

Повышение эффективности многоопорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом

Николай Федорович Рыжко¹, Сергей Николаевич Рыжко¹, Евгений Станиславович Смирнов¹,
Сергей Александрович Хорин², Сергей Васильевич Ботов³

¹ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», Саратовская обл., Энгельсский район, р. п. Приволжский. Россия.

²ООО «АгроТехСервис», Саратовская обл., г. Маркс, Россия.

³ООО «Наше дело», Саратовская обл., г. Маркс, Россия

e-mail: ryzhkonf@bk.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований многоопорной дождевальной машины вантовой конструкции «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом. Обоснованы параметры стального трубопровода малого диаметра 102–114 мм и полиэтиленового трубопровода диаметром 63–160 мм в зависимости от длины машины и расхода воды. Предложена схема подачи удобрительных растворов только через полиэтиленовый трубопровод и устройства приповерхностного дождевания с целью уменьшения коррозии трубопровода и конструктивных элементов машины, повышения надежности и срока службы. Представлены основные преимущества модернизированной машины вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом.

Ключевые слова: дождевальная машина; вантовая конструкция; полиэтиленовый трубопровод; гидроподкормка; низкий напор; качество полива.

Для цитирования: Рыжко Н. Ф., Рыжко С. Н., Смирнов Е. С., Хорин С. А., Ботов С. В. Повышение эффективности многоопорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 92–95. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp92-95>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Improving the efficiency of the Volga-SM multitower sprinkling machine with a polyethylene pipeline

Nikolay F. Ryzhko¹, Sergey N. Ryzhko¹, Evgeny S. Smirnov¹, Sergey A. Khorin², Sergey V. Botov³

¹Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Saratov region, Engels district Privolzhsky. Russia.

²LLC «AgroTechService», Saratov region, Marks, Russia.

³ООО «Nashe Dyelo», Saratov region, Marks, Russia.

e-mail: ryzhkonf@bk.ru

Abstract. The research results of the multi-support sprinkler of cable-stayed construction «Volga-SM» with a polyethylene pipeline are presented. The parameters of a steel pipeline of small diameter 102–114 mm and a polyethylene pipeline with a diameter of 63–160 mm are substantiated, depending on the length of the machine and water consumption. A scheme for feeding fertilizer solutions only through a polyethylene pipeline and near-surface sprinkling devices is proposed in order to reduce corrosion of the pipeline and structural elements of the machine and increase the reliability and service life. The main advantages of the modernized machines of the cable-stayed design are presented.

Keywords: sprinkler; cable-stayed structure; polyethylene pipeline; hydraulic fertilizing; low pressure; irrigation quality.

For citation: Ryzhko N. F., Ryzhko S. N., Smirnov E. S., Khorin S. A., Botov S. V. Improving the efficiency of the Volga-SM multitower sprinkling machine with a polyethylene pipe-line. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):92–95. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp92-95>.

Введение. Для выполнения Программы развития мелиоративного комплекса Российской Федерации до 2030 года [1] необходимо дальнейшее совершенствование и внедрение современных инновационных дождевальных машин отечественного производства.

С 2014 по 2021 г. в Саратовской области на площади более 60 тыс. га проведена реконструкция и введены в эксплуатацию новые орошаемые участки. Основная площадь вновь освоенных орошаемых участков поливается в основном иностранными многоопорными дождевальными машинами (ДМ) типа Zimmatic, Valley, Bauer и отечественными машинами «Каскад», «Кубань-С», «Казанка и др.

В Саратовской области продолжается эксплуатация большого количества ДМ «Фрегат» [2], что обусловлено простой конструкцией машины и использованием на ее передвижение только энергии оросительной воды.

Анализ существующих многоопорных дождевальных машин типа «Фрегат» показывает, что их отличает значительная металлоемкость и масса, высокое давление (0,5–0,7 МПа) на передвижение и полив [3], значительная коррозия трубопровода и конструктивных элементов машин при внесении удобрений и химических веществ с поливной водой, приводящая к снижению срока службы.

Для повышения эффективности использования многоопорных дождевальных машин типа «Фрегат» в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» разработана ДМ «Волга-СМ» [4, 5] с полиэтиленовым трубопроводом (см. рисунок). Машина состо-



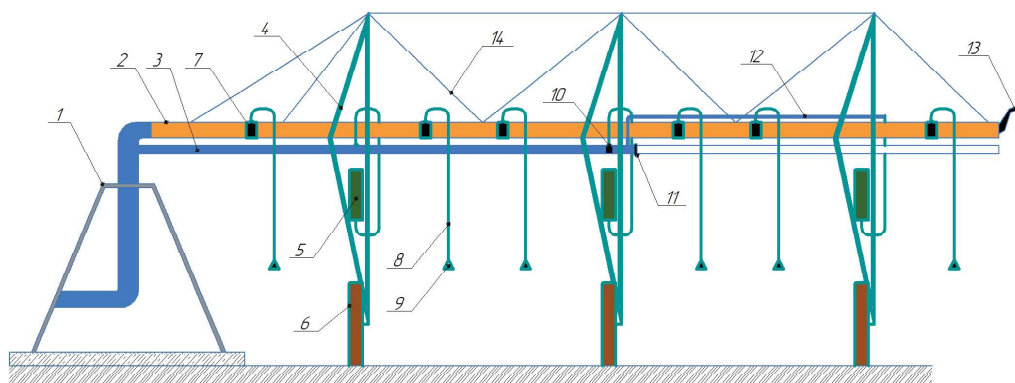


Схема дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом

ит из неподвижной опоры 1, основного полиэтиленового трубопровода 2, дополнительного стального оцинкованного трубопровода 3 малого диаметра (102–114 мм), который смонтирован на самоходных тележках 4 с гидроприводами 5.

На поворотном колене неподвижной опоры 1 смонтированы два фланца для присоединения полиэтиленового трубопровода 2 и стального трубопровода 3. Стальной трубопровод предназначен для подачи чистой воды в гидроприводы тележек, так и в полиэтиленовый трубопровод для полива и подкормки удобрениями при орошении. Поливная вода подается на поле через седелки 7, смонтированные на полиэтиленовом трубопроводе 2, и устройства приповерхностного орошения 8 с дождевальными насадками 9 со съемным дефлектором. Подача оросительной воды из стального трубопровода 3 в полиэтиленовый трубопровод 2 осуществляется через смонтированные в концевой части машины переходники 10. За предпоследней тележкой машины установлена заглушка 11, которая перекрывает подачу воды в последний пролет и консоль машины. Подача воды в гидропривод последней тележки осуществляется через полиэтиленовый трубопровод 12 малого диаметра (32 мм). В конце основного полиэтиленового трубопровода смонтирован концевой дождевальный аппарат 13.

На машине модернизированы короткие трубы, обеспечивающие подачу воды через фильтры к гидроприводам тележек. Модернизированы кронштейны крепления регуляторов скорости. Вертикальные поддерживающие тросы 14 при помощи кронштейнов крепятся к стальному оцинкованному трубопроводу.

Горизонтальные тросы трубопровода 3 обеспечивают жесткость трубопровода в горизонтальной плоскости. Полиэтиленовый трубопровод 2 прикрепляется к стальному трубопроводу 3 хомутами.

На трубопроводах 2 и 3 монтируются седелки и муфты для установки сливных клапанов. Между полиэтиленовым трубопроводом 2 и поворотным коленом, а также переходником 10 устанавливаются дисковые затворы, которые, перекрывая подачу воды, обеспечивают передвижение дождевальной машины по полю без полива. При комплектации машины реверсивным оборудованием машина сможет перемещаться как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки.

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

$$Q_{\text{дм}} = Q_{\text{пэ}} + Q_{\text{ст}}. \quad (1)$$

При расчете диаметров стального трубопровода учитывают потери напора по длине, которые определяют по формулам А.Ф. Шевелева [6]:

для полиэтиленовых труб:

$$h_i = 0,685 \frac{V^{1,774}}{d_B^{1,226}}, \quad (2)$$

для стальных труб:

$$h_i = 1,07 \frac{V^2}{d_B^{1,5}}, \quad (3)$$

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

Скорость определяют по формуле

$$V = \frac{10Q}{0,785 \cdot d_B^2}, \quad (4)$$

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

Результаты исследований. Гидравлические расчеты показывают, что для дождевальных машин «Волга-СМ» небольшой длины (типа «Фрегат-Фермер», число опорных 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).

Для дождевальных машин типа ДМУ-А (число опорных 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.



**Значения диаметров полиэтиленового и стального трубопровода вдоль ДМ «Волга-СМ»
в зависимости от длины и расхода воды машины**

Число опор, ед.	Длина машины, м	Расход воды машины, л/с	Диаметр труб трубопровода, мм		Давление на входе в машину, МПа
			полиэтиленового	стального	
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 дождевальных машин типа ДМУ-Б при увеличении числа опор от 13 до 16 ед. 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 изменяется от 114 до 102 мм (см. табл. 1).

Использование на ДМ «Волга-СМ» полиэтиленовых труб обеспечивает снижение массы пролетов. Для машин небольшой и средней длины (35–253 м), имеющих расход воды 5–38 л/с, снижение массы пролетов может достигать 92,5–300,0 % (табл. 2).

Таблица 2

**Масса пролетов и трубопроводов дождевальных машин «Волга-СМ» и «Фрегат»
в зависимости от модификации и расхода воды**

ДМ «Фрегат» (базовая)		ДМ «Волга-СМ»		Масса трубы с водой длиной 10 м, кг	
Марка машины (характеристики)	Диаметр стальной трубы, мм	Диаметры труб трубопровода, мм		ДМ «Фрегат»	ДМ «Волга-СМ»
		полиэтиленового	стального		
ДМУ-Б (16 опор, 463 м, 90 л/с)	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					
ДМУ-Б (13 опор, 379 м, 75 л/с)	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					
ДМУ-А (10 опор, 283 м, 45 л/с)	152	110 – до Т 3	114	245,7	258(+5 %)
		110 – до Т 7	108	245,7	235(–4,5 %)
		90 – до Т 11	102	245,7	194 (–26,6%)
		90 – далее	102*	245,7	119 (–200 %)
Снижение на 12 % общей массы трубопровода машины					
ДМУ-А (6 опор, 175 м, 22 л/с)	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					
ДМУ-А (3 опор, 90 м, 11 л/с)	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					

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

Для 10-опорной машины длиной 283 м с расходом воды 45 л/с снижение массы пролетов машины составляет 12 %. Для 13- и 16-опорных машин с расходом воды 75 и 90 л/с снижение массы пролетов машины составляет соответственно 9 и 3 %. Применение полиэтиленовых труб приводит к снижению стоимости трубопровода от 45 до 69 % в зависимости от длины машины [7].

Полевые исследования 12-опорной ДМ «Волга-СМ» марки ДМУ-328-50 в ОПХ «ВолжНИИГиМ» показали, что расход воды соответствует карте настройки и составляет 50 л/с при давлении 0,4 МПа (на полиэтиленовой трубе Ø 110 мм – 30 л/с и на стальной трубе Ø 108 мм – 20 л/с). При снижении давления с 0,5 МПа для аналогичной ДМ «Фрегат» до 0,4 МПа энергопотребление на полив снижается на 25 % [8]. Минимальная поливная норма при цикличности гидроцилиндра последней тележки 5 ход/мин составляет 180 м³/га.





Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены коррозии и могут эксплуатироваться 40–50 лет. Срок службы оцинкованных труб при увеличении толщины стенки до 2,0–2,5 мм также повышается (по сравнению с трубами серийной машины у которой толщина стенки 1,8 мм).

На дождевальная машина «Волга-СМ» могут использоваться дефлекторные насадки кругового и секторного полива, устанавливаемые на полиэтиленовый трубопровод, или дефлекторные насадки со съёмным дефлектором, которые устанавливаются на устройства приповерхностного орошения. Дефлекторные насадки формируют мелкокапельный дождь со средним диаметром капель 0,5–0,9 мм, что снижает энергетическое воздействие дождя на почву, уменьшает ее уплотнение и повышает норму полива до стока. Учащенная расстановка дождевателей (через 5 и 6 м) вдоль машины обеспечивает достаточное перекрытие струй и хорошую равномерность полива с коэффициентом эффективного полива на уровне 0,65–0,75.

При перекрытии дисковых затворов, установленных перед полиэтиленовым трубопроводом и перед переходниками 10, подача воды в дождеватели прекращается, и машина передвигается по полю без полива.

Внесение удобрений и химикатов с поливной водой осуществляется путем подачи концентрированного маточного раствора в полиэтиленовый трубопровод в районе поворотного колена и после переходника на предпоследней тележке при помощи агрегата ДМ-11.640 и мобильной технологической емкости. При внесении удобрений на полиэтиленовый трубопровод монтируются устройства приповерхностного дождевания, которые исключают попадание агрессивных удобрений на конструктивные узлы и детали машины, что способствует повышению срока их службы.

Дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом прошла полевые приемочные испытания, получен сертификат на ее производство. Дождевальная машина «Волга-СМ» успешно эксплуатируется в ОПХ «ВолжНИИГиМ».

Заключение. Разработана новая многоопорная дождевальная машина вантовой конструкции «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом. Установлено, что в зависимости от длины и расхода воды диаметр стального трубопровода машины должен изменяться от 102 до 114 мм, а полиэтиленовых труб – от 63 до 160 мм. Показано изменение диаметра труб вдоль трубопровода машины.

Использование полиэтиленовых труб и стальных труб малого диаметра снижает массу водопроводящего трубопровода: на 92–300 % – для машин с малым расходом воды; на 12–66 % – для машин со средним расходом; на 3–9 % – для машин с высоким расходом воды (75–90 л/с). При использовании полиэтиленовых труб стоимость трубопровода машины снижается от 45 до 69 % в зависимости от ее длины.

Разработана схема подачи удобрений и других химикатов только через полиэтиленовый трубопровод и устройства приповерхностного дождевания, что будет способствовать снижению коррозии и повышению срока службы конструктивных элементов машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/33c/33cb65f42ba0914d4b19c0859bf32c08.pdf>.
2. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2012. 40 с.
3. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин. Саратов, 2009. 176 с.
4. Дождевальная машина: пат. 178776 Рос. Федерация, МПК А01G 25/09 / Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н., Ботов С.В., Рыжко Н.В., Смирнов Е.С., Чихачев А.И.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» – № 2017135034; заявл. 04.10.2017; опубл. 19.04.2018, Бюл. № 11.
5. Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Хорин С.А. Многофункциональная дождевальная машина «Волга-СМ» и результаты исследований работы // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. науч. тр. Саратов. С. 122–129.
6. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводящих труб. М., 1984. 116 с.
7. Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Смирнов Е.С. Дождевальная машина вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса. 2018. № 2 (11). Т. 2. С. 47–50.
8. Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н. Модернизация многоопорных дождевальных машин // Вестник мелиоративной науки. 2018. Вып. 3. С. 29–34.

REFERENCES

1. State program for effective involvement in the circulation of agricultural land and development of the reclamation complex of the Russian Federation. URL.: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/33c/33cb65f42ba0914d4b19c0859bf32c08.pdf>.
2. Ryzhko N.F. Substantiation of resource-saving sprinkling and improvement of the Fregat sprinkling machine in the conditions of the Saratov Trans-Volga region. Saratov, 2012. 40 p.
3. Ryzhko N.F. Improvement of rain-forming devices for multi-bearing sprinklers. Saratov, 2009, 176 p.
4. Sprinkler machine: Pat. 178776 Ros. Federation, IPC A01G 25/09 / Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Ryzhko S.N., Botov S.V., Ryzhko N.V., Smirnov E.S., Chikhachev A.I.; applicant and patent holder FGBNU «VolzhNIIGiM». No. 2017135034; dec. 04.10.2017; publ. 04/19/2018, Bull. No. 11.
5. Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Khorin S.A. Multifunctional sprinkling machine «Volga-SM» and the results of research work. *Problems and prospects for the development of land reclamation in modern conditions*. Saratov, 122–129.
6. Shevelev F.A., Shevelev A.F. Tables for the hydraulic calculation of water pipes. Moscow, 1984. 116 p.
7. Ryzhko N.F., Shushpanov I.A., Smirnov E.S. Cable-stayed sprinkler with a polyethylene pipeline. *Innovative developments of young scientists for the development of the agro-industrial complex*. 2018; 2 (11); 2: 47–50.
8. Ryzhko N.F., Ryzhko N.V., Ryzhko S.N. Modernization of multi-bearing sprinkling machines. *Bulletin of ameliorative science*. 2018; 3: 29–34.

Статья поступила в редакцию 11.02.2022; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 11.03.2022.
The article was submitted 11.02.2022; approved after reviewing 28.02.2022; accepted for publication 11.03.2022.