis. ... d-ra texn. nauk : 05.20.01. – Saratov, 2018. – 409 s.

6. Ry`zhko S.N. Sovershenstvovanie dozhdeval`ny`x mashin fermennoj konstrukcii dlya uluchsheniya texnicheskix xarakteristik i kachestvenny`x pokazatelej poliva : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk : 05.20.01. – Saratov, 2022. – 24 s.
7. Ryazancev A.I. Mexanizaciya poliva shirokozaxvatny`mi dozhdeval`ny`mi mashinami krugovogo dejstviya v slozhny`x usloviyax. – Ryazan`, 1991. – 190 s.
8. Ryazancev A.I., Bulgakov V.I., Gorodnichev V.I. Texnicheskie resheniya po osnashheniyu mnogoopornoj e`lektrifitsirovannoj mashiny` maloe`nergoemkimi xodovy`mi sistemami // Otchet o NIR po teme 1.119. – Kolomna : FGNU VNII «Raduga», 2005.
9. Goryachkin V.I. Sobranie sochinenij : v 7 t. T. 3. – M. : Sel`xozgiz, 1965. – 456 s.
10. Ryazancev A.I. Ocenka dvizhitelej mnogooporny`x dozhdeval`ny`x mashin // E`kspress-informaciya CzBNTI MVX SSSR. – 1985. – Seriya 1. – Vy`p. 8. – S. 12–18.
11. Kolesnikov F.I. Metodika ocenki e`ffektivnosti dozhdeval`ny`x mashin. – M. : Kolos, 1975. – 157 s.
12. Erxov N.S., Isaev A.P. Gidravlika dozhdeval`ny`x mashin. – M. : Mashinostroenie, 1973. – 215 s.
13. Ry`zhko N.F. Sovershenstvovanie dozhdeobrazuyushhix ustrojstv dlya mnogooporny`x dozhdeval`ny`x mashin. – Saratov : FGOU VPO «Saratovskij GAU», 2009. – 176 s.
14. Ry`zhko N.F., Ozerskaya T.N., Ry`zhko N.V. i dr. Rekomendacii po nastrojke dozhdeval`ny`x apparatov mashin «Fregat». – Saratov, 1989. – 46 s.
15. Borody`chev V.V. Ae`rozol`noe oroshenie sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur. – M. : Rosagropromizdat, 1989. – 160 s.
16. Ostapov V.I. i dr. Oroshaemoe zemledelie / pod red. V.I. Ostapova. – Kiev : Urozhaj, 1987. – 328 s.
17. Vasil`ev S.M., Shkura V.N. Dozhdevanie. – Novocherkassk : RosNIIPM, 2016. – 352 s.

18. Ry`zhko N.F., Ry`zhko N.V. Ocenka e`ffektivnosti primeneniya polie`tilenovy`x trub na dozhdeval`ny`x mashinax // Sbornik nauchny`x trudov / VolzhNIIGiM. – Saratov, 2002. – S. 112–118.
19. Mishhenko N.A. Sovremenny`e texnicheskie sredstva dlya poliva nebol`shix uchastkov // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. – 2013. – № 6. – S. 22–23.
20. Mishhenko N.A. Texnika resursosberegayushhego i e`kologicheskogo bezopasnogo podkronovogo mikroorosheniya sadov i pitomnikov // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. – 2013. – № 6. – S. 24–26.
21. Ol`garenko V.I., Mishhenko N.A. Resursosberegayushhee mikrooroshenie sadov // Nauchny`j zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2014. – № 1 (13). – 13 s. – Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/>.
22. Ol`garenko G.V., Mishhenko N.A. Texnika e`kologicheskogo bezopasnogo mikroorosheniya mnogoletnix nasazhdenij // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 1.
23. Mishhenko N.A., Ryazancev A.I., Kozlova L.K. K razvitiyu texnologij mostovogo zemledeliya na melioriruemy`x zemlyax // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2023. – № 3. – S. 170–178.
24. Mishhenko N.A., Turapin S.S., Asczatryan S.A. Dozhdeval`ny`j apparat : patent na poleznuyu model` № 231398 Ros. Federaciya. – 2025.
25. Mishhenko N.A. Ustrojstvo vsasy`vayushhej linii nasosny`x stancij s cel`yu predotvrashheniya popadaniya v nix plavayushhego musora, vodoroslej, molodi ry`b pri osushhestvlenii podachi vody` iz otkry`ty`x vodoistochnikov // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2023. – № 4.
26. Mishhenko N.A. Vliyanie parametrov mostovogo agregata na povы`shenie e`kologichnosti poliva i snizheniya degradacionnogo vozdejstviya na pochvu // E`kologiya i stroitel`stvo. – 2024. – № 2. – S. 29–34. – DOI: 10.35688/2413-8452-2024-02-005.

© Мищенко Н.А 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 5, 9-26.