УДК 631.347

DOI: 10.35809/2618-8279-2019-4-2

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

NEW TECHNICAL DEVELOPMENTS FOR SECURITY RESOURCE SAVINGS DURING IRRIGATION MULTI-SUPPORT RAINING MACHINES

Н.Ф. Рыжко, доктор технических наук,
Н.В. Рыжко,
С.Н. Рыжко,
Е.А. Шишенин

N.F. Ryzhko, doctor of technical sciences,
N.V. Ryzhko,
S.N. Ryzhko,
E.A. Shishenin

*Волжский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации*

*Volga Scientific-Research Institute of Hydraulic
Engineering and Land Reclamation*

Приведены технические решения для улучшения эксплуатации низконапорной дождевальной машины «Фрегат», обеспечивающие ее стабильную работу при низком давлении – 0,35-0,45 МПа. Доказано, что усовершенствование 12-16-опорных низконапорных дождевальных машин «Фрегат», при котором дополнительный полиэтиленовый трубопровод обеспечивает подачу воды только на гидроприводы тележек в средней и концевой части машины (1 вариант модернизации), обеспечивает стабильную работу при снижении давления на входе в машину с 0,50-0,70 до 0,36-0,41 МПа и высокую цикличность гидроцилиндра последней тележки – 4,0 ход/мин. При повышении давления на входе в машину до 0,39-0,45 МПа цикличность гидроцилиндра последней тележки увеличивается до 4,5-5,0 ход/мин. При такой модернизации стоимостные затраты по переводу дождевальных машин в низконапорный режим работы снижаются в 1,5 раза. Использование в начале и в середине машины гидроцилиндров диаметром 152 мм, которые запитываются из основного трубопровода (2 вариант модернизации), а в концевой части машины гидроцилиндров диаметром 122 мм, которые запитываются из полиэтиленового трубопровода, позволяет снизить давление на входе в машину до 0,36 МПа при цикличности гидроцилиндров 4,0 ход/мин. При давлении на входе в машину 0,39 МПа максимальная цикличность гидропривода последней тележки увеличивается до 4,5 ход/мин. Модернизация низконапорной машины повышает скорость ее передвижения в 1,2-1,4 раза, что улучшает технологичность и эффективность использования. Показано, что для повышения равномерности и качества полива дождевальной машины «Фрегат» необходимо на первых трубах каждого пролета использовать гибкие прорезиненные напорные рукава и кронштейны. Это позволит снизить силовые нагрузки на трубопровод и уменьшить число порывов прокладок.

Technical solutions for improving the operation of the «Fregat» low-pressure sprinkler, ensuring its stable operation at low pressure – 0.35-0.45 MPa are presented. Improvement of 12-16-foot low-pressure «Fregat», where an additional polyethylene pipe provides water supply only to the hydraulic drives of the carts in the middle and end of the machine, ensures stable operation with a decrease in pressure at the inlet of the machine from 0.50-0.70 to 0.36-0.41 MPa and the high cyclicity of the hydraulic cylinder of the last bogie – 4.0 strokes/min. With increasing pressure at the inlet of the machine to 0.39-0.45 MPa, the cyclicity of the hydraulic cylinder of the last truck increases to 4.5-5.0 strokes/min. The use of hydraulic cylinders with a diameter of 152 mm at the beginning and in the middle of the machine, which are fed from the main pipeline, and at the end of the machine with hydraulic cylinders with a diameter of 122 mm, which are fed from a polyethylene pipeline, can reduce the pressure at the inlet of the machine to 0.36 MPa with a cyclical cycle of 4.0 stroke/min. With a pressure at the inlet of the machine of 0.39 MPa, the maximum cyclicity of the hydraulic drive of the last bogie increases to 4.5 strokes/min. Modernization of a low-pressure machine increases its movement speed by 1.2-1.4 times, which improves manufacturability and efficiency of use. It is shown that the use of flexible rubberized pressure hoses and brackets connected by spherical fingers at the first spans pipes of sprinkling machine will reduce the number of breaks in gaskets, pipe deformations and pipe breakdowns, as well as increase the uniformity and quality of irrigation of the sprinkler.

Ключевые слова: низконапорная дождевальная машина, скорость движения, гибкий прорезиненный напорный рукав, расход воды, надежность работы, равномерность полива

Key words: low-pressure sprinkler, movement speed, flexible rubberized pressure hose, water consumption, reliability of work, watering uniformity

Введение. Стабильная и эффективная эксплуатация орошаемых участков во многом определяется технической характеристикой дождевальных машин, возможностью их работы при небольшом давлении для экономии энергетических затрат, равномерным и качественным поливом [2, 6, 7, 9].

В нашей стране многоопорные дождевальные машины занимают ведущее место в орошаемом земледелии – они обеспечивают полив до 56% орошаемой площади [5]. За период с 1985 по 1990 годы доля многоопорных дождевальных машин (ДМ) («Фрегат», «Волжанка» и «Днепр») увеличилась с 50,7 до 63,7% (таблица 1). В период реформ число ДМ «Волжанка» и «Днепр» резко сократилось, в тоже время доля ДМ «Фрегат» осталась высокой и достигла в 2014 году максимальной величины – 92%.

В настоящее время в связи с увеличением потребительского спроса на иностранные машины Zimmatic, Valley, Bauer, T-L и другие доля ДМ «Фрегат» уменьшилась, однако она по-прежнему остается высокой – 72,4%. Это обусловлено тем, что дождевальная машина «Фрегат» отличается простой конструкцией, высокой производительностью при обслуживании одним оператором 3-4 машин, невысокой стоимостью, а для ее передвижения используется только энергия оросительной воды. Но у этой дождевальной машины есть недостаток – высокая энергоемкость полива, она обусловлена тем, что давление на входе в машину составляет 0,5-0,7 МПа, а на выходе насосной станции и в закрытой сети – 0,9-1,1 МПа [6, 7]. На существующих оросительных системах Саратовской области для подачи воды к ДМ «Фрегат» на подкачивающих насосных станциях используются в основном высоконапорные агрегаты различных типов (Д, CVE и QVD) с электродвигателями большой мощности – 400-630 кВт [8].

Работы по снижению энергоемкости полива при внедрении низконапор-

ных ДМ «Фрегат» проводили во ВНИИП [10], в УкрНИИГиМ [1], РосНИИПМ [11], СтавНИИГиМ [12], ВолжНИИГиМ [3, 4, 6-9], СГАУ и других организациях.

На низконапорной ДМ «Фрегат» конструкции УкрНИИГиМ используются гидроцилиндры, диаметр которых увеличен с 122 до 152 мм, при этом скорость движения машины уменьшается в 1,6 раза. Максимальная цикличность гидроцилиндра последней тележки снижается с 5,5 до 3,3 ход/мин. Время оборота низконапорной ДМ «Фрегат» повышается с 52 до 90 часов [1].

В последние годы стали более широко внедряться низконапорные ДМ «Фрегат» с дополнительным полиэтиленовым трубопроводом [3, 4, 8, 9], стоимость которого в 1,5 раза меньше. Расчетное давление на входе такой машины при расходе воды 90 л/с составляет 0,40-0,45 МПа, при этом максимальная цикличность последней тележки увеличивается до 4,0 ход/мин. Однако в реальных условиях эксплуатации в ряде хозяйств при наличии протечек в гидроприводах тележек, вызванных износом манжет и штока клапана-распределителя, манжет гидроцилиндра, протечек в напорных рукавах и других, цикличность последней тележки снижается до 3,0-3,5 ход/мин. Это также может вызвать нестабильность работы машины и срывы поливов. Для низконапорной ДМ «Фрегат» важно, чтобы скорость движения последней тележки приближалась к скорости серийной высоконапорной машины, а максимальная цикличность гидроцилиндра последней тележки составляла 4,0-5,0 ход/мин.

При эксплуатации ДМ «Фрегат» часто наблюдаются разрывы прокладок, деформации и разрывы труб. Это вызвано как высоким рабочим давлением, так и значительными усилиями, возникающими при передвижении машины и смещении тележек. Управление скоростью движения всех промежуточных тележек происходит регулятором скорости, кото-

рый реагирует на изгиб первой трубы. В случае значительного выбегания соседней тележки вперед может произойти деформация и даже разрыв трубы и прокладки. Такие неисправности вызывают значительную неравномерность полива (норма полива больше средней в 2-3 раза), а ливневая интенсивность дождя, вызванная разрывом, приводит к разрушению почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Поэтому работы по снижению потребления электроэнергии на полив, увеличению скорости движения низконапорных ДМ «Фрегат» и повышению надежности работы водопроводящего трубопровода с целью повышения равномерности и качества полива актуальны.

Целью данных научных исследований являлась модернизация ДМ «Фрегат» для увеличения скорости ее движения и повышения надежности работы водопроводящего трубопровода в низконапорном режиме.

Материалы и методы. Испытания по эффективности модернизации ДМ «Фрегат» для работы в низконапорном режиме проводили в период с 2014 по 2019 годы на орошаемых участках Энгельсской, Приволжской и Комсомольской ОС, а также в отдельных хозяйствах, применяющих орошение, Саратовской и Волгоградской областей.

При оценке технических параметров модернизированных низконапорных ДМ «Фрегат» определяли требуемое давление на входе в машину, расход воды, давление в конце трубопровода, скорость движения и максимальную цикличность гидропривода последней тележки, норму полива и учитывали ряд других показателей [6].

Усовершенствованная дождевальная машина (рисунок 1) состоит из неподвижной опоры 1, самоходных тележек 2 с гидроприводами 3, основного стального трубопровода 4 и дополнительного полиэтиленового трубопровода 5. По 1 вариан-

Таблица 1 – Динамика дождевальных машин в РФ по годам

1985 год		1990 год		2010 год		2014 год		2016 год	
Общее количество дождевальных машин, штук									
72 241		79 249		17 059		14 000		6 000	
Количество многоопорных дождевальных машин (МДМ) (штук) и их доля (%)									
штук	доля	штук	доля	штук	доля	штук	доля	штук	доля
36 697	50,7	50 560	63,7	7 267	42,5	62 10	44,3	2 900	48,3
Количество дождевальных машин «Фрегат» (штук) и их доля (%)									
11 238	15,5	20 360	25,7	5 392	31,6	5 710	40,7	2 100	35,0
Доля дождевальных машин «Фрегат» в общем числе МДМ, %									
	30,6		40,3		74,1		92,0		72,4

Рисунок 1 – Схема модернизированной дождевальной машины

ту модернизации дождевальной машины полиэтиленовый трубопровод 5 обеспечивает подачу воды на гидроприводы 3 тележек 2 средней и концевой части машины при помощи седелок 6. Гидроприводы 3 тележек 2 в начале машины (1/3 длины машины) подключены к основному трубопроводу 4. В поворотное колено 7 неподвижной опоры 1 монтируется дисковый затвор 8. По 2 варианту модернизации машины диаметр гидроцилиндров гидроприводов тележек №3-10 увеличен до 152 мм, и они запитываются из основного трубопровода.

Подача воды в полиэтиленовый трубопровод 5 осуществляется через фильтр тонкой очистки 9, который установлен в поворотном колене 7. Для полива используются устройства приповерхностного полива 10 с дождевальными насадками 11 типа «обратный конус». Противоаварийная защита 12, установленная на последней тележке 2 машины, трубкой гидрозащиты 13 соединена с исполнительными клапанами 14 регуляторов скорости каждой промежуточной тележки 2 и краном регулирующим 15, установленным в верхней плате реле 16, которое смонтировано на гидрозадвижке 17. Вода из трубопровода 18 оросительной сети через фильтр 19 трубкой 20 подается в нижнее плато реле 16 и через тройник 21 в верхнее плато реле 16.

Первые трубы 22 пролетов снабжены кронштейнами 23 с шаровыми пальцами 24, а короткие трубы 25, смонтированные на тележках 2 – кронштейнами 26 с опорами 27, в которые устанавливаются шаровые пальцы 24. Между короткой трубой 25 и первой трубой 22 установлены прорезиненные напорные рукава 28, которые хомутами 29 соединены с трубами 22 и 25. На кронштейне 26 установлен фиксатор 30 шарового пальца 24.

Результаты и обсуждение. Испытания 16-опорной низконапорной ДМ

«Фрегат» показали, что при отсутствии протечек в гидроприводах тележек при максимальной цикличности 4,0 ход/мин расход воды на полиэтиленовом трубопроводе диаметром 63 мм составлял 4,27 л/с, потери напора по длине трубопровода – 13,63 м, а требуемое давление на входе в машину – 0,45 МПа.

Протечки через гидроприводы тележек и потери общего расхода воды через полиэтиленовый трубопровод до 4,80 л/с существенно увеличили потери напора по длине трубопровода – порядка 18,30 м и снизили цикличность гидропривода последней тележки до 3,0 ход/мин.

При подключении гидроприводов первых шести тележек к основному трубопроводу на модернизированной 16-опорной низконапорной ДМ «Фрегат» (по 1 варианту) при давлении на входе 0,45 МПа и расходе воды 90,00 л/с давление на шестой тележке составляло 0,35 МПа. Это обеспечивало стабильную работу гидроприводов на первых шести тележках. При цикличности 4,0 ход/мин расход воды на полиэтиленовом трубопроводе составлял 3,67 л/с, потери напора по длине трубопровода – 9,00 м, а требуемое давление на входе в машину – 0,41 МПа. При увеличении давления на входе в машину до 0,45 МПа максимальная цикличность гидропривода последней тележки увеличилась до 4,7 ход/мин.

Модернизация повысила скорость движения и цикличность последней тележки в 1,2-1,4 раза при работе дождевальной машины на низком давлении 0,45 МПа и приблизила ее к максимальной цикличности 5,5 ход/мин, которую имеет серийная машина при давлении 0,60-0,70 МПа.

Испытания 12-опорной низконапорной ДМ «Фрегат» показали, что при отсутствии протечек в гидроприводах тележек при максимальной цикличности

4,0 ход/мин расход воды на полиэтиленовом трубопроводе составлял 3,21 л/с, при этом потери напора по длине трубопровода были 7,30 м, а требуемое давление на входе в машину – 0,39 МПа. Наличие в гидроприводах машины протечек снизило цикличность гидропривода до 2,0-3,0 ход/мин.

После модернизации 12-опорной низконапорной ДМ «Фрегат», при которой гидроприводы первых пяти тележек подключили к основному трубопроводу, при давлении на входе в машину 0,39 МПа и расходе воды 65,00 л/с максимальная цикличность гидропривода последней тележки увеличилась с 2,0-4,0 (до модернизации) до 4,5-5,0 ход/мин.

Модернизация 16-опорной низконапорной ДМ «Фрегат» по 2 варианту с расходом воды 90,00 л/с обеспечивает устойчивую работу при давлении на входе в машину 0,39 МПа. Гидроприводы на первых десяти тележках с гидроцилиндрами 152 мм запитываются от основного трубопровода при давлении 0,39-0,27 МПа и стабильно работают.

При цикличности 4,0 ход/мин расход воды на полиэтиленовом трубопроводе составлял 2,65 л/с, при этом потери напора по длине трубопровода были 4,00 м, а требуемое давление на входе в машину – 0,36 МПа. При давлении на входе в машину 0,39 МПа максимальная цикличность гидропривода последней тележки увеличилась до 4,5 ход/мин.

Исследования показали, что в зоне разрыва прокладки или трубы норма полива и интенсивность дождя обычно выше средней в 2-3 раза. Коэффициент вариации слоя дождя на таких пролетах увеличивался с 12-25 до 50-80%. Значительная интенсивность дождя ливневого характера в зоне разрыва прокладки или трубы вызывает разрушение и уплотнение почвы, что приводит к снижению урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому

применение на первых трубах пролетов дождевальной машины гибких прорезиненных напорных рукавов повышает надежность ее работы, а также равномерность и качество полива за счет уменьшения разрывов прокладок и труб, так как изгиб на пролетах происходит на гибких рукавах, при этом силовые нагрузки на трубы при смещении тележек уменьшаются.

Заключение. Модернизация низконапорной дождевальной машины «Фрегат» обеспечивает ее стабильную работу при низком давлении – 0,35-0,45 МПа, повышает цикличность гидроцилиндра последней тележки до 4,0-5,0 ход/мин и скорость передвижения в 1,2-1,4 раза.

Использование на первых трубах пролетов гибкого прорезиненного напорного рукава и кронштейнов, соединенных шаровыми пальцами, позволяет снизить число разрывов прокладок, деформаций и поломок труб и повысить равномерность и качество полива машиной.

Библиографический список

1. Гринь, Ю.И. Совершенствование оросительных систем на основе ресурсосберегающих технологий и средств орошения: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Ю.И. Гринь. – Киев, 2000. – 50 с.
2. Мелихов, В.В. Мелиорация сельскохозяйственных земель России – стратегия и тактика системного развития / В.В. Мелихов // Орошаемое земледелие. – 2017. – №4. – С. 3-4.
3. Пат. 159184, Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Н.Ф. Рыжко, И.А. Шушпанов, А.С. Горбачев, Ю.А. Гопкалов [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВолжНИИГиМ. – Оpubл. 10.02.2016, Бюл. №4.
4. Рекомендации по снижению потребления электроэнергии при поливе многоопорными дождевальными машинами / Н.Ф. Рыжко, Н.В. Рыжко, С.Н. Рыжко, Е.С. Смирнов. – Энгельс, 2019. – 25 с.
5. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические орошения: справочник. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2015. – 264 с.
6. Рыжко, Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: дисс. ... докт. техн. наук / Н.Ф. Рыжко. – Саратов, 2012. – 356 с.
7. Рыжко, Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н.Ф. Рыжко. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2009. – 176 с.
8. Рыжко, Н.Ф. Технические решения по модернизации дождевальных машин кругового действия и результаты их внедрения / Н.Ф. Рыжко, Н.В. Рыжко, С.Н. Рыжко, Е.С. Смирнов // Орошаемое земледелие. – 2019. – №2. – С. 21-24.
9. Рыжко, Н.Ф. Экономия электроэнергии на подкачивающих насосных станциях оросительных систем Саратовской области / Н.Ф. Рыжко, С.Н. Рыжко, С.В. Ботов, С.А. Хорин [и др.] // Аграрный научный журнал Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2015. – №11. – С. 45-48.
10. Рязанцев, А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях / А.И. Рязанцев. – Рязань, 1991. – 131 с.
11. Устройство программного управления дождевальными машинами кругового действия: А. с. 1456065 СССР: МКИ А 01 G 25/16 / Н.П. Бредихин, Т.И. Ильинов. – Оpubл. 07.02.89, Бюл. №5.
12. Фокин, Б.П. Повышение эффективности полива многоопорными дождевальными машинами: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Б.П. Фокин. – Ставрополь, 2002. – 52 с.

Дополнительные сведения об авторах:

Николай Федорович Рыжко, главный научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива, volzniigim@bk.ru,

Наталья Васильевна Рыжко, старший научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива, volzniigim@bk.ru,

Сергей Николаевич Рыжко, младший научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива, volzniigim@bk.ru,

Евгений Александрович Шишенин, младший научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива, volzniigim@bk.ru

Bibliographic list

1. Grin, Yu.I. Improvement of irrigation systems based on resource-saving technologies and irrigation means: author. dis. ... doct. tech. sciences / Yu.I. Grin. – Kiev, 2000. – 50 p.
2. Melikhov, V.V. Land reclamation of agricultural lands of Russia – strategy and tactics of system development / V.V. Melikhov // Irrigated agriculture. – 2017. – No.4. – P. 3-4.
3. Patent 159184, Russian Federation, A 01G 25/09. Sprinkler / N.F. Ryzhko, I.A. Shushpanov, A.S. Gorbachev, Yu.A. Gopkalov [et al.]; applicant and patent holder FGBSI VolzhNIIGiM. – Publ. on 10.02.2016, Bull. No.4.
4. Recommendations for reducing electricity consumption during irrigation with multi-support sprinkler machines / N.F. Ryzhko, N.V. Ryzhko, S.N. Ryzhko, E.S. Smirnov. – Engels, 2019. – 25 p.
5. Resource-saving energy-efficient environmentally friendly technologies and technical irrigation: a reference book. – M.: FSINI Rosinformagroteh, 2015. – 264 p.
6. Ryzhko, N.F. Substantiation of resource-saving sprinkling and the perfection of sprinkler «Fregat» in the conditions of the Saratov Volga region: the dis. from the doct. of tech. sciences. / N.F. Ryzhko. – Saratov, 2012. – 356 p.
7. Ryzhko, N.F. The perfection of rain-forming devices for multi-support sprinklers / N.F. Ryzhko. – Saratov: FSEI HPE Saratov State Agricultural Academy, 2009. – 176 p.
8. Ryzhko, N.F. Technical solutions for the modernization of circular irrigation machines and the results of their implementation / N.F. Ryzhko, N.V. Ryzhko, S.N. Ryzhko, E.S. Smirnov // Irrigated agriculture. – 2019. – No.2. – P. 21-24.
9. Ryzhko, N.F. Energy Saving at Booster Pump Stations of Irrigation Systems in the Saratov Region / N.F. Ryzhko, S.N. Ryzhko, S.V. Botov, S.A. Khorin [et al.] // Agrarian scientific journal of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova. – 2015. – No.11. – P. 45-48.
10. Ryazantsev, A.I. Mechanization of irrigation with wide-angle sprinkling machines of circular action in difficult conditions / A.I. Ryazantsev. – Ryazan, 1991. – 131 p.
11. Device control software sprinkling machines circular action: A. p. 1456065 USSR: MKI A 01 G 25/16 / N.P. Bredikhin, T.I. Ilyinov. – Publ. 02.07.89, Bull. No. 5.
12. Fokin, B.P. Improving the efficiency of irrigation with multi-support sprinkler machines: author. dis. ... doctor. tech. sciences / B.P. Fokin. – Stavropol, 2002. – 52 p.

Additional information about the authors:

Nikolay Fedorovich Ryzhko, chief researcher of department of modernization of technical equipment and irrigation technology, volzniigim@bk.ru,

Natalia Vasilyevna Ryzhko, senior researching of department of modernization of technical equipment and irrigation technology, volzniigim@bk.ru,

Sergey Nikolaevich Ryzhko, junior researcher of department of modernization of technical equipment and irrigation technology, volzniigim@bk.ru,

Evgeny Aleksandrovich Shisheni, junior researcher of department of modernization of technical equipment and irrigation technology, volzniigim@bk.ru