

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья  
УДК 631.347

### Качественные показатели полива полосовых шлангобарабанных дождевальными машинами ZDM

**Сергей Николаевич Рыжко, Николай Федорович Рыжко,  
Евгений Александрович Шишенин, Евгений Станиславович Смирнов**  
Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,  
Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Сергей Николаевич Рыжко, volzniigim@bk.ru

**Аннотация. Цель:** дать оценку качественных показателей полива шлангобарабанных дождевальных машин ZDM с полиэтиленовыми дождевальными насадками кругового и секторного полива конструкции ВолжНИИГиМ. **Материалы и методы.** Нами выполнены гидравлические расчеты диаметра сопла насадки и дюзы для различных типов консоли полосовых дождевальных машин. Полевые исследования качественных показателей полива шлангобарабанных дождевальных машин ZDM проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1-2010. Равномерность полива оценивалась по объему воды в дождемерах, устанавливаемых вдоль консоли фермы дождевальной машины. Расчетным путем определялись значения коэффициентов эффективного, недостаточного и избыточного полива, а также коэффициент Христиансена. При исследованиях фиксировались значения расхода воды машины, ширины захвата дождем, нормы полива и других показателей. **Результаты и обсуждения.** Полевые исследования показали, что полосовые дождеватели ZDM с консолью КД 40/62 и КД 63/86 имеют хорошую равномерность полива при установке расчетных дождевальных насадок с дюзами. Равномерность полива высокая, коэффициент эффективного полива даже при средней и высокой скорости ветра составляет 0,751–0,773. Полосовые дождеватели ферменной конструкции формируют мелкокапельный и средний дождь в пределах 0,9–1 мм за счет использования дефлекторов и обеспечивают снижение энергетического воздействия на почву и растения. Колея после прохода консолей небольшая и находится в пределах 1–2 см. **Выводы:** шлангобарабанные дождевальные машины ZDM с полиэтиленовыми дождевальными насадками кругового и секторного полива конструкции ВолжНИИГиМ обеспечивают хорошую равномерность полива, формируют мелкокапельный дождь и имеют высокую проходимость при небольшой глубине колеи.

**Ключевые слова:** шлангобарабанная дождевальная машина, дождевальная насадка, равномерность полива, расход воды машины, ширина захвата дождем, интенсивность дождя, средний диаметр капель дождя, потери воды на испарение и снос, проходимость машины

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на научно-практической конференции «Инновационные пути развития мелиоративных систем и сооружений» (г. Новочеркасск, 5 сентября 2023 г.).

**Для цитирования:** Качественные показатели полива полосовых шлангобарабанных дождевальных машин ZDM / С. Н. Рыжко, Н. Ф. Рыжко, Е. А. Шишенин, Е. С. Смирнов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 66–78.



## INNOVATIVE WAYS OF DEVELOPING RECLAMATION SYSTEMS AND STRUCTURES

Original article

### **Irrigation qualitative indicators of strip hose-reel sprinklers ZDM**

**Sergey N. Ryzhko, Nikolay F. Ryzhko, Evgeny A. Shishenin,  
Evgeny S. Smirnov**

Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,  
Russian Federation

Corresponding author: Sergey N. Ryzhko, volzniigim@bk.ru

**Abstract. Purpose:** to evaluate the irrigation quality indicators of hose-reel sprinklers ZDM with polyethylene sprinkling nozzles for circular and sector irrigation designed by VolzhNIIGiM. **Materials and methods.** Hydraulic calculations of jet nozzle and spout diameters for various types of strip sprinkler consoles were performed. Field studies of irrigation quality indicators of hose-reel sprinklers ZDM were carried out in accordance with STO AIST 11.1-2010 requirements. Irrigation uniformity was assessed by water volume in rain gauges installed along the sprinkler truss-type console. The coefficient values of effective, insufficient and excessive irrigation, as well as the Christiansen coefficient were determined by calculation. During the research, the water consumption values of a sprinkler, the rain coverage, the irrigation rate and other indicators were recorded. **Results and discussions.** Field studies have shown that strip sprinklers ZDM with KD 40/62 and KD 63/86 consoles have good irrigation uniformity when calculated sprinkler nozzles with spouts are installed. Irrigation uniformity is high, the coefficient of effective irrigation even at medium and high wind speeds is 0.751–0.773. Truss-typed strip sprinklers form fine and medium rain within the range of 0.9–1 mm due to the use of deflectors and provide the energy deposition decrease on soil and plants. The track after the passage of consoles is small and is within 1–2 cm track depth. **Conclusions:** ZDM hose-drum-type sprinklers with polyethylene sprinkler heads for circular and sector irrigation designed by VolzhNIIGiM provide good uniformity of irrigation, generate mist and have high flotation at a rut shallow depth.

**Keywords:** hose-reel sprinkler, sprinkler nozzle, irrigation uniformity, sprinkler water consumption, rain coverage, rain intensity, average raindrop diameter, evaporation and wind-loss, machine cross-country ability

**Evaluation of the research results:** the main provisions of the article were reported at the scientific and practical conference “Innovative ways of developing reclamation systems and structures” (Novocherkassk, September 5, 2023).

**For citation:** Ryzhko S. N., Ryzhko N. F., Shishenin E. A., Smirnov E. S. Irrigation qualitative indicators of strip hose-reel sprinklers ZDM. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):66–78. (In Russ.).

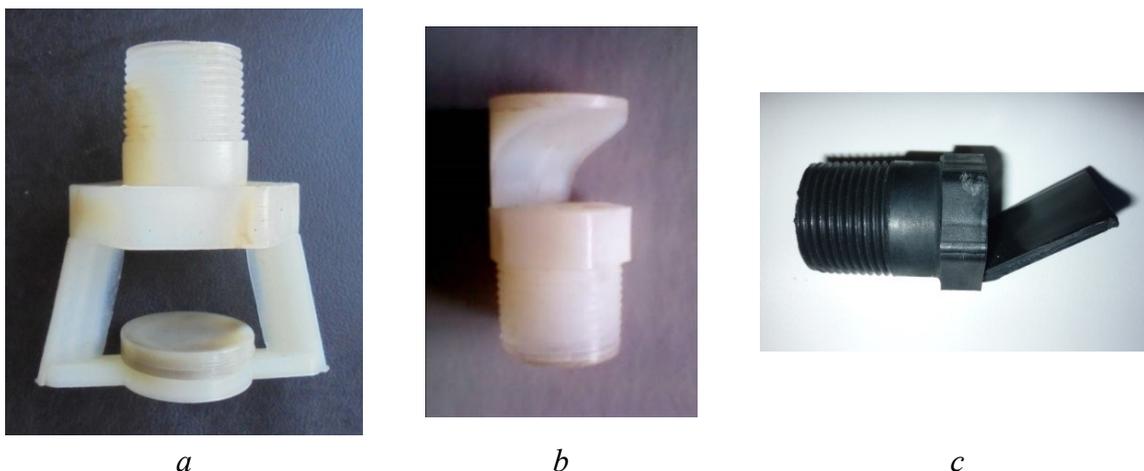
**Введение.** Шлангобарабанные дождевальные машины были разработаны за рубежом (Австрия, Франция, ФРГ, Италия и др.) в начале 70-х гг. прошлого столетия [1]. В нашей стране на Волгоградском заводе оросительной техники разработаны, изготовлены и прошли испытания аналогичные шланговые дождеватели ДШ-10, ДШ-30 и др. с дальнеструйными

аппаратами и ДШ-90, ДШ-110 с ферменными консолями [2]. Шлангобарабанные дождевальные машины становятся все популярнее в орошаемых хозяйствах, так как при относительно небольшой стоимости позволяют поливать все виды сельскохозяйственных культур (пропашные, ягодные и др.), отличаются мобильностью и небольшой массой.

В настоящее время производство шлангобарабанных дождевальных машин ZDM налажено в ООО «Завод дождевальных машин» в г. Волжском. За период с 2016 по 2019 г. произведено 120 ед. данных машин [3]. В нашу страну до последнего времени активно поставлялись иностранные полосовые шлангобарабанные дождевальные машины типа Bauer, Sigma, Osmis и др. В России в 2019 г. уже эксплуатировались 1088 ед. шлангобарабанных дождевальных машин, которые обеспечивали полив порядка 25 тыс. га, что составляет 12 % от площади орошения иностранной техникой [3].

Шлангобарабанные дождевальные машины ферменной конструкции имеют преимущества перед машинами с дальнеструйными аппаратами, так как обеспечивают более стабильную ширину захвата дождем и более равномерный полив при ветре, а также формируют мелкокапельный дождь при меньшем значении мгновенной интенсивности и мощности дождя [4].

На Волжском заводе дождевальных машин выпускаются четыре типа консолей с шириной захвата 30, 40, 63 и 77 м. На полосовых дождевателях ZDM с консолью применяются три типа полиэтиленовых дождевателей конструкции ВолжНИИГиМ [5, 6]. В центре консоли используются секторные насадки (рисунок 1*b*), которые исключают попадание оросительной воды под колеса консоли. На крыльях монтируются насадки со съемным дефлектором кругового полива (расположение «низ») (рисунок 1*a*). На концах консоли устанавливаются насадки секторного полива с плоским дефлектором (рисунок 1*c*). Характеристики консолей полосовых дождевателей ZDM и число дождевателей приведены в таблице 1, внешний вид показан на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Дождевальные насадки для полосовых дождевателей (фото Н. Ф. Рыжко)**

**Figure 1 – Sprinkler nozzles for strip sprinklers (photo by N. F. Ryzhko)**

**Таблица 1 – Характеристики консоли, типы насадок и их количество на различных консолях полосовых дождевателей ZDM**

**Table 1 – Console characteristics, nozzle types and their number on different consoles of ZDM strip sprinklers**

Наименование насадок, применяемых на полосовых дождевателях	Тип консоли			
	КД 30	КД 40	КД 63	КД 77
Дождевальная насадка со съемным дефлектором кругового полива (расположение «низ»)	14	20	18	24
Дождевальная насадка секторного полива (180°) с криволинейным дефлектором (центр консоли)	5	5	2	2
Дождевальная насадка секторного полива с плоским дефлектором (концевая)	2	2	2	2
Расход воды консоли, м <sup>3</sup> /ч	50	60	50	60
Рабочее давление (атм.) на входе в консоль	2	2	2	2

**Материалы и методы.** Общие потери напора по длине стального трубопровода определяли как сумму потерь напора на каждом участке трубопровода. Требуемый напор на входе в консоль ( $H_{вх}$ ) при нулевом геодезическом уклоне определяем исходя из потерь напора ( $h_{тр}$ ) на каждом участке стальных труб и напора перед концевой насадкой ( $H_k$ ):

$$H_{вх} = h_{тр} + H_k.$$

Напор в конце консоли перед дождевальной насадкой должен быть не менее  $H_k = 10$  м вод. ст.

Для стального трубопровода потери напора по длине  $l_i$  участка согласно таблицам А. Ф. Шевелева [7]:

$$h_i = 0,00107 \cdot l_i \frac{V^2}{d_{\text{вн}}^{1,3}},$$

где  $V$  – скорость воды в трубе, м/с;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубы, мм.

Скорость воды на  $i$ -м участке трубы ( $V$ ) зависит от расхода воды ( $q$ ), внутреннего диаметра трубы ( $d_{\text{вн}}$ ) и определяется по формуле:

$$V = \frac{10 \cdot q}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2},$$

где  $q$  – расход воды на  $i$ -м участке трубы, м<sup>3</sup>/с;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубы, см.

На полосовых дождевателях насадки кругового и секторного полива могут комплектоваться дюзами, которые устанавливаются в корпус и обеспечивают снижение напора до требуемой величины на выходе из сопла и заданный расход воды. При требуемом напоре и заданном отношении напора к диаметру сопла ( $H / D$ ) можно достигнуть среднего или мелко-капельного распыла.

При расчете диаметра дюз используем зависимость, полученную для дождевальных аппаратов [5]:

$$H_a / H = 2,543(S_c / S_d)^{1,448},$$

где  $H_a$  и  $H$  – напор перед аппаратом и на выходе из сопла, м;

$S_c$  и  $S_d$  – площадь сопла и дюзы, мм<sup>2</sup>.

Расход воды дождевальными насадками зависит от диаметра сопла ( $D$ ), давления ( $P$ ) и коэффициента расхода ( $\mu$ ), который в среднем равен  $\mu = 0,9$ :

$$q = \frac{\mu \cdot D^2 \cdot (100P)^{0,5}}{287} = \frac{D^2 \cdot (100P)^{0,5}}{320},$$

где  $q$  – расход воды, л/с;

$D$  – диаметр сопла, мм;

$P$  – давление перед насадкой, МПа.

Полевые испытания полосовых дождевателей различных модификаций проводятся в соответствии с СТО АИСТ 11.1-2010 [8] и включают основные эксплуатационные показатели:

- расход воды определялся как суммарный расход воды по всем насадкам, также расход воды фиксировался расходомером компании «Взлет»;

- распределение давления вдоль трубопровода фермы и определение потерь напора по длине трубопровода – замер производился манометрами;

- скорость движения фермы и пределы регулирования, норма полива – в зависимости от скорости движения;

- равномерность полива при различных скоростях ветра определялась при расстановке дождемеров поперек зоны полива с интервалом от 2 до 5 м.

Равномерность полива определялась по частотным графикам и оценивалась коэффициентом эффективного, недостаточного и избыточного полива.

Дополнительно равномерность полива определялась по Христиансену:

$$CU = 100 \left[ 1 - \frac{\sum (V_i - V_{cp})}{V_{cp} \cdot n} \right];$$

- потери воды на испарение и снос (с учетом метеорологических параметров погоды и характеристик дождя) определялись по разности между теоретической ( $m_p$ ) и фактической ( $m_\phi$ ) нормой полива в дождемерах:

$$E_{ис} = \frac{m_p - m_\phi}{m_p} \cdot 100\%;$$

- средний диаметр капель дождя определялся расчетным путем по

замерам давления на выходе насадки и математическим зависимостям, полученным для дефлекторных насадок [5, 6];

- интенсивность дождя определялась расчетным путем (делением минутного расхода воды на площадь полива) [5, 6];

- глубина и ширина колеи после прохода консоли определялись штангенциркулем и мерной металлической рулеткой.

**Результаты и обсуждения результатов.** Полевые исследования консоли КД 40/62 проводились в районе с. Пологое Займище Астраханской области. Исследования проведены на посеве редиса. Скорость ветра имела большие значения – в пределах 8–10 м/с. Направление ветра боковое, под углом 60° по ходу движения консоли.

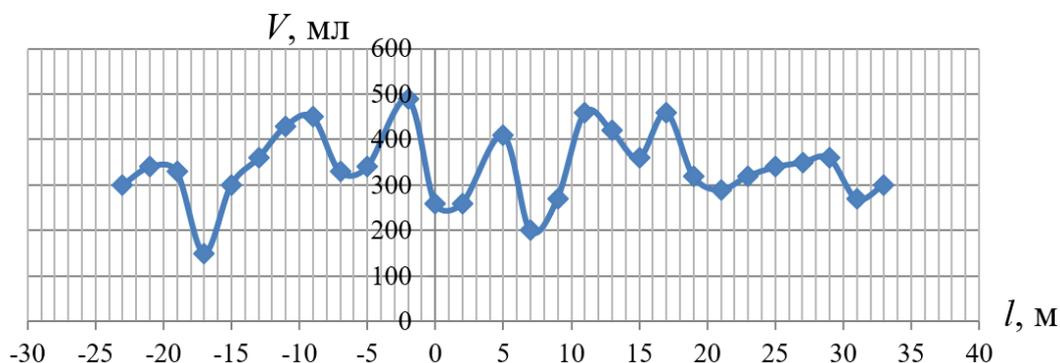
Насосная станция, смонтированная в начале оросительного канала, включает четыре низконапорных агрегата для капельного орошения и один высоконапорный агрегат с электродвигателем мощностью 55 кВт, расходом воды  $135 \text{ м}^3/\text{ч} = 37,5 \text{ л/с}$  и напором 80 м. При испытаниях были зафиксированы следующие характеристики: давление на насосной станции – 0,6 МПа, давление в начале машины на катушке – 0,52–0,54 МПа, давление на консоли – 0,08–0,09 МПа, давление на выходе секторной насадки – 0,06 МПа, давление на выходе круговой насадки – 0,05 МПа, давление на выходе насадки концевой – 0,06 МПа, скорость движения консоли – 31 м/ч.

Расход воды в консоли по замерам расходомера «Взлет» составил  $37 \text{ м}^3/\text{ч} = 10,27 \text{ л/с}$ , что несколько меньше расчетного, так как давление на консоли было ниже требуемого 0,2 МПа и концевые насадки имели диаметр сопла 11 мм.

Объем воды в дождемерах вдоль консоли показан на рисунке 2.

Равномерность полива консоли с расчетными насадками даже при большой скорости ветра (8–10 м/с) высокая:  $K_{\text{эф.п.}} = 0,773$  (по агротехническим требованиям она должна быть не ниже 0,7). Коэффициент равномерности полива по Христиансену высокий и составил:

$$CU = 100 \left[ 1 - \frac{\sum (V_i - V_{cp})}{V_{cp} \cdot n} \right] = 82,35 \%$$



**Рисунок 2 – Распределение объема воды в дождемерах вдоль консоли КД 40/62 с перекрытием от соседних позиций**  
**Figure 2 – Water volume distribution in rain gauges along KD 40/62 console with overlap from neighboring positions**

Ширина захвата дождем вдоль консоли составила с наветренной стороны 23 м и за ветром 33 м, общая ширина захвата по фронту полива:  $B_3 = 23 + 33 = 56$  м. При расстоянии между гидрантами 50 м обеспечивается устойчивое перекрытие дождя и полив всех участков поля без пропусков. На участках с различными культурами возможна регулировка ширины захвата за счет регулировки давления на концевых насадках или отключения одной или двух насадок.

Средний фактический объем воды в дождемерах составил 338 мл, что соответствует норме полива 19,1 мм, или  $m_{\phi} = 191 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Ширина захвата дождем ( $B_{\Pi}$ ) поперек консоли зависит от давления перед насадкой. При высоте установки круговых насадок с диаметром сопла 7 мм 1,8–2 м от поверхности поля ширина захвата дождем изменяется от 6 м (при давлении 0,06 МПа) до 10 м (при давлении 0,1 МПа).

Средняя интенсивность дождя составила соответственно  $\rho = 60 Q_k / B_3 \cdot B_{\Pi} = 60 \cdot 10,27 / 56 \cdot 6 = 1,83$  мм/мин при давлении 0,06 МПа и 1,48 мм/мин при давлении 0,1 МПа.

Средний диаметр капель дождя зависит от давления перед насадкой и для круговых насадок с соплом диаметром 7 мм изменяется от 1,2 мм (при давлении 0,06 МПа) до 1,0 мм (при давлении 0,1 МПа). Средний диаметр капель дождя ниже допустимого по агротехническому требованию и составляет 1,5 мм.

Расчетная норма полива консоли равна:

$$m_p = 60Q \cdot T_{\text{п}} / (B_3 \cdot B_{\text{п}}) = 60 \cdot 10,27 \cdot 11,6 / (56 \cdot 6) = 21,2 \text{ мм} = 212 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Потери воды на испарение и снос дождя:

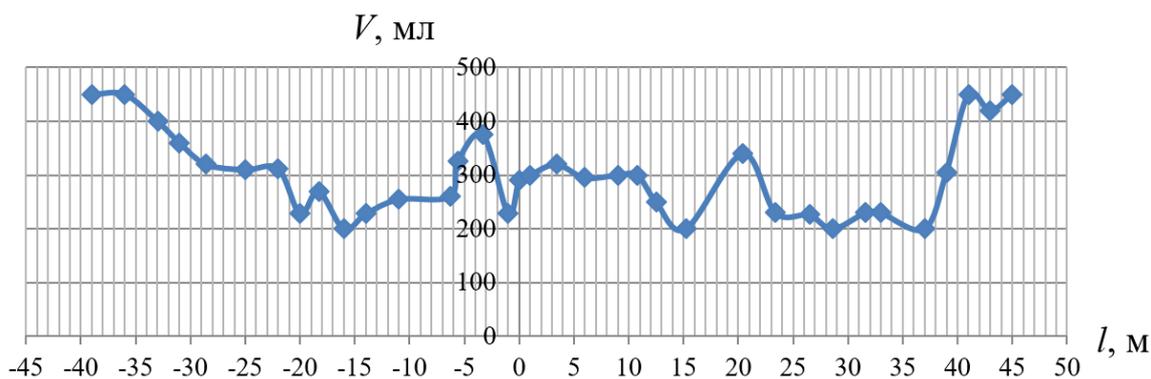
$$E_{\text{ис}} = 100(m_p - m_{\text{ф}}) / m_p = (212 - 191) / 212 = 9,9 \text{ \%}.$$

При проведении поливов на поле образовывалась небольшая колея, всего 1–2 см, которая после высыхания почвы выравнивалась колесами при проходе трактора для установки консоли на следующий полив. На поле нет выраженной колеи, так как междурядье редиса заросло сорной травой, которая только приминалась после прохода колес трактора и консоли.

Полевые исследования консоли КД 63/86 проведены на посеве сахарной свеклы в с. Кочубеевское Ставропольского края. Скорость ветра имела средние значения в пределах 3–5 м/с. Направление ветра боковое, под углом 45° навстречу движению консоли. Особенность данного участка – очень высокая засоренность оросительной воды, подаваемой из р. Кубани. Наблюдалось забивание дождевальных насадок песком, ракушками, мелким камнем и др.

При проведении исследования зафиксированы следующие данные: давление на насосной станции – 0,9 МПа, давление в начале машины на катушке – 0,65 МПа, давление на консоли – 0,2–0,22 МПа, давление на секторной насадке – 0,195 МПа, давление на насадке круговой – 0,1–0,12 МПа, давление на насадке концевой – 0,1 МПа, скорость движения консоли – 29–31 м/ч, расход воды в консоли 50,8–51,8 м<sup>3</sup>/ч = 14,1–14,38 л/с. Расход воды имел значения, близкие к расчетным значениям.

Объем воды в дождемерах показан на рисунке 3. Равномерность полива консоли с расчетными насадками даже при средней скорости ветра (3–5 м/с) и частичном засорении отдельных насадок во время опыта высокая:  $K_{\text{эф.п.}} = 0,751$  (по агротехническим требованиям – 0,7). Также наблюдается увеличение нормы полива под концевыми насадками с диаметром сопла 16 мм.



**Рисунок 3 – Распределение объема воды в дождемерах вдоль консоли КД 63/86 с перекрытием от соседних позиций**  
**Figure 3 – Water volume distribution in rain gauges along KD 63/86 console with overlap from neighboring positions**

Коэффициент равномерности полива по Христиансену высокий:  $CU = 79,36\%$ .

При меньшей скорости ветра и отсутствии засорения отдельных насадок равномерность полива данной консоли будет на уровне 0,8–0,85.

Ширина захвата дождем вдоль консоли составила с наветренной стороны 36 м и за ветром 45 м, общая ширина захвата по фронту полива:  $B_3 = 36 + 45 = 81$  м. При расстоянии между гидрантами 76 м обеспечивается устойчивое перекрытие дождя и полив всех участков поля без пропусков. На участках с различными культурами возможна регулировка ширины захвата за счет регулировки давления на концевых насадках или отключения одной или двух насадок.

Средний фактический объем воды в дождемерах составил 300 мл, что соответствует норме полива 16,9 мм, или  $m_{\text{ф}} = 169 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Расчетная норма полива консоли равна:

$$m_p = 60 Q \cdot T_n / (B_3 \cdot B_n) = 60 \cdot 14,38 \cdot 19,3 / (81 \cdot 10) = 20,5 \text{ мм} = 205 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Потери воды на испарение и снос дождя:

$$E_{ис} = 100(m_p - m_{\phi}) / m_p = (205 - 169) / 205 = 17,5 \text{ \%}.$$

**Выводы.** Полевые исследования полосовых дождевателей ZDM с консолью КД 40/62 и КД 63/86 показали хорошую равномерность полива при установке расчетных дождевальных насадок с дюзами. Равномерность полива высокая, коэффициент эффективного полива даже при средней и высокой скорости ветра составляет 0,751–0,773. Расход воды при поддержании давления на консоли 0,2 МПа близок к расчетным значениям. Значения расхода воды, зафиксированные расходомерами и полученные при замерах на насадках, близки. Определены значения нормы полива в зависимости от скорости движения консоли. Полосовые дождеватели ферменной конструкции формируют мелкокапельный и средний дождь в пределах 0,9–1 мм (допустимо 1,5 мм) за счет использования дефлекторов и обеспечивают снижение энергетического воздействия на почву и растения. Колея после прохода консолей небольшая и находится в пределах 1–2 см, она при высыхании почвы легко сглаживается колесами трактора при перемещении консоли для начала полива.

### Список источников

1. Полосовые шланговые дождеватели. Обзорная информация / Е. Я. Винокур, А. И. Рязанцев, А. К. Лapidовский, В. И. Евтюхин; ЦБНТИ Госконцерна «Водстрой». М., 1991. 80 с.
2. Васильев С. М., Шкура В. Н. Дождевание. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 362 с.
3. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.
4. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / под общ. ред. Г. В. Ольгаренко. М.: Росинформагротех, 2015. 264 с.
5. Рыжко Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2009. 176 с.
6. Рыжко С. Н. Совершенствование дождевальной машины ферменной конструкции для улучшения технических характеристик и качественных показателей полива: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2022. 20 с.

7. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлических расчетов водопроводящих труб. М.: Стройиздат, 1984. 120 с.

8. СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. М., 2012. 53 с.

## References

1. Vinokur E.Ya., Ryazantsev A.I., Lapidovsky A.K., Evtyukhin V.I., 1991. *Polosovye shlangovye dozhdevateli. Obzornaya informatsiya* [Strip Hose Sprinklers. Overview]. TsBNTI State Concern “Vodstroy”, Moscow, 80 p. (In Russian).

2. Vasiliev S.M., Shkura V.N., 2016. *Dozhdevanie* [Sprinkling]. Novocherkassk, RosNIIPM, 362 p. (In Russian).

3. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation System of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2020, 304 p. (In Russian).

4. Olgarenko G.V., Gorodnichev V.I., Aldoshkin A.A., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Kostovarova I.A., Turapin S.S., Terpigorev A.A., Savushkin S.S., Davshan S.M., Grushin A.V., 2015. *Resursosberegayushchie energoeffektivnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva orosheniya: spravochnik* [Energy-Efficient Resource-Saving Ecologically Safe Technologies and Technical Means of Irrigation: a reference book]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 264 p. (In Russian).

5. Ryzhko N.F., 2009. *Sovershenstvovanie dozhdeobrazuyushchikh ustroystv dlya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin* [Improvement of Irrigation Quality Indicators for Multi-Support Sprinklers]. FGOU VPO “Saratov State Agrarian University”, Saratov, 176 p. (In Russian).

6. Ryzhko S.N., 2022. *Sovershenstvovanie dozhdeval'noy mashiny fermennoy konstruksii dlya uluchsheniya tekhnicheskikh kharakteristik i kachestvennykh pokazateley poliva. Avtoreferat diss. kand. tech. nauk* [Improvement of a truss-type sprinkling machine for improving the technical characteristics and quality indicators of irrigation. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Saratov, 20 p. (In Russian).

7. Shevelev F.A., Shevelev A.F., 1984. *Tablitsy dlya gidravlicheskikh raschetov vodoprovodyashchikh trub* [Tables for Hydraulic Calculations of Water-Inlet Pipes]. Moscow, Sroyizdat Publ., 120 p. (In Russian).

8. СТО АИСТ 11.1-2010. *Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody otsenki funktsional'nykh pokazateley* [Tests of Agricultural Machinery. Machines and Sprinkler Aparatus. Program and Test Methods]. Moscow, 2012, 53 p. (In Russian).

---

### *Информация об авторах*

**С. Н. Рыжко** – научный сотрудник, кандидат технических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, volzniigim@bk.ru;

**Н. Ф. Рыжко** – заведующий отделом, доктор технических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, volzniigim@bk.ru;

**Е. А. Шишенин** – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, volzniigim@bk.ru;

**Е. С. Смирнов** – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, volzniigim@bk.ru.

### *Information about the authors*

**S. N. Ryzhko** – Researcher, Candidate of Technical Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, volzniigim@bk.ru;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 66–78.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2023. Vol. 91, no. 3. P. 66–78.

**N. F. Ryzhko** – Head of the Department, Doctor of Technical Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, volzniigim@bk.ru;  
**E. A. Shishenin** – Junior Researcher, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, volzniigim@bk.ru;  
**E. S. Smirnov** – Junior Researcher, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, volzniigim@bk.ru.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 28.08.2023; одобрена после рецензирования 01.09.2023;  
принята к публикации 07.09.2023.  
The article was submitted 28.08.2023; approved after reviewing 01.09.2023; accepted for  
publication 07.09.2023.*