

**Результаты исследований технических и качественных показателей полива
дождевальной машины «Волга-ФК1»**

Дмитрий Александрович Соловьев¹, Николай Федорович Рыжко²,
Сергей Николаевич Рыжко², Евгений Александрович Шишенин²

¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», Саратовская обл., Энгельсский район,
р. п. Приволжский, Россия.

e-mail: ryzhkonf@bk.ru

Аннотация. Цель исследования – снижение массы и стоимости многоопорных дождевальных машин «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом и повышение качественных показателей полива путем совершенствования дождевальных насадок и устройств приземного орошения. В статье представлены результаты исследований новой многоопорной дождевальной машины ферменной конструкции «Волга-ФК1». Особенность данной машины в том, что водопроводящий трубопровод состоит из стального трубопровода, обеспечивающего достаточную жесткость пролетов, и полиэтиленового трубопровода монтируемого параллельно стальному трубопроводу. При увеличении длины машины и расхода воды с 7 до 70 л/с диаметр стального трубопровода должен повышаться с 102 до 114 мм, а диаметр полиэтиленового трубопровода – с 50 до 160 мм. Низкое давление на входе в машину с 0,15–0,35 МПа обеспечит снижение энергетических затрат на полив при использовании низконапорных насосных агрегатов и уменьшение затрат на строительство закрытой оросительной сети. Использование полиэтиленового трубопровода на ДМ «Волга-ФК1» позволяет снизить массу неполнокомплектной (1–4-опорная) машины до 52–87 % и до 18–26 % – 5–9-опорной машины. Стоимость трубопровода машин снижается на 16,8–32,5 %. Дождевальная машина «Волга-ФК1» с усовершенствованными дождевальными насадками на устройствах приземного орошения повышает равномерность подачи оросительной воды при скорости ветра 3–5 до 0,7–0,8 м/с, что на 8–16 % больше, чем ДМ «Кубань-ЛК1» при установке дождевателей на трубопроводе на высоте 4,0–4,5 м над поверхностью почвы. Возможность подачи удобрительных растворов только через полиэтиленовый трубопровод и устройства приземного орошения уменьшает коррозию основных узлов и деталей, что обеспечивает повышение надежности работы и срока службы машины.

Ключевые слова: дождевальная машина; ферменная конструкция; двухтрубный трубопровод; ресурсосбережение; масса машины; качество полива.

Для цитирования: Соловьев Д. А., Рыжко Н. Ф., Рыжко С. Н., Шишенин Е. А. Результаты исследований технических и качественных показателей полива дождевальной машины «Волга-ФК1» // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 107–111. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp107-111>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Research results of technical and qualitative indicators of irrigation
sprinkler machine “Volga-FK1”**

Dmitri A. Solovyov¹, Nikolay F. Ryzhko², Sergey N. Ryzhko², Evgeni A. Shishenin²

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Federal State Scientific Budgetary Institution «Volzhsky Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation», Privolzhsky, Russia.

e-mail: ryzhkonf@bk.ru.

Abstract. The purpose of the study is to reduce the weight and cost of “Volga-FK1” multi-support sprinkling machines with a polyethylene pipeline and improve the quality of irrigation by improving sprinkler nozzles and surface irrigation devices. The article presents the results of research on a new multi-bearing truss sprinkling machine “Volga-FK1”. The peculiarity of this machine is that the water pipeline consists of a steel pipeline, which provides sufficient rigidity of the spans, and a polyethylene pipeline mounted parallel to the steel pipeline. With an increase in the length of the machine and water flow from 7 to 70 l/s, the diameter of the steel pipeline should increase from 102 to 114 mm, and the diameter of the polyethylene pipeline – from 50 to 160 mm. Low pressure at the inlet to the machine (0,15–0,35 MPa) will reduce the energy costs for irrigation when using low-pressure pumping units and reduce the cost of building a closed irrigation network. The use of polyethylene pipeline on the “Volga-FK1” DM makes it possible to reduce the weight of an incomplete (1...4-support) machine to 52–87 % and to 18–26 % – 5...9-support machine. The cost of the pipeline of machines is reduced by 16,8–32,5 %. Sprinkling machine “Volga-FK1” with surface irrigation devices and improved sprinkler nozzles provides an increase in irrigation uniformity at a wind speed of 3–5 m/s up to 0,7–0,8, or by 10–15 % (sector nozzles “Kuban-LK1” – 0,6–0,74). The Volga-FK1 sprinkler machine with improved sprinkler nozzles on surface irrigation devices increases the uniformity of irrigation water supply at a wind speed of 3–5 m/s to 0,7–0,8, which is 8–16 % more than the “Kuban-LK1” DM when installing sprinklers on a pipeline at a height of 4–4,5 m above the soil surface. The possibility of supplying fertilizer solutions only through a polyethylene pipeline and surface irrigation devices reduces the corrosion of the main components and parts of the machine, which ensures an increase in the reliability of operation and service life of the machine.

Keywords: irrigation machine; truss structure; two-pipe pipeline; resource saving; machine weight; irrigation quality.

For citation: Solovyov D. A., Ryzhko N. F., Ryzhko S. N., Shishenin E. A. Research results of technical and qualitative indicators of irrigation sprinkler machine “Volga-FK1” // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Sci-entific Journal. 2022;(6):107–111. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp107-111>.





Введение. Многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции типа «Кубань-ЛК1», «Каскад», «Казанка» и иностранные, типа Valley, T-L, Zimmatic, Bauer и др. [1–3] требуют совершенствования т. к. их отличают большая масса машин и, как следствие, значительная нагрузка на колеса тележек, что увеличивает затраты энергии на движение при образовании на поле глубокой колеи; значительная стоимость машин и увеличение скорости коррозии оцинкованного трубопровода при проведении фертигации.

Для поливной техники, обеспечивающей полив по кругу, на которой используются короткоструйные дождевальные насадки, наблюдается значительное увеличение интенсивности дождя (до 1,3 мм/мин и более) к концу трубопровода, что вызывает сток и перераспределение дождя в пониженные участки поля [2, 3, 9]. Перечисленное выше вызывает неравномерность роста сельскохозяйственных культур и снижение урожая [4, 5, 10].

Цель исследования – снижение массы и стоимости многоопорной дождевальной машины «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом и повышение качественных показателей полива путем совершенствования дождевальных насадок и устройств приземного орошения.

Методика исследований. Для повышения эффективности использования многоопорных дождевальных машин ферменной конструкции в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» обоснована, изготовлена и прошла исследования ДМ «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом [6, 7] (патент № 160893). Дождевальная машина (рис. 1) состоит из неподвижной опоры 1, ферменных пролетов 2, включающих в себя трубопровод 3, раскосы 4 и растяжки 5.

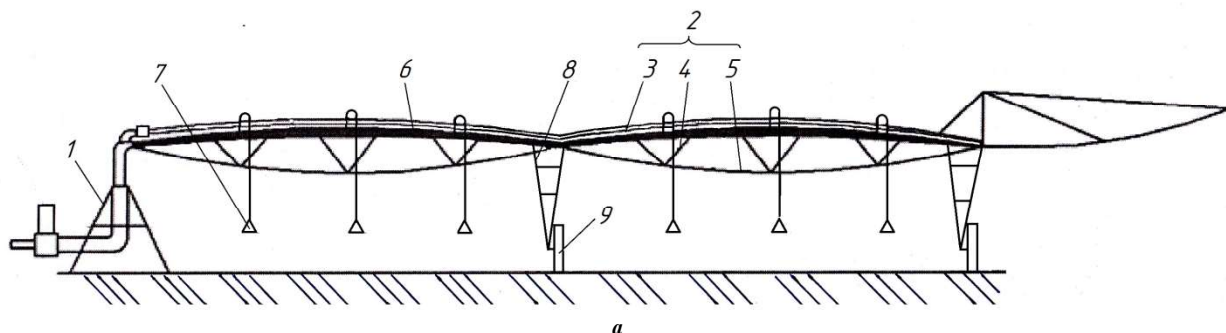


Рис. 1. Схема (а) и фото (б) дождевальной машины «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом

Трубопровод 3 состоит из двух соединенных между собой хомутами трубопроводов: стального трубопровода диаметром 102-114 мм и полиэтиленового трубопровода 6 с устройствами приземного орошения 7, выполненного из труб диаметром 160-50 мм. Ферменные пролеты 2 опираются на тележки 8 с пневматическими колесами 9. Суммарный расход воды дождевальной машины складывается из расхода воды, поступающей по металлическому и полиэтиленовому трубопроводу: $Q_{\text{дм}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{пэ}}$. При увеличении длины машины с 71 до 473 м и площади орошения с 3 до 74 га, расход воды машины должен повышаться с 7 до 70 л/с.

Расчеты и анализ работы ДМ «Мини-Кубань» показывает, что для ферменных пролетов длиной 50-60 м можно использовать трубы диаметром 102×4 мм, а также трубы диаметром 108×3,5 и 114×3,5 мм. Для таких труб оптимальная величина расхода воды не должна превышать 20 л/с, тогда расход воды через полиэтиленовый трубопровод должен быть равен: $Q_{\text{пэ}} = 5-50$ л/с.

При расчете потерь напора по длине стального трубопровода нами использована формула А.Ф. Шевелева [8]:

$$h_i = 1,07 \frac{V^2}{d_b^{1,3}}, \quad (1)$$

где V – скорость воды в трубопроводе, м/с.

Скорость воды в трубопроводе определяем по формуле:

$$V = \frac{10Q}{0,785 \cdot d_b^2}, \quad (2)$$

где Q – расход воды в трубопроводе, л/с; d_b – внутренний диаметр трубопровода, см.

При расчете потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода используем формулу [8]:

$$h_i = 0,685 \frac{V^{1,774}}{d_b^{1,226}}. \quad (3)$$

Суммарные потери напора по длине стального и полиэтиленового трубопровода складываются из потерь на отдельных участках трубопровода. Требуемый напор на входе $H_{вх}$ в полиэтиленовый трубопровод при нулевом геодезическом уклоне определяем исходя из потерь напора $h_{пз}$ по длине трубопровода и напора перед концевой насадкой H_k :

$$H_{вх} = h_{пз} + H_k. \quad (4)$$

Напор в конце полиэтиленового трубопровода перед дождевальной насадкой должен быть в пределах 10–15 м вод. ст.

Результаты исследований. При выборе оптимального диаметра трубопровода и значения напора на ДМ «Волга-ФК1» учитывали расход воды и длину трубопровода машины. Ресурсосбережение и снижение стоимости водопроводящего трубопровода возможно за счет использования оптимальных размеров диаметра стальных и полиэтиленовых труб.

Для дождевальных машин с длиной трубопровода 473 м и расходом воды 70 л/с необходимо использовать стальной трубопровод диаметром 114×3,5 мм (последний пролет – 102 мм) и набор полиэтиленовых труб диаметром: 160 мм - до тележки 4; 140 мм - между тележками 5–8 и 110–90 мм - далее (табл. 1). Для ДМ «Волга-ФК1» с семью тележками при уменьшении длины машины до 396 м и расхода воды до 55 л/с необходимо использовать стальные трубы диаметром 114 мм (последний пролет – 102 мм), а полиэтиленовая труба диаметром 125 мм должна быть установлена до тележки 4. Далее монтируются полиэтиленовые трубы диаметром 110 и 90 мм. Для дождевальных машин, имеющих 1–3 тележки и длину 71–170 м, необходимо использовать стальной трубопровод диаметром 102 мм и полиэтиленовый трубопровод небольшого диаметра (50–90 мм). Использование таких труб обеспечивает работу ДМ «Волга-ФК1» при давлении 0,15–0,35 МПа, что в 1,8–2,0 раза ниже по сравнению с серийными машинами «Фрегат».

Использование на ДМ «Волга-ФК1» ферм со стальным трубопроводом малого диаметра и с полиэтиленовым трубопроводом позволит снизить массу водопроводящего трубопровода в среднем на 19,2–87,0 % (в зависимости от модификации машины) и стоимость трубопровода машины на 16,8–32,5 % (табл. 2).

Таблица 1

Значения диаметров труб и давления на входе дождевальной машины «Волга-ФК1»

Число тележек, шт.	Площадь полива, га	Длина машины, м	Расход воды машины, л/с	Давление на входе, МПа	Диаметр трубы, мм	
					полиэтиленовой	стальной
9	73,2	473	70	0,35	160 – до Т5, 140 – между Т5-7 110,90 – далее	114 114 114–102
8	62,0	426,4	65	0,33	140 – до Т4 90 – далее	114 114–102
7	51,8	375,2	55	0,30	125 – далее 110,90	114–102
6	32,1	319,8	30	0,27	90 и 63,90	114–102
5	22,9	264,5	25	0,26	90 и 63, 90	114–102
4	15,4	213,2	20	0,25	75 и 90	102
3	10,5	170,0	18	0,24	75 и 90	102
2	5,7	122,0	10	0,18	50 и 75	102
1	2,9	71,3	7	0,15	63 и 32	102

Исследования 4-опорной дождевальной машины «Волга-ФК1» марки ДМ-200-40 в ОПХ «ВолжНИИГиМ» показали, что расход воды соответствует расчетным значениям и составляет 40 л/с при давлении 0,35 МПа (25 л/с – на полиэтиленовой трубе диаметром 110 мм и 15 л/с – на стальной трубе диаметром 102 мм). Энергопотребление на полив снижается на 25 % по сравнению с серийной аналогичной ДМ «Фрегат».

Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены коррозии и могут эксплуатироваться 40–50 лет. Срок службы оцинкованных труб при увеличении толщины стенки до 3,5–4,0 мм также повышается по сравнению с серийными трубами толщиной 3 мм.



Технические характеристики ДМ «Волга-ФК1» и «Кубань-ЛК1»

Базовая машина «Кубань-ЛК1»(БМ)		Новая машина «Волга-ФК»(НМ)		Масса трубы длиной 10 м с водой, кг		Стоимость трубопровода, руб. за 1 п.м	
Число опор, длина машины, расход воды	Диаметр стальной трубы, мм	Диаметр трубы, мм		БМ	НМ	БМ	НМ
		полиэтиленовая	стальная				
10 опор, 473 м, 70 л/с	203	160 (Т2)	114	446	394 (-13 %)	1842	1557 (-18 %)
	203	140 (Т4)	114	446	344 (-29 %)	1842	1437(-28 %)
	168	125(Т7)	114	325	317 (-2,5 %)	1512	1357 (-11,4 %)
	168	110(Т9)	114	325	289 (-12 %)	1512	1291 (-17 %)
	168	90 (Т10)	102*	325	184 (-76 %)	1512	1217(-24 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 26,5 % и стоимости трубопровода на 16,8 %							
8 опор, 396 м, 55 л/с	203	125(Т1)	114	446	317 (-40 %)	1842	1357 (-11,4 %)
	168	90(Т7)	114	325	255 (-27 %)	1512	1291 (-17 %)
	168	90(Т8)	102*	325	184 (-76 %)	1512	1217(-24 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 33,4 % и стоимости трубопровода на 20,3 %							
7 опор, 357 м, 45 л/с	168	110(Т6)	114	325	289 (-12 %)	1512	1291 (-17 %)
	168	90(Т7)	102*	325	184 (-76 %)	1512	1217(-24 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 19,2 % и стоимости трубопровода на 18 %							
4 опоры, 211 м, 20 л/с	168	75(Т3)	102	325	225 (-44 %)	1512	1169 (-29,3 %)
	168	90(Т4)	102*	325	184 (-76 %)	1512	1217 (-24,3 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 52 % и стоимости трубопровода на 28 %							
3 опоры, 173 м, 18 л/с	168	75(Т2)	102	325	225 (-44 %)	1512	1169 (-29,3 %)
	168	90(Т3)	102*	325	184(-76 %)	1512	1217 (-24,3 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 56,4 % и стоимости трубопровода на 27,6 %							
2 опоры, 125 м, 10 л/с	168	50(Т1)	102	325	205 (-58 %)	1512	1108 (-36 %)
	168	75(Т2)	102*	325	150 (-216 %)	1512	1169(-29,3 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 87 % и стоимости трубопровода на 32,5 %							

Примечание: 102* – диаметр стальной трубы последнего пролета без воды. 160 (Т2) – полиэтиленовый трубопровод диаметром 160 мм монтируется до тележки 2.

Исследованиями установлено, что ДМ «Волга-ФК1» с устройствами приземного орошения (УПО) и усовершенствованными дефлекторными насадками (ДН) [7], установленными через 2,6 м, обеспечивает при ветре 3–5 м/с повышение равномерности полива до 0,7–0,8, или на 8-16 %, что выше, чем ДМ «Кубань-ЛК1» с дождевателями, установленными на трубопроводе машины (табл. 3) Исследованиями ДМ «Волга-ФК1» с дефлекторными насадками на устройствах приземного орошения установлено, что потери воды на испарение и снос ветром увеличиваются от 3 до 10 % при повышении коэффициента метеорологической напряженности Φ с 20 до 100, что примерно в 2 раза меньше, чем у ДМ «Кубань-ЛК1», у которой дождеватели установлены на трубопроводе машины (рис. 2). Повышение равномерности полива и снижение потерь воды на испарение и снос достигается за счет снижения высоты подъема дождевого облака с 5 м до 1,5–2,5 м, уменьшения скорости ветра у поверхности почвы и рационального распыления струй.

Таблица 3

Коэффициент эффективного полива дождевательных машин в зависимости от скорости ветра

Тип дождевательной машины	Вид дождевателя	Скорость ветра, м/с					
		0	1	2	3	4	5
Фрегат	СДА	0,78	0,72	0,69	0,62	0,58	0,53
Фрегат	ДН	0,72	0,69	0,6	0,5	0,4	0,3
Кубань-ЛК	СН	0,82	0,80	0,78	0,74	0,67	0,60
Zimatic	ДН	0,86	0,84	0,83	0,82	0,78	0,72
Волга-ФК1	УПО-ДН	0,84	0,82	0,81	0,80	0,76	0,70

Примечание: СДА – среднеструйный аппарат; ДН – дефлекторная насадка, установленная в стандартный штуцер через 7,5 и 10 м; СН – секторная насадка, установленная через 2,6 м; УПО-ДН – устройство приземного орошения с дефлекторной насадкой, установленное через 2,6 м.

ДМ «Волга-ФК1» с дефлекторными насадками, установленными на УПО, формируют мелкокапельный дождь (0,65–0,9 мм) с меньшей интенсивностью и мощностью (по сравнению с секторными насадками ДМ «Кубань-ЛК1»), который не уплотняет верхний слой почвы. Это обеспечивает более равномерное увлажнение почвы, повышение урожайности люцерны при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН на 27 %.

Внесение удобрений и химикатов с поливной водой осуществляется путем подачи концентрированного маточного раствора в полиэтиленовый трубопровод в районе поворотного колена или на определенных участках трубопровода машины и далее через устройства приземного орошения (патент № 208408). Это исключает попадание агрессивных веществ на основные узлы и детали машины и будет способствовать повышению срока их службы.

Дождевательная машина «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом прошла испытания с участием Поволжской МИС и получен сертификат на ее производство.



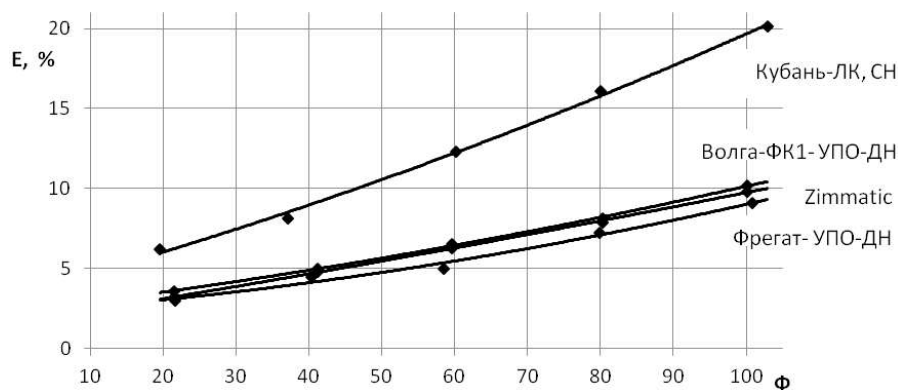


Рис. 2. Изменение потерь воды на испарение и снос E в зависимости от коэффициента метеорологической напряженности Φ для ДМ «Волга-ФК1», «Фрегат» и «Кубань-ЛК1»

Заключение. Разработана новая многоопорная дождевальная машина «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом. Установлено, что в зависимости от длины машины и ее расхода воды диаметр стального трубопровода машины должен изменяться от 102 до 114 мм, а полиэтиленовых труб – от 50 до 160 мм. Приведены размеры диаметра полиэтиленовых труб вдоль трубопровода машин различных модификаций.

Многоопорные ДМ «Волга-ФК1» подают требуемый расход воды 7–70 л/с при низком давлении на входе – 0,15–0,35 МПа. Затраты электроэнергии на полив уменьшаются в 1,8–2,0 раза по сравнению с серийными машинами «Фрегат».

Использование полиэтиленового трубопровода на ДМ «Волга-ФК1» позволяет снизить массу неполнокомплектной (1–4-опорная) машины до 52–87 % и до 18–26 % 5–9-опорной машины.

Дождевальная машина «Волга-ФК1» с устройствами приземного орошения и усовершенствованными дефлекторными насадками обеспечивает повышение равномерности полива при скорости ветра 3–5 м/с до 0,7–0,8, что на 8–16 % больше, чем у ДМ «Кубань-ЛК1», при расположении дождевателей на трубопроводе машины. Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН уменьшаются до 3–0 % (примерно в 2 раза по сравнению с ДМ «Кубань-ЛК1»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические орошения / Г.В. Ольгаренко [и др.] под ред. Г.В. Ольгаренко: справочник. М., 2015. 264 с.
2. Рязанцев А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях. Рязань, 1991. 131 с.
3. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин. Саратов, 2009. 176 с.
4. Рыжко Н.Ф. Влияние качественных показателей дождя ДМ «Фрегат» на урожайность сельскохозяйственных культур // Научное обозрение. 2012. № 2. С. 263–272.
5. Абрамов А.М. Методы определения эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Абрамов Анатолий Михайлович. М., 1987. 18 с.
6. Дождевальная машина: пат. № 160893 Рос. Федерация: МПК A01G 25/09 / Рыжко Н.Ф. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 20155101884; заявл. 21.01.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4.
7. Дождевальная машина: пат. № 184629 Рос. Федерация: МПК A01G 25/09 / Рыжко Н.Ф. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2018124423; заявл. 03.07.2018; опубл. 01.11.2018, Бюл. № 31.
8. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводящих труб. М., 1984. 116 с.
9. Wismer R.D. Estevastus ja estetyö maastossa liikkunien koneiden kulkumalleissa. Metsätieteen aikakauskirja // Folia Forestalia. 1997. P. 73–84.
10. Sonrell H. Zeitgemusse Beregnung des Wasser – und Energien aufwandes beimobilen Beregnung maschinen // Landtechnik. 1991. Vol. 46. No. 5. P. 209–219.

REFERENCES

1. Resource-saving energy-efficient environmentally safe technologies and technical irrigation / G.V. Olgarenko et al.; ed. G.V. Olgarenko. Moscow, 2015. 264 p. (In Russ.).
2. Ryazantsev A.I. Mechanization of irrigation by wide-sprinkling machines of circular action in difficult conditions. Ryazan, 1991. 131 p. (In Russ.).
3. Ryzhko N.F. Improvement of rain-forming devices for multi-support sprinklers. Saratov, 2009. 176 p. (In Russ.).
4. Ryzhko N.F. Influence of qualitative indicators of rain DM “Fregat” on the productivity of agricultural crops // Scientific Review. 2012; 2: 263–272 (In Russ.).
5. Abramov A.M. Methods for determining the erosion-permissible irrigation norms during sprinkling: abstract of the thesis of the dissertation of the candidate of technical sciences / Abramov Anatoly Mikhailovich. Moscow, 1987. 18 p. (In Russ.).
6. Sprinkler machine: Pat. № 160893 Ros. Federation: IPC A01G 25/09 / Ryzhko N. F. et al.; applicant FGBNU “VolzhNIIGiM”. No. 20155101884; dec. 01.21.2015; publ. 02.10.2016, Bull.No. 4. (In Russ.).
7. Sprinkler machine: pat. No. 184629 Ros. Federation: IPC A01G 25/09/ Ryzhko N.F. et al.; applicant FGBNU “Volzhniigim”. No. 2018124423; application 03.07.2018; publ. 01.11.2018, Bul. No. 31. (In Russ.).
8. Shevelev F.A., Shevelev A.F. Tables for the hydraulic calculation of water pipes: Ref. allowance. Moscow, 1984. 116 p. (In Russ.).
9. Wismer R.D. Estevastus ja estetyö maastossa liikkunien koneiden kulkumalleissa. Metsätieteen aikakauskirja. Folia Forestalia. 1997: 73–84.
10. Sonrell H. Zeitgemusse Beregnung des Wasser – und Energien aufwandes beimobilen Beregnung maschinen // Landtechnik. 1991; 46; 5: 209–219.

Статья поступила в редакцию 10.04.2022; одобрена после рецензирования 22.04.2022; принята к публикации 30.04.2022.
The article was submitted 10.04.2022; approved after reviewing 22.04.2022; accepted for publication 30.04.2022.

