

Научная статья

Original article

УДК 631.34

doi: [https://doi.org/10.55186/25880209\\_2026\\_10\\_2\\_10](https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_2_10)

edn: GAONAP

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ  
НАСАДОК ВЕДУЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES OF WATERING  
NOZZLES BY LEADING FOREIGN MANUFACTURERS**



**Мищенко Николай Андреевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное 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](mailto:mishenko.nikolai@bk.ru).

**Травкин Владислав Сергеевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное 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/0009-0002-1052-0125>, [tvsv@vniiraduga.ru](mailto:tvsv@vniiraduga.ru).

**Лебедев Денис Андреевич**, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное 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/0009-0004-0983-1318>,  
lda@vniiraduga.ru.

**Nikolai A. Mishenko**, candidate of technical sciences, the Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (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, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (Moscow Region, Kolomna District, settl. Raduzhny), tel. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1052-0125>, tvs@vniiraduga.ru.

**Denis A. Lebedev**, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (Moscow Region, Kolomna District, settl. Raduzhny), tel. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0983-1318>, lda@vniiraduga.ru.

**Аннотация.** Эффективность орошаемого земледелия напрямую зависит от технического оснащения широкозахватных дождевальных машин, ключевым элементом которых являются конечные распределители воды — дождевальные насадки. В условиях реализации государственных программ импортозамещения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации остро стоит вопрос о снижении зависимости от импортных комплектующих и создании собственных конкурентоспособных изделий. В статье представлен комплексный сравнительный анализ конструктивных отличий, гидравлических характеристик и эксплуатационных особенностей дождевальных насадок ведущих мировых производителей — Nelson, Senninger и Komet. Рассмотрен принцип работы технологий Rotator, Wobbler и Twin, их влияние на равномерность полива, энергоэффективность и сохранение структуры почвы. Исследование базируется на анализе технической документации, патентной информации и результатов полевых испытаний, опубликованных в открытых научных источниках. В ходе

анализа выявлено, что конструктивные решения ведущих зарубежных производителей базируются на различных подходах к каплеобразованию. Установлено, что, несмотря на технологическое совершенство отдельных узлов и механизмов, все изученные образцы обладают эксплуатационными ограничениями, критически значимыми в условиях российского агропромышленного комплекса. К числу таких недостатков относятся высокая стоимость изделий, логистические риски при поставках, а также повышенная чувствительность к качеству поливной воды (для отдельных моделей) и недостаточная ветроустойчивость. Критическим фактором является полная зависимость отечественных сельхозтоваропроизводителей от импорта дождевальных насадок. На основе выявленных преимуществ и недостатков зарубежных образцов сформулированы технические требования к разработке отечественной дождевальной насадки, ориентированной на условия российского агропромышленного комплекса. Обоснована необходимость создания гибридного рабочего органа, сочетающего низкую интенсивность полива (по типу Rotator) с надежностью и простотой обслуживания (по типу Wobbler), способного работать в широком диапазоне давлений для совместимости с отечественными широкозахватными машинами. Разработка такого изделия является актуальной государственной задачей, решение которой обеспечит технологический суверенитет и экономическую эффективность орошаемого земледелия России.

**Abstract.** The efficiency of sprinkler irrigation directly depends on the technical equipment of wide-coverage irrigation machines, the key components of which are the terminal water distributors — sprinkler nozzles. In the context of implementing state programs for import substitution and the development of the melioration complex of the Russian Federation, the issue of reducing dependence on imported components and creating domestically produced competitive products is acute. This article presents a comprehensive comparative analysis of the design differences, hydraulic characteristics, and operational features of sprinkler nozzles from leading global manufacturers — Nelson, Senninger, and Komet. The

operating principles of Rotator, Wobbler, and Twin technologies, and their impact on irrigation uniformity, energy efficiency, and soil structure preservation, are examined. The research is based on the analysis of technical documentation, patent information, and the results of field tests published in open scientific sources. The analysis revealed that the design solutions of leading foreign manufacturers are based on different approaches to droplet formation. It was established that, despite the technological sophistication of individual components and mechanisms, all studied models possess operational limitations that are critically significant under the conditions of the Russian agro-industrial complex. These drawbacks include the high cost of products, logistical risks in supply chains, and, for certain models, increased sensitivity to irrigation water quality and insufficient wind resistance. A critical factor is the complete dependence of domestic agricultural producers on imported sprinkler nozzles. Based on the identified advantages and disadvantages of foreign models, technical requirements for the development of a domestically produced sprinkler nozzle tailored to the conditions of the Russian agro-industrial complex are formulated. The necessity of creating a hybrid working element, combining a low precipitation rate (similar to the Rotator type) with the reliability and ease of maintenance (similar to the Wobbler type), capable of operating across a wide range of pressures for compatibility with domestic wide-coverage irrigation machines, is substantiated. The development of such a product represents a pressing national objective, the solution of which will ensure the technological sovereignty and economic efficiency of sprinkler irrigation in Russia.

**Ключевые слова:** дождевальная насадка, дождевальная машина, равномерность полива, эффективность полива, качественные показатели дождя

**Keywords:** sprinkler nozzle, sprinkler irrigation machine, irrigation uniformity, irrigation efficiency, sprinkler rain characteristics

**Введение.** Современное состояние агропромышленного комплекса России характеризуется активным восстановлением и развитием

мелиоративных систем [1, 2]. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности, планируется увеличение площади орошаемых земель до 10 млн гектаров к 2030 году. Решение этой задачи невозможно без технического перевооружения парка широкозахватных дождевальных машин, включая круговые и фронтальные системы, которые являются основой современного орошаемого земледелия [3]. Дождевальные насадки являются конечными исполнительными органами, в значительной степени определяющими эффективность оросительной системы: от их конструкции зависят равномерность распределения воды по площади, интенсивность дождя и его воздействие на почву, потери на испарение и ветровой снос, а также энергопотребление насосного оборудования. Неправильный подбор или несовершенство конструкции дождевальных насадок приводят к перерасходу воды, эрозии почв, неравномерному развитию сельскохозяйственных культур и, как следствие, снижению урожайности [4]. В рамках государственного задания по разработке отечественных дождевальных насадок для широкозахватных дождевальных машин на первом этапе исследований проводится всесторонний анализ существующих зарубежных аналогов. Целью данного этапа является не просто описание технических характеристик, а глубокое изучение конструктивных решений, физических принципов работы, преимуществ и недостатков каждой системы, что позволит сформировать научно-технический задел и определить рациональные параметры для разработки перспективного отечественного образца.

**Материалы и методы исследования.** Объектом настоящего исследования являлись серийно выпускаемые модели дождевальных насадок трех ведущих мировых производителей, доминирующих на рынке дождеобразующих устройств для мелиоративной техники. Американская компания Nelson Irrigation Corporation представлена флагманской линейкой Rotator, а также специализированными решениями Orbitor, Spinner, Sprayhead и Accelerator. Другой американский производитель, Senninger Irrigation Inc.,

рассматривается в контексте технологий Wobbler, включая модели I-Wob2 UP3, Xi-Wob и Xcel-Wobbler UP3 Top. Европейский производитель Comet Irrigation (Италия/Германия) был изучен на примере моделей Precision Twister (KPT) и Precision Spray (KPS). Теоретической и практической базой для сравнительного анализа послужил комплекс источников. Эмпирическую основу составила техническая документация и официальные каталоги производителей за период 2020–2025 годов. Анализ конструктивных решений и физических принципов работы проводился на основе изучения патентной информации. Сравнение гидравлических характеристик и эксплуатационных качеств осуществлялась путем оценки результатов полевых испытаний, опубликованных в открытых научных изданиях и профильных агротехнических отчетах.

Сравнительная оценка проводилась по трем ключевым направлениям: гидравлические параметры (рабочее давление, диаметр полива), физический принцип каплеобразования (тип рабочего органа, размер капли) и эксплуатационные качества (удобство обслуживания, ремонтпригодность, адаптация к различным условиям эксплуатации). Такой методологический подход позволил не только зафиксировать технические характеристики, но и выявить фундаментальные различия в подходах этих производителей к разработке дождевальным насадкам.

**Результаты.** Рассмотрение технологических концепций мировых производителей дождевальным насадкам позволяет выявить принципиальные различия в подходах к каплеобразованию [5]. Компания Nelson является пионером в отказе от классических ударных механизмов, предложив в 1994 году технологию Rotator, базирующуюся на медленно вращающейся кассете, которая дробит воду на несколько компактных струй. Важной особенностью является отсутствие движущихся частей непосредственно в потоке воды, что существенно снижает абразивный износ. Данная модель обеспечивает низкую интенсивность полива за счет вращения и многоканального выхода, что позволяет достичь нормы выпадения осадков, близкой к скорости

впитывания почвы. Для глинистых почв, где критическая скорость впитывания составляет 2-4 мм/ч, применение дождевальной насадки Rotator позволяет исключить лужеобразование и сток воды. Рабочее давление до 3,4 бар позволяет достигать максимального радиуса орошения до 22,6 метров, что сокращает необходимое количество насадок на пролёте машины [6]. Многоканальный выход также обеспечивает дробление струи на капли размером 1-2 мм, обладающие меньшей парусностью и, следовательно, повышенной устойчивостью к ветровому сносу. Отдельного внимания заслуживает модель серии 3030 с системой «Press, Turn, Click» и соплом 3NV, позволяющая оператору промыть линию, прочистить сопло или перекрыть воду без использования какого-либо инструмента [7].



Рисунок 1 – Дождевальные насадки компании Nelson Irrigation Corporation (1 – Accelerator, 2 - Rotator, 3 – Spinner)

Компания Senninger еще в 1978 году представила технологию Wobbler, ставшую промышленным стандартом. Данная технология представляет собой гибрид ударного и роторного механизма: дефлектор имеет смещенный центр тяжести и специальные желобки, под давлением воды он начинает хаотично вибрировать и вращаться, разбрасывая капли по широкой площади. Физика процесса заключается в том, что поток воды ударяет в дефлектор, желобки

разделяют поток на отдельные струи, а из-за смещения центра тяжести возникает неравномерное давление, заставляющее дефлектор совершать колебательные движения. Капли срываются с дефлектора по всему периметру, мгновенно покрывая круглую площадь. Ключевым преимуществом данной концепции является исключительно широкий диапазон рабочих давлений: модель I-Wob2 способна функционировать при сверхнизком давлении от 0,41 бар, что обеспечивает экономию энергоресурсов до пятидесяти процентов по сравнению с системами высокого давления. Ещё одним достоинством является система UP3, позволяющая устанавливать сопло щелчком без использования резьбовых соединений. Усовершенствованная модель I-Wob2 получила защитный кожух, предохраняющий механизм от абразивного износа при поливе водами с повышенным содержанием взвесей [8].



Рисунок 2 – Дождевальные насадки компании Senninger Irrigation Inc. (1 - XI-Wob, 2 - Xcel-Wobbler Up3 Top)

Компания Komet, представляющая европейский подход к проектированию дождевальной техники, предлагает как лицензионные копии популярных моделей, так и собственные разработки, среди которых

выделяется серия Twin с двойным распылением. Модель Precision Twister использует трехмерную систему движения, при которой вода закручивается по центральной оси, создавая минимальное давление в механизме и снижая износ. Конструктивной особенностью являются специально спроектированные ножки корпуса, уменьшающие образование мелких капель, подверженных испарению. Уникальным предложением компании является наличие сверхнизкой траектории струи до 15 градусов, позволяющей вести полив под пологом растений даже при значительном ветре, что не имеет прямых аналогов у конкурентов и особенно ценно при возделывании высокостебельных культур. Система «Rapid Fit» обеспечивает быструю и простую установку и очистку засорившихся форсунок.



Рисунок 3 – Дождевальные насадки компании Komet Irrigation (1 - Precision Spray, 2 - Precision Twister)

Сравнительный анализ гидравлических параметров представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение гидравлических характеристик

Параметр	Nelson R3030 Rotator	Senninger I-Wob2	Komet KPT Twister
Рабочее давление, бар	0,7-3,4	0,41-1,03	0,41-1,38
Диаметр полива, м	15-23	12-18	14-20
Тип каплеобразования	Многоканальный ротор	Гибрид ударного и роторного механизма	Роторный с системой 3-D Motion System
Размер капли	Мелкая	От средней до мелкой	Средняя
Устойчивость к ветру	Высокая	Средняя	Средняя

Эксплуатационные качества насадок оценивались по таким критериям, как удобство смены сопла, возможность промывки линии, защищенность от засорения и адаптация к различным условиям эксплуатации. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение эксплуатационных характеристик

Критерий	Nelson	Senninger	Komet
Смена сопла	Без демонтажа	Безрезьбовое снятие	Требуется демонтаж
Промывка линии	Встроено в сопло 3NV	Требуется отдельный клапан	Частично
Защита от засорения	Высокая	Средняя	Средняя
Универсальность	Модульность платформ	Широкий выбор углов	Широкий выбор пластин

Сравнительный анализ эксплуатационных качеств позволяет выявить различия в подходах к обслуживанию и адаптации оборудования к работе в полевых условиях. Компания Nelson создала наиболее совершенную систему быстрого сервиса благодаря технологии «Press, Turn, Click» и соплу 3NV, позволяющему оператору промыть линию, прочистить сопло или перекрыть воду без использования какого-либо инструмента. Модульность платформы 3030 даёт возможность трансформировать насадку для различных задач простой сменой верхней пластины [9]. Компания Senninger, будучи разработчиком эталонной системы быстрой смены сопла продолжает удерживать лидерство в надёжности механики, а применение гнутых стоек позволяет эффективно гасить вибрации и монтировать насадки под различными углами к несущей трубе. Компания Komet, в свою очередь, предлагает уникальные решения для защиты культуры и техники: стопорение механизма предотвращает переувлажнение почвы в зоне движения башен, а низкие траектории струи обеспечивают высокую точность внесения поливной воды. Таким образом, проведённое исследование позволяет заключить, что технология Nelson Rotator оптимальна для тяжёлых почв и ветреных условий благодаря максимальному радиусу и мелкодисперсной однородной капле, технология Senninger Wobbler является лидером энергоэффективности и надёжности при работе в широком диапазоне давлений, а технология Komet Twister представляет собой наиболее адаптированное решение для высокорослых культур и точного полива под пологом растений.

**Обсуждение.** На основе проведённого анализа технологических концепций ведущих мировых производителей дождевальных насадок можно сделать ряд обобщающих выводов, характеризующих современное состояние и тенденции развития оросительной техники. Рассмотрение гидравлических параметров, физических принципов каплеобразования и эксплуатационных качеств оборудования компаний Nelson, Senninger и Komet позволяет утверждать, что при единой конечной цели — обеспечении равномерного и

эффективного полива — изготовители предлагают принципиально различные пути её достижения, что даёт сельскохозяйственным производителям возможность гибко подбирать технику под конкретные агроклиматические условия [10].

Несмотря на высокое техническое совершенство рассмотренных зарубежных систем, каждая из них имеет ограничения, которые становятся критическими в условиях российского агропромышленного комплекса. У дождевальных насадок Nelson вращающаяся кассета может заклинивать при наличии водорослей или вязких включений в поливной воде, а высокая стоимость замены модуля при износе делает обслуживание дорогостоящим. Также стоит отметить, что использование насадки Rotator на легких песчаных почвах, где высокая интенсивность полива не является проблемой, экономически нецелесообразно. У Senninger увеличение давления для измельчения капли приводит к росту энергозатрат, а сам дефлектор, постоянно находящийся в контакте с абразивными частицами, изнашивается быстрее, чем, например, закрытая кассета насадки Rotator. Меньший радиус полива требует более частого расположения насадок на трубопроводе. Komet, предлагая доступные решения, зачастую использует усовершенствованные копии патентов конкурентов, что приводит к компромиссам в эффективности, особенно заметным при ветровом сносе у щелевых моделей. Кроме того, сервисная сеть Komet в России развита слабее, чем у американских конкурентов.

Помимо технических недостатков, существует ряд системных проблем, связанных с использованием импортных комплектующих. И так довольно высокая стоимость дождевальных насадок дополнительно осложняется валютными колебаниями и логистическими рисками. Зарубежные разработки ориентированы на типовые западные технологии возделывания культур и не всегда оптимально работают на машинах отечественного производства, например, на высоконапорных машинах «Фрегат». Зависимость от поставок

из недружественных стран создает прямую угрозу продовольственной безопасности и бесперебойной работы оросительных систем.

Проведенный анализ показывает, что простое копирование зарубежных образцов является тупиковым путем. Необходима глубокая научно-исследовательская работа по синтезу лучших качеств с учетом российской специфики. Перспективная отечественная дождевальная насадка должна сочетать низкую интенсивность полива ротаторного типа, характерную для Nelson, с надежностью и простотой обслуживания, присущей Senninger. Целесообразна разработка гибридного рабочего органа с адаптивным дефлектором, меняющим угол и скорость вращения в зависимости от расхода воды. Учитывая разнородность отечественного парка машин — от старых высоконапорных "Фрегатов" до современных низкоэнергетических систем, насадка должна стабильно работать в диапазоне давлений от 0,5 до 4,0 бар без потери равномерности. Для степных районов с высокой ветровой нагрузкой необходимо обеспечить регулировку траектории струи в пределах 15-30 градусов и формирование капель размером 1,2-1,8 мм как компромисса между ветроустойчивостью и щадящим воздействием на почву. Система обслуживания должна объединять лучшие черты Nelson 3NV и Senninger UP3, позволяя оператору менять сопло и промывать линию одной рукой без использования инструментов.

**Выводы.** Проведенный сравнительный анализ позволяет заключить, что американские бренды Nelson и Senninger являются безусловными технологическими лидерами, задающими направления развития в мировом орошаемом земледелии. Nelson доминирует в сегменте низкоинтенсивного полива на тяжелых почвах, Senninger — в области энергоэффективности и универсальности монтажа. Европейский производитель Komet занимает нишу доступных и специализированных решений, предлагая уникальные опции, которые могут быть заимствованы при разработке. В то же время российский агропромышленный комплекс находится в критической зависимости от импорта данных комплектующих, что создает неприемлемые

риски для продовольственной безопасности и бесперебойной работы оросительных систем. Создание конкурентоспособной отечественной дождевальной насадки, синтезирующей лучшие мировые практики и адаптированной к российским условиям, является актуальной государственной задачей. Разработка и внедрение такой насадки обеспечат технологический суверенитет, снизят себестоимость производства сельскохозяйственной продукции и позволят более эффективно использовать водные ресурсы, что полностью соответствует целям Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации.

#### **Список источников**

1. Ольгаренко Г.В. Ресурсосберегающие эффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения. Справочник / Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничев, А.А. Алдошкин -М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. -264 с. EDN: YSVGCSX.
2. Эколого-энергетическое совершенствование многоопорных дождевальных машин / С. С. Турапин, Г. В. Ольгаренко, А. И. Рязанцев, А. О. Антипов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 30-36. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-1-30-36. – EDN NLQPHR.
3. Снопич, Ю. Ф. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств орошения дождеванием: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Снопич Юрий Фёдорович. – Новочеркасск, 2011. – 340 с. – EDN SUNZCV.
4. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин /Саратов: ФГОУ Саратовский ГАУ, 2009. с.
5. Шепелев, А. Е. Дождеобразующие устройства зарубежной широкозахватной многоопорной дождевальной техники / А. Е. Шепелев, В.

- Э. Завалюев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 191-195. – EDN UIYPVV.
6. Радиус полива дождевальных насадок роторного типа / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. С. Смирнов [и др.] // Основы рационального природопользования: Материалы X Национальной конференции с международным участием, Саратов, 15 ноября 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. – С. 52-58. – EDN IQYBEW.
7. Дождеобразующие устройства американской компании Nelson [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nelsonirrigation.com>, 2026.
8. Дождеобразующие устройства американской компании Senninger [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://agriculture.hunterirrigation.com>, 2026.
9. Меддур, А. С. Е. Технологические характеристики вращающихся дождевателей R3000 по типу Nelson дождевальной оросительной системы Otech / А. С. Е. Меддур, С. Меддур // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания ФГБНУ "РосНИИППМ", Новочеркасск, 10 сентября 2021 года. – Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2021. – С. 162-169. – EDN VSNEMB.
10. Ломакин, М. А. Современные насадки зарубежной дождевальной техники / М. А. Ломакин, О. В. Карпова // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 53-57. – EDN MNAOEY.

## References

1. Olgarenko G.V. Resursosberegayushchie effektivnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva orosheniya. Spravochnik [Resource-saving efficient environmentally safe technologies and technical means of irrigation. Handbook]. G.V. Olgarenko, V.I. Gorodnichev, A.A. Aldoshkin. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2015. 264 p. EDN: YSVG CX.
2. Turapin S.S., Olgarenko G.V., Ryazantsev A.I., Antipov A.O. Ekologo-energeticheskoe sovershenstvovanie mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin [Ecological and energy improvement of multi-support sprinkling machines]. Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2021. No. 3. pp. 30-36. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-1-30-36. EDN NLQPHR.
3. Snipich Yu.F. Intensifikatsiya tekhnologiy i sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv orosheniya dozhdevaniem [Intensification of technologies and improvement of technical means of sprinkler irrigation]. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Novocherkassk, 2011. 340 p. EDN SUNZCV.
4. Ryzhko N.F. Sovershenstvovanie dozhdeobrazuyushchikh ustroystv dlya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin [Improvement of sprinkling devices for multi-support sprinkling machines]. Saratov: FGOU Saratovskiy GAU, 2009.
5. Shepelev A.E., Zavaluev V.E. Dozhdeobrazuyushchie ustroystva zarubezhnoy shirokozakhvatnoy mnogoopornoy dozhdeval'noy tekhniki [Sprinkling devices of foreign wide-span multi-support sprinkling equipment]. Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2015. No. 3(59). pp. 191-195. EDN UIYPVB.
6. Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., et al. Radius poliva dozhdeval'nykh nasadok rotnogo tipa [Sprinkling radius of rotary type sprinkler nozzles]. Osnovy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: Materialy X Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Fundamentals of environmental management: Proceedings of the X National Conference with international participation]. Saratov: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

- "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov", 2024. pp. 52-58. EDN IQYBEW.
7. Dozhdeobrazuyushchie ustroystva amerikanskoj kompanii Nelson [Sprinkling devices of the American company Nelson]. Available at: <http://nelsonirrigation.com> (accessed: 15.03.2026).
8. Dozhdeobrazuyushchie ustroystva amerikanskoj kompanii Senninger [Sprinkling devices of the American company Senninger]. Available at: <https://agriculture.hunterirrigation.com> (accessed: 15.03.2026).
9. Meddur A.S.E., Meddur S. Tekhnologicheskie kharakteristiki vrashchayushchiksya dozhdevateley R3000 po tipu Nelson dozhdeval'noy orositel'noy sistemy Otech [Technological characteristics of R3000 rotating sprinklers of the Nelson type for the Otech sprinkler irrigation system]. \*Aktual'nye napravleniya razvitiya meliorativnogo kompleksa: Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 90-letiyu sozdaniya FGBNU "RosNIIPM"\* [Current directions of development of the reclamation complex: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 90th anniversary of the establishment of FGBNU "RosNIIPM"]. Novochoerkassk: Rossijskiy nauchno-issledovatel'skiy institut problem melioratsii, 2021. pp. 162-169. EDN VSNEMB.
10. Lomakin M.A., Karpova O.V. Sovremennye nasadki zarubezhnoj dozhdeval'noy tekhniki [Modern nozzles of foreign sprinkling equipment]. Innovatsii v prirodoobustroystve i zashchite v chrezvychaynykh situatsiyakh: Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Innovations in environmental engineering and protection in emergency situations: Proceedings of the VII International scientific-practical conference]. Saratov: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Amirit", 2020. pp. 53-57. EDN MNAOEY.

© Мищенко Н.А., Травкин В.С., Лебедев Д.А., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 2, 32-48.