

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.6:631.347

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-12-19

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ – КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

РЫЖКО НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ^{1✉}, д-р техн. наук, заведующий отделом
ryzhkonf@bk.ru

РЫЖКО СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ¹, младший научный сотрудник
Twglides@gmail.com

СМИРНОВ ЕВГЕНИЙ СТАНИСЛАВОВИЧ¹, младший научный сотрудник
Smirnovj47@mail.ru

ХОРИН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ², директор ООО «АгроТехСервис»
horin555@yandex.ru

¹ Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации; 413123, Саратовская обл., Энгельский район, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, 1. Россия

² Общество с ограниченной ответственностью «АгроТехСервис»; 413090, Саратовская обл., г. Маркс, пр. Ленина, 64. Россия

Цель исследования – определить направления совершенствования многоопорных дождевальных машин «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом и оценить их эффективность. В статье представлены результаты исследований новой многоопорной дождевальной машины вантовой конструкции «Волга-СМ». Особенность данной машины в том, что водопроводящий трубопровод состоит из стального трубопровода, обеспечивающего достаточную жёсткость пролётов, и полиэтиленового трубопровода монтируемого параллельно стальному трубопроводу. При увеличении длины машины и расхода воды с 5 до 90 л/с диаметр стального трубопровода должен повышаться с 102 до 114 мм, а диаметр полиэтиленового трубопровода – с 63 до 160 мм. Обосновано ресурсосбережение ДМ «Волга-СМ» за счёт снижения давления на входе в машину с 0,45...0,6 до 0,35...0,5 МПа (на 20...28%), уменьшения массы водопроводящего трубопровода и числа опорных тележек. Возможность подачи удобрительных растворов только через полиэтиленовый трубопровод и устройства приповерхностного дождевания уменьшает коррозию основных узлов и деталей машины, что обеспечивает повышение надёжности работы и срока службы машины. Представлены основные преимущества модернизированной дождевальной машины с двухтрубным трубопроводом

Ключевые слова: ресурсосбережение, низкий напор, качество полива, дождевальная машина, двухтрубный трубопровод, масса машины

Формат цитирования: Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Хорин С.А. Ресурсосбережение – как основа совершенствования многоопорных дождевальных машин // Природообустройство. – 2022. – № 1. – С. 12-19. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-12-19.

© Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Хорин С.А., 2022

Original article

RESOURCE SAVING AS THE BASIS FOR IMPROVING MULTI-SUPPORTED SPRINKLER MACHINES

RYZHKO NIKOLAY FEDOROVICH^{1✉}, Doctor of Technical Sciences, Head of Department
volzniigim@bk.ruryzhkonf@bk.ru

RYZHKO SERGEI NIKOLAEVICH¹, Junior Researcher
Twglides@gmail.com

SMIRNOV EVGENIY STANISLAVOVICH¹, Junior Researcher
Smirnovj47@mail.ru

KHORIN SERGEY ALEXANDROVICH², Director of AgroTechService LLC.

horin555@yandex.ru

¹ Federal State Scientific Budgetary Institution «Volzhsky Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation», 413123, Saratov region, Engels district, settlement Privolzhsky, ul.Gagarina, 1. Russia 2413092, Limited liability company «Agro Tech Service», Saratov Region, Marks, Lenin Ave., 64. Russia

The purpose of the study is to determine the directions of improvement of the «Volga-SM» multi-support sprinkler machines with a polyethylene pipeline and to assess their efficiency. The article presents the research results of a new multi-support sprinkler with cable-stayed construction «Volga-SM». The peculiarity of this machine is that the water pipeline consists of a steel pipeline that provides sufficient rigidity of the spans, and a polyethylene pipeline installed parallel to the steel pipeline. Depending on the length of the machine and water consumption, the parameters of a small-diameter steel pipeline 102...114 mm and a polyethylene pipeline with a diameter of 63...160 mm are substantiated. Resource saving of the «Volga-SM» DM has been substantiated by reducing the pressure at the inlet to the machine from 0.45...0.6 to 0.35...0.5 MPa (by 20...28%), reducing the mass of the water-conducting pipeline and the number of support bogies. The ability to supply fertilizer solutions only through a polyethylene pipeline and near-surface sprinklers reduces corrosion of the pipeline and structural elements of the machine, which increases the reliability of the machine and its service life. The main advantages of the modernized cable-stayed machine with a polyethylene pipeline are presented.

Keywords: resource saving, low pressure, irrigation quality, sprinkling machine, two-pipe pipeline, machine weight

Format of citation: Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Khorin S.A. Resource-saving as the basis for improving multi-support sprinkler machines // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 1. – S. 12-19. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-12-19.

Введение. Многоопорные дождевальные машины с гидроприводом являются наиболее распространенными в орошаемом земледелии нашей страны. За период с 70 по 90 гг. прошлого столетия в России при общем количестве дождевальных машин (ДМ) 80217 ед. на машины «Фрегат» приходилось 19160 ед. В 2019 г. при общем количестве 8636 ед. на ДМ «Фрегат» приходится 2772 ед. или 32% [1]. Многоопорные дождевальные машины с гидроприводом отличаются простотой устройства основных узлов и обеспечивают полив больших площадей – от 20 до 112 га. За последние годы в РФ разработаны и внедряются новые многоопорные дождевальные машины кругового действия тросовой системы с электро- и гидроприводом [2]. Дождевальные машины «Фрегат» выпускаются в ООО БСГ (г. Тольятти). На Самарском заводе сельскохозяйственного машиностроения выпускается многоопорная низконапорная дождевальная машина «Корвет».

Первые опытные образцы ДМ «Фрегат», изготовленные в 70-80 годах прошлого столетия, эксплуатируются более 40...50 лет, так как имеют хорошее цинковое покрытие базовых элементов (тележки, мачты и др.). На данных машинах в качестве водопроводящего трубопровода используются стальные оцинкованные трубы диаметром 178 и 152 мм, срок службы которых составляет порядка 20...30 лет. Результаты исследований [3] показывают, что с увеличением срока службы повышается число отказов на машине и уменьшается среднее время наработки

на отказ, что приводит к снижению сменной производительности и выработки машины за сезон. Кратность поливов изношенных машин за сезон обычно не превышает 4...6 поливов, в то же время на электрифицированных ДМ она составляет порядка 8...10, а при выращивании овощных культур увеличивается до 15...18 поливов. Повышение производительности и своевременность проведения поливов можно обеспечить за счёт снижения числа тележки увеличения длины пролётов дождевальных машин [4].

Проведённый анализ современных конструкций многоопорных ДМ вантовой конструкции показывает постоянный процесс их дальнейшего совершенствования, который направлен на снижение веса и затрат на приобретение водопроводящего трубопровода – основного элемента машины. Важно изыскивать возможности изготовления трубопровода дождевальной машины из широко применяемых полиэтиленовых труб и стальных труб малого диаметра массового производства. Весьма эффективно снижение давления на входе машины, так как это позволяет уменьшать потребление электроэнергии на полив орошаемого участка, а также снижать стоимость труб закрытой оросительной сети.

Для повышения эффективности использования многоопорных дождевальных машин типа «Фрегат» в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» обоснована, изготовлена и прошла исследования ДМ «Волга-СМ» с полиэтиленовым (основным) и стальным (дополнительным) трубопроводами [5, 6] (рис. 1, 2).

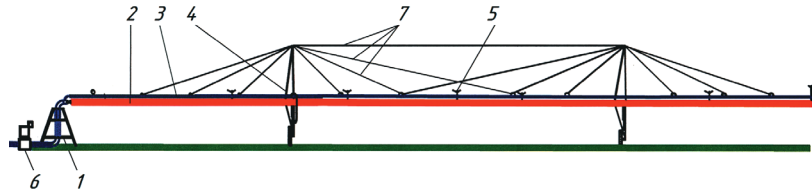


Рис. 1. Схема дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом: 1 – неподвижная опора; 2 – полиэтиленовый трубопровод; 3 – стальной трубопровод, 4 – тележка, 5 – дождевальная насадка, 6 – гидрозадвижка, 7 – поддерживающие тросы

Fig. 1. Scheme of the sprinkling machine «Volga-SM» with a polyethylene pipeline: 1 – immovable support; 2 – polyethylene pipeline; 3 – steel pipeline; 4 – bogie; 5 – sprinkler nozzle; 6 – hydro valve; 7 – support cables

Машина состоит из неподвижной опоры, полиэтиленового трубопровода и стального трубопровода, изготовленного из стальных оцинкованных труб малого (102-114 мм) диаметра. Трубопроводы жёстко соединены и смонтированы на тележках (опорах) с гидроприводами. На поворотном колене неподвижной опоры смонтированы два фланца для монтажа полиэтиленового и стального трубопровода. Стальной трубопровод предназначен для подачи оросительной воды как в гидроприводы тележек на передвижение, так и в полиэтиленовый трубопровод на полив или подачу удобрительных растворов при орошении. Вода на полив орошаемого участка подается через седёлки и дождевальные насадки, смонтированные на полиэтиленовом трубопроводе (рис. 2) [7].



Рис. 2. Фото (а, б) дождевальной машины «Волга-СМ»

Fig. 2. Photo (а, б) of the sprinkler machine «Volga-SM»

Оросительная вода из стального трубопровода поступает в полиэтиленовый трубопровод через переходники, смонтированные в средней и концевой части машины. В стальном трубопроводе за предпоследней тележкой машины установлена заглушка, которая перекрывает подачу воды в последний пролёт и консоль машины. Подача воды в гидропривод последней тележки осуществляется через полиэтиленовый трубопровод малого диаметра (32 мм). Подача воды в машину осуществляется посредством гидрозадвижки. На конце полиэтиленового

трубопровода смонтирован концевой дождевальный аппарат. Поддерживающие тросы при помощи кронштейнов крепятся к стальному трубопроводу. Горизонтальные тросы трубопровода обеспечивают жёсткость труб и пролёта в горизонтальной плоскости.

Цель исследования – определить направление совершенствования многоопорных дождевальных машин типа «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом и оценить их эффективность.

Материалы и методы исследований.

При обосновании конструктивных размеров полиэтиленового и стального трубопровода исходим из того, что общий расход воды машины ($Q_{\text{дм}}$) равен сумме расходов полиэтиленового ($Q_{\text{пэ}}$) и стального трубопровода ($Q_{\text{ст}}$):

$$Q_{\text{дм}} = Q_{\text{пэ}} + Q_{\text{ст}}$$

При расчёте диаметра стального трубопровода учитываем расход воды на гидроприводы тележек, а также расход воды на полив. Потери напора по длине стального трубопровода определяем по формуле [8]:

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

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

Скорость воды в трубопроводе определяем по формуле:

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

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

Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода, которые зависят от расхода воды на полив, определяем по формуле [8]:

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

Общие потери напора по длине стального и полиэтиленового трубопровода равны сумме потерь напора на каждом участке трубопроводов. Требуемый напор на входе ($H_{вх}$) в полиэтиленовый трубопровод при нулевом геодезическом уклоне определяем исходя из потерь напора ($h_{пэ}$) по длине полиэтиленового трубопровода и напора перед концевой насадкой (H_k):

$$H_{вх} = h_{пэ} + H_k \quad (1)$$

Требуемый напор на входе стального трубопровода определяем как сумму потерь напора по длине стального трубопровода ($h_{ст}$) и напора перед гидроцилиндром последней тележки (H_r):

$$H_{вх} = h_{ст} + H_r \quad (2)$$

Напор в полиэтиленовом трубопроводе дождевальной насадки должен быть в пределах 10...15 м вод.ст., а в стальном трубопроводе перед последней тележкой – 33...36 м вод. ст. Требуемый напор на входе в машину равен максимальному, полученному при расчёте

напора для стального или полиэтиленового трубопровода по формулам 1 и 2.

Результаты исследований. При выборе оптимального диаметра трубопровода и значения напора на ДМ «Волга-СМ» учитывались расход воды и длина трубопровода машины. Ресурсосбережение и снижение стоимости водопроводящего трубопровода возможно за счёт применения оптимальных размеров диаметра стальных и полиэтиленовых труб. Энергосбережение при поливе будет определяться снижением давления на входе дождевальной машины.

Гидравлические расчёты показали, что для дождевальных машин «Волга-СМ» небольшой длины (типа «Фрегат-Фермер», число тележек – 1...6 ед., расход воды – 5...22 л/с), диаметр полиэтиленового трубопровода в начале машины должен составлять 63...90 мм и в конце – 32...63 мм. Оптимальное значение диаметра стального трубопровода для таких машин равно 102 × 2 мм (табл. 1). Давление на входе ДМ «Волга-СМ» с таким расходом воды снижается с 0,45...0,47 МПа до 0,35...0,37 МПа или на 20...27%.

Таблица 1

Значения диаметров труб полиэтиленового и стального трубопровода ДМ «Волга-СМ»

Table 1

Values of pipe diameters of polyethylene and steel pipeline of Sprinkling Machine «Volga-SM»

Число тележек, шт. <i>Number of bogies, pcs</i>	Длина машины, м <i>Length of the sprinkler, m</i>	Расход воды машины, л/с <i>Water consumption of the sprinkler, l/s</i>	Диаметр труб трубопровода, мм <i>Pipes diameter of the pipeline, mm</i>		Давление на входе в машину, Мпа <i>Pressure in the Sprinkler inlet, Mpa</i>
			Полиэтиленового <i>Polyethylene</i>	Стального <i>Steel</i>	
1	35	5	63-32	102	0,35
2	65	8	63-32	102	0,35
3	90	11	63-40	102	0,36
4	120	14	75-63	102	0,36
5	145	18	75-63	102	0,37
6	175	22	90-63	102	0,37
7	199	28	90-63	102	0,38
8	229	32	90-63	102	0,38
9	253	38	90-63	102	0,39
10	283	45	110-90	114-102	0,45
12	328	50	110-90	108-102	0,40
13	379	75	160-140-110	114-102	0,45
16	463	90	160-140-110	114-102	0,50

Для ДМ «Волга-СМ» с характеристиками по типу ДМУ-А (число тележек равно 7...15 ед., расход воды – 28...55 л/с), диаметр полиэтиленового трубопровода в начале машины должен составлять 110...140 мм и в конце – 63...90 мм. Диаметр стального трубопровода изменяется от 108 до 102 мм (табл. 1). Для ДМ «Волга-СМ» с характеристиками по типу ДМУ-Б, при увеличении

числа тележек от 13 до 16 единиц и расхода воды от 75 до 90 л/с, диаметр полиэтиленового трубопровода должен изменяться от 160 мм (в начале машины) до 90...110 мм (в конце машины). Диаметр стального трубопровода дождевальной машины должен изменяться от 114 до 102 мм. Давление на входе ДМ «Волга-СМ» с расходом воды 28...90 л/с снижается с 0,45...0,6 МПа

до 0,37...0,5 МПа или на 20...28%. При использовании подкачивающего насоса [9, 10] перед дополнительным полиэтиленовым трубопроводом давление на входе в ДМ «Волга-СМ» может быть снижено с 0,45...0,6 МПа до 0,12...0,28 МПа или в 2...3,5 раза.

Использование на ДМ «Волга-СМ» полиэтиленовых труб обеспечивает снижение массы пролётов. Для машин небольшой и средней длины (35...175 м), имеющих расход воды в пределах 5...22 л/с, снижение массы пролётов может достигать 161...300% (табл. 2).

Таблица 2

Масса труб на пролётах дождевальных машин «Волга-СМ» и «Фрегат» в зависимости от модификации и расхода воды

Table 2

The mass of pipes on the spans of the «Volga-SM» and «Fregat» sprinkler machines, depending on the modification and water consumption

ДМ «Фрегат» (базовая) <i>Sprinkler Fregat (base)</i>		ДМ «Волга-СМ» <i>Sprinkler Volga-SM</i>		Масса трубы с водой длиной 10 м, кг <i>The pipe mass with water of length 10 m, kg</i>	
Марка машины (характеристики) <i>Type of the sprinkler (characteristics)</i>	Диаметр стальной трубы, мм <i>Diameter of steel pipe, mm</i>	Диаметры труб трубопровода, мм <i>Pipes diameters of the pipeline</i>		ДМ «Фрегат» <i>Sprinkler Fregat</i>	ДМ «Волга-СМ» <i>Sprinkler Volga-SM</i>
		Полиэтиленового <i>Polyethylene</i>	Стального <i>Steel</i>		
ДМУ-Б (16 опор, 463 м, 90 л/с) <i>DMU-B (16 supports, 463 m, 90 l / s)</i>	178 – до Т11 152 – далее	160 – до Т 10	114	328,7	341 (+3,7%)
		140 – до Т 11	114	328,7	317 (-3,7%)
		140 – до Т 12	102	245,7	279 (+13,5)
		110 – до Т 15	102	245,7	220 (-11,3%)
		110 – далее	102*	245,7	119 (-200%)
Снижение на 3% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 3% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					
ДМУ-Б (13 опор, 379 м, 75 л/с) <i>DMU-B (13 supports, 379 m, 75 l / s)</i>	178 – до Т11 152 – далее	160 – до Т 3	114	328,7	341 (+3,7%)
		140 – до Т 7	114	328,7	317 (-3,7%)
		110 – до Т 12	102	245,7	220 (-11,3%)
		90 – далее	102*	245,7	119 (-200%)
Снижение на 9% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 9% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					
ДМУ-А (10 опор, 283 м, 45 л/с) <i>DMU-A (10 supports, 283 m, 45 l / s)</i>	152	110 – до Т 3	114	245,7	258 (+5%)
		110 – до Т 7	108	245,7	235 (-4,5%)
		90 – до Т 10	102	245,7	194 (-26,6%)
		90 – далее	102*	245,7	119 (-200%)
Снижение на 12% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 12% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					
ДМУ-А (6 опор, 175 м, 22 л/с) <i>DMU-A (10 supports, 175 m, 22 l / s)</i>	152	90 – до Т 4	102	245,7	194 (-26,6%)
		63 – до Т 5	102	245,7	156 (-57,5%)
		63 – далее	102*	245,7	84 (-292%)
Снижение на 92,5% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 92.5% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					
ДМУ-А (3 опор, 90 м, 11 л/с) <i>DMU-A (3 supports, 90 m, 11 l / s)</i>	152	63 – до Т 2	102	245,7	156 (-57,5%)
		63 – далее	102*	245,7	84 (-292%)
Снижение на 161,7% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 161.7% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					
ДМУ-А (1 опор, 35 м, 5 л/с) <i>DMU-A (1 support, 35 m, 5 l / s)</i>	152	63 – до Т 1	102*	245,7	84 (-292%)
		40 – далее	102*	245,7	70 (-351%)
Снижение на 300% общей массы трубопровода машины <i>Reduction by 300% of the total mass of the sprinkler pipeline</i>					

Примечание. 102* – стальной трубопровод последнего пролёта машины и консоль без воды.

Note: 102* – steel pipeline of the last span of the sprinkler and console without water.

Для 10-опорной машины длиной 283 м с расходом воды 45 л/с снижение массы пролётов машины составляет 12%. Для 13- и 16-опорных машин с расходом воды 75 и 90 л/с снижение массы – соответственно 9 и 3%. Общая стоимость трубопроводов ДМ при этом снижается от 45 до 69%.

Уменьшение массы пролёта при использовании полиэтиленовых труб позволит увеличить длину пролёта до 40...50 м, при этом

на ДМ снижается число тележек, а весовая нагрузка на колёса останется на уровне значений серийной ДМ «Фрегат». Для 7-опорной машины марки ДМУ-А число тележек уменьшится до 4 ед. или в 1,75 раза (табл. 3). Для 10-опорной машины марки ДМУ-А – до 7 тележек или в 1,42 раза, для 15-опорной машины марки ДМУ-А – до 12 тележек или в 1,25 раза. Для машин модификации по типу ДМУ-А общее число тележек уменьшится на три единицы.

Таблица 3

Снижение числа тележек на ДМ «Волга-СМ» при увеличении длины пролётов

Table 3

Reduction of the number of trolleys on the Sprinkler «Volga-SM» while increasing the length of the spans

Показатели <i>Indicators</i>	Число тележек ДМ различной модификации <i>Number of sprinkler bogies of various modifications</i>											
	ДМУ-А				ДМУ-Б				ДМ			
Длина машины, м <i>Length of the sprinkler, m</i>	199	283	337	417	379	409	434	463	335	394	454	
Пролёты стандартной длины ДМ «Фрегат» <i>Spans of the standard length of the sprinkler Fregat</i>	7	10	12	15	13	14	15	16	12	14	16	
Пролёты увеличенной длины ДМ «Волга-СМ» <i>Spans of the increased length of the sprinkler Volga-SM</i>	4	7	9	12	11	12	13	14	9	11	13	
Уменьшение числа тележек, раз <i>Reduction of the number of bogies, times</i>	1,7	1,4	1,33	1,25	1,18	1,16	1,15	1,14	1,33	1,16	1,23	

На 12...16-опорных машинах марки ДМ и ДМУ-Б с расходом воды 58...90 л/с необходимо использовать полиэтиленовые трубы Ø160, 140, 125, 110 и 90 мм. При этом максимальная масса пролёта длиной 40 м в начале машины увеличится незначительно – на 2,2...26,1%. В концевой части машины используются полиэтиленовые трубы диаметром 90 мм, а длина пролёта должна составлять 50 м.

Применение на ДМ «Волга-СМ» пролётов увеличенной длины (40 и 50 м) с полиэтиленовыми трубами позволит уменьшить число тележек на модификациях типа ДМУ-Б – на две тележки и на модификациях по типу ДМ и ДМУ-А – на три тележки. Использование на ДМ «Волга-СМ» пролётов увеличенной длины с полиэтиленовыми трубами позволит уменьшить число тележек и снизить стоимость на 14...75% (табл. 3).

Исследования 12-опорной ДМ «Волга-СМ» марки ДМУ-328-50 в ОПХ «ВолжНИИГиМ» показали, что расход воды соответствует расчётным значениям и составляет 50 л/с при давлении 0,4 МПа (на полиэтиле-

новой трубе Ø110 мм – 30 л/с и на стальной трубе Ø108 мм – 20 л/с). При снижении давления с 0,5 МПа (для серийной аналогичной ДМ «Фрегат») до 0,4 МПа (для ДМ «Волга-СМ») энергопотребление на полив снижается на 25%. Минимальная поливная норма при цикличности гидроцилиндра последней тележки 5 ход/мин составила 180 м³/га.

Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены коррозии и могут эксплуатироваться 40...50 лет. Срок службы стальных трубопроводов при увеличении толщины стенки трубы до 2...2,5 мм также повышается по сравнению с трубопроводами серийных ДМ (толщина стенки трубы – 1,8 мм).

На машине «Волга-СМ» могут использоваться дождевальные насадки кругового и секторного полива, устанавливаемые на полиэтиленовом трубопроводе, которые формируют мелкокапельный дождь (средний диаметр капель 0,5...0,9 мм), снижающий энергетическое воздействие на почву, что уменьшает её уплотнение и повышает норму полива до стока. При уменьшении расстояния между дождевальными

насадками до 5 и 6 м обеспечивается хорошее наложение эпюр дождевых струй, равномерность полива при ветре повышается до 0,65...0,75.

Внесение удобрительных растворов осуществляется путем подачи концентрированного маточного раствора в полиэтиленовый трубопровод в районе поворотного колена или на определенных участках трубопровода машины [11]. При внесении удобрений посредством полиэтиленового трубопровода и устройства приповерхностного дождевания [5, 10] исключается попадание агрессивных веществ на основные узлы и детали машины, что будет способствовать повышению срока их службы.

Дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом прошла испытания с участием МИС, получен сертификат на производство. Машина успешно эксплуатируется в ОПХ «ВолжНИИГиМ».

Выводы

1. Разработана новая многоопорная дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом. Установлено, что в зависимости от длины машины и её расхода воды диаметр стального трубопровода машины должен изменяться от 102 до 114 мм, а полиэтиленовых труб – от 63 до 160 мм. Приведены размеры

Библиографический список

1. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России. Информационно-аналитическое издание. – М.: Коломна: ИП Лавренев А.В., 2020. – 128 с.
2. Каталог оросительной техники, оборудования и сопутствующей продукции на 2020 год. – М; Коломна, 2020. – 41 с.
3. **Рыжко Н.Ф.** Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья. Автореф. дисс. ...д-ра техн. наук / Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2012. – 23 с.
4. **Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н.** Модернизация многоопорных дождевальных машин // Вестник мелиоративной науки. – 2018. – Вып. 3. – С. 29-34.
5. Дождевальная машина: пат. 178776 Рос. Федерация, МПК А01G 25/09 / Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н., Ботов С.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» – № 2017135034; заявл. 04.10.2017; опубл. 19.04.2018, Бюл. № 11.
6. **Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Хорин С.А.** Многофункциональная дождевальная машина «Волга-СМ» и результаты исследований

диаметра полиэтиленовых труб вдоль трубопровода для машин различной модификации.

2. Многоопорные ДМ «Волга-СМ» имеют требуемый расход воды 28...90 л/с при низком давлении на входе – 0,35...0,5 МПа. Экономия электроэнергии на полив составляет 20...28%. Использование подкачивающего насоса, повышающего давление в дополнительном полиэтиленовом трубопроводе, обеспечивает снижение давления на входе в машину с 0,42...0,6 до 0,12...0,28 МПа или в 2...3,5 раза.

3. Использование полиэтиленовых труб и стальных труб малого диаметра снижает на 26...300% массу водопроводящего трубопровода ДМ с малым и средним расходом воды и на 3...9% – машин с высоким расходом воды. Увеличение длины пролётов ДМ «Волга-СМ» до 40...50 м позволяет сократить число тележек до трёх на машинах типа ДМУ-А и ДМ и до двух – на машинах типа ДМУ-Б. Стоимость трубопровода дождевальной машины «Волга-СМ» снижается от 45 до 69%, а стоимость тележек – на 14...75%.

4. Внесение удобрительных растворов только через полиэтиленовый трубопровод и устройства приповерхностного дождевания будет способствовать снижению коррозии и повышению срока службы конструктивных элементов машины.

References

1. Analyticheskie issledovaniya perspektiv razvitiya tehniki orosheniya v Rossii. Informatsionno-and analyticheskoe izdanie. – M.: Kolomna: IP Lavrenov A.V., 2020. – 128 s.
2. Catalog orositelnoj tehniki, oborudovaiya i sopusstvuyushchej eproduksii na 2020 god. – M.: Kolomna, 2020. – 41 s.
3. **Ryzhko N.F.** Obosnovanie resursosberegayushchego dozhdevaniya i sovershenstvovanie dozhdevalnoj mashiny "Fregat" v usloviyah Saratovskogo Zavolzhya, Aftotef. diss. d-ra tehn. nauk / Saratovskiy GAU im. N.I. Vavilova. – Saratov, 2012. – 23 s.
4. **Ryzhko N.F., Ryzhko N.V., Ryzhko S.N.** Modernizatsiya mnogoopornykh dozhdevalnykh mashin / Vestnik meliorativnoj nauki. – 2018. – Vyp. 3. – S. 29-34.
5. Dozhdevalnaya mashina: pat. 178776 Ros. Federatsiya, MPK A01G 25/09 / Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Ryzhko S.N., Botov S.V. [i dr.]; zayavitel i patentoobladatel FGBNU "VolzhNIIGiM" – № 2017135034; zayavl. 04.10.2017; opubl. 19.04.2018, Byul. № 11.
6. **Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Khorin S.A.** Mnogofunktsionalnaya dozhdevalnaya mashina "Volga-SM" i rezultaty issledovaniy

работы // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. науч. тр. – Саратов: СГАУ, 2016. – С. 122-129.

7. **Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Смирнов Е.С.** Дождевальная машина вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2 (11) том 2. – С. 47-50.

8. **Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф.** Таблицы для гидравлического расчёта водопроводящих труб / справ. пособие. 6-е изд. доп. и перераб. – М: Стройиздат, 1984. – 116 с.

9. Дождевальная машина: пат. 198204 Рос. Федерация, МПК A01G 25/09 / Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» – № 2020101236; заявл. 10.01.2020; опубл. 23.06.2020, Бюл. № 18.

10. Дождевальная машина: пат. 203047 Рос. Федерация, МПК A01G 25/09 / Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» – № 2020132901; заявл. 06.10.2020; опубл. 19.03.2021, Бюл. № 8.

11. **Taylor D.** Reduced pressure imitation inverment economies / Water Pesonries. – 1986. – v. 22. – № 2. – P. 121-128.

12. **Sonrell H.** ZeitgemusseBeregnung des Wasser – und EnergienaufwandesbeimobilenBeregnungsmaschinen // Landtechnik. – 1991. – v. 46. – № 5. – P. 209-219.

Критерии авторства

Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Хорин С.А. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 05.01.2022 г.

Одобрена после рецензирования 21.01.2022 г.

Принята к публикации 09.02.2022 г.

raboty / Problemy i perspektivy razvitiya melioratsii v sovremennyh usloviyah: sb. nauch. tr. – Saratov: SGAU, 2016. – S. 122-129.

7. **Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Smirnov E.S.** Dozhdevalnaya mashina vintovoj konstruksii s polyetylenovym truboprovodom // Novosti nauki v APK. – 2018. – № 2 (11) tom 2. – S. 47-50.

8. **Shevelev F.A., Shevelev A.F.** Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodyashchih trub / sprav. posobie. 6-e izd. – M: Stroyizdat, 1984. – 116 s.

9. Dozhdevalnaya mashina: pat. 198204 Ros. Federatsiya, MPK A01G 25/09 / Ryzhko N.F., Ryzhko N.V., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Sishenin E.A.; zayavitel i patentoobladatel FGBNU "VolzhNIIGiM" – № 2020101236; zayavl. 01.10.2020; opubl. 23.06.2020, Byul. № 18.

10. Dozhdevalnaya mashina: pat. 203047 Ros. Federatsiya, MPK A01G 25/09 / Ryzhko N.F., Ryzhko N.V., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Sishenin E.A.; zayavitel i patentoobladatel FGBNU "VolzhNIIGiM" – № 2020132901; zayavl. 10.06.2020; opubl. 19.03.2021, Byul. № 8.

11. **Taylor D.** Reduced pressure imitation inverment economies // Water Pesonries. – 1986. – v. 22. № 2. – P. 121-128.

12. **Sonrell H.** ZeitgemusseBeregnung des Wasser – und Energienaufwandesbeimobilen Beregnungsmaschinen // Landtechnik. – 1991. – v. 46. – № 5. – P. 209-219.

Criteria of authorship

Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Khorin S.A. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Khorin S.A. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 05.01.2022

Approved after reviewing 21.01.2022

Accepted for publication 09.02.2022