

УДК 631.347

# ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

## TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE MODERNIZATION OF RAILWAY MACHINES OF THE CIRCULAR ACTION AND THE RESULTS OF THEIR IMPLEMENTATION

**Н.Ф. Рыжко**, доктор технических наук,  
**Н.В. Рыжко**,  
**С.Н. Рыжко**,  
**Е.С. Смирнов**

**N.F. Ryzhko**, doctor of technical sciences,  
**N.V. Ryzhko**,  
**S.N. Ryzhko**,  
**E.S. Smirnov**

*Волжский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации*

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

Показана модернизация низконапорных дождевальных машин «Фрегат», обеспечивающая регулирование расхода воды и повышение надежности работы. Разработанная низконапорная машина с дополнительным полиэтиленовым трубопроводом снижает давление на входе с 0,50-0,70 МПа до 0,37-0,43 МПа, при этом ее максимальная скорость передвижения выше и приближается по своему значению к скорости высоконапорных машин. Определены основные направления снижения потребления электроэнергии на насосных станциях, в том числе путем применения низконапорных дождевальных машин, оптимизации режима работы насосных агрегатов, использования низконапорных и разменных агрегатов. Показана высокая эффективность внедрения низконапорных дождевальных машин «Фрегат» при индивидуальной и групповой эксплуатации с различными типами насосных агрегатов, работающих в оптимальном режиме и при правильном выборе режима работы машин. Применение низконапорных дождевальных машин «Фрегат» на орошаемых участках с серийными насосными агрегатами увеличивает число одновременно работающих машин, сокращает продолжительность полива орошаемого участка, повышает расход воды насосной станции и дневную выработку операторов. Для экономии энергетических затрат на полив необходимо определять оптимальную последовательность включения дождевальных машин на орошаемых участках. Низконапорный режим работы дождевальных машин повышает надежность работы закрытой оросительной сети и снижает затраты электроэнергии на полив.

Low-pressure Sprinkling Machine «Fregat» modernization, which provides water consumption regulation and increasing the reliability of operating was presented. The developed low-pressure machine with an additional polyethylene pipeline reduces the inlet pressure from 0,5-0,7 MPa to 0,37-0,43 MPa, while its maximum movement speed increases and approaches the values of high-pressure machines. The main directions of reducing electricity consumption at pumping stations, including through the use of low-pressure sprinkler machines, optimization of the operating mode of pumping units, the use of low-pressure and replacement units. The effectiveness of introduction of low-pressure sprinkling machines while individual or group operation with different types of pump units working at optimal mode and with correct machine operating mode was presented. The application of the Fregat low-pressure irrigation machines on irrigated plots with serial pumping units increases the number of simultaneously operating machines, shortens the irrigation area, increases the water consumption of the pumping station and the daily production of operators. To save energy costs for irrigation, it is necessary to determine the optimal sequence of switching on sprinkling machines in irrigated areas. Low pressure sprinkler mode increases the reliability of the closed irrigation network and reduces the cost of electricity for irrigation.

**Ключевые слова:** низконапорная дождевальная машина, оптимальный режим работы, насосный агрегат, расход воды, энергосбережение, насосная станция

**Key words:** low-pressure sprinkling machine, optimal mode of operation, pump unit, water flow, energy saving, pumping station

**Введение.** Орошение земель является гарантом получения стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур и устойчивого развития агропромышленного комплекса. Оно особенно актуально для территорий с нестабильными и неблагоприятными природно-климатическими условиями. В нашей стране до 80% пахотных земель находятся в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения почв [1].

В настоящее время многоопорные дождевальные машины (ДМ) кругового действия отечественного производства типа «Фрегат», «Кубань-ЛК», «Каскад», «Орсис» и импортного Zimmatic, Valley, Bauer, T-L являются наиболее передовыми разработками в области мелиорации, так как их отличает высокие надежность и производительность в работе. К основным достоинствам таких машин относятся круглосуточный полив в автоматическом режиме, простота конструкции, высокая производительность при обслуживании одним оператором 3-4 машин, значительный срок службы. Однако энергоемкость полива машин «Фрегат» высокая, это вызвано 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 [2, 3].

В частности, на существующих оросительных системах Саратовской области для подачи воды к ДМ «Фрегат» на подкачивающих насосных станциях применяют в основном высоконапорные агрегаты различных типов (Д, CVE и QVD) с электродвигателями большой

мощности 400-630 квт. Энергоемкость подачи 1000 м<sup>3</sup> воды для большинства насосных станций Саратовской области, где для полива используют ДМ «Фрегат», большая и находится в пределах 470-680 кВт·ч [4]. Поэтому работа по снижению потребления электроэнергии на орошение такими дождевальными машинами является актуальной. Особенно если принять во внимание тот факт, что в мелиоративном комплексе Российской Федерации дождевальная машина «Фрегат» по-прежнему остается самой массовой: из всех применяемых для орошения дождевальных машин в стране на ее долю приходится 41%, а в Саратовской области – более 79%.

Основными способами экономии электроэнергии на существующих подкачивающих насосных станциях является перевод дождевальных машин на низконапорный режим работы, оптимизация режима работы насосных агрегатов с максимальным КПД и внедрение малоэнергоёмких и разменных насосов.

Для снижения потребления электроэнергии на полив в первую очередь необходимо использовать низконапорные дождевальные машины. В этой связи целью опытного эксперимента являлась модернизация дождевальной машины «Фрегат» для возможности ее использования в низконапорном режиме.

**Материалы и методы.** Исследования по эффективности работы дождевальной машины «Фрегат» при переоборудовании ее на низконапорный режим работы и при оптимизации режима работы на-

сосных агрегатов и модернизации насосных станций проводили в период с 2014 по 2018 годы на орошаемых участках Энгельсской, Приволжской и Комсомольской оросительных систем (ОС), а также на отдельных орошаемых полях хозяйств 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 последней тележки, норму полива.

При оценке технических параметров полива орошаемого участка после модернизации определяли давление на выходе насосной станции, число одновременно работающих машин, расход воды насосной станции, дневную производительность при групповой эксплуатации машин, время полива орошаемого участка, затраты электроэнергии на полив. [3].

Модернизация высоконапорных ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работы заключалась в том, что вдоль основного трубопровода машины монтировали дополнительный полиэтиленовый трубопровод (патент № 159184), обеспечивающий подачу оросительной воды в гидроприводы тележек [5]. Подачу воды в гидроприводы от полиэтиленовой трубы производили через седёлки.

**Результаты и обсуждение.** Результаты полевых исследований доказали, что применение дополнительного полиэтиленового трубопровода диаметром



Таблица 1 – Характеристика работы насосной станции ПНС-2 и насосных агрегатов (НА) до и после модернизации ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работы

Год	Показатель эксплуатации насосной станции и низконапорных ДМ «Фрегат»				
	продолжительность полива участка, дн.	количество часов, отработанных НА на насосной станции, ч.	количество одновременно работающих ДМ от количества НА, ед.	максимальный расход насосной станции, л/с	максимальная суточная выработка ДМ, га
2015	16-18	462	7-8 от 2	600-650	56-60
2016	11-12	370	10 от 2	680-720	75-80
2017	10 6,5-7,0	347 297-299	10 от 2 14-15 от 3	680-720 1 050-1 110	75-80 110-140
2018	10 6,7- 8,0	344 267-271	10 от 2 14-15 от 3	680-720 1 050-1 110	75-80 110-130

Таблица 2 – Эффективность использования энергосберегающих дождевальных машин, малоэнергоёмких насосных агрегатов и оптимального режима работы

Насосная станция	Наименование хозяйства	Тип насоса (Дождевальная машина)	Затраты электроэнергии, кВт·ч	Отработано мото/ч.	Объем поданной воды, тыс. м <sup>3</sup>	Затрачено кВт·ч на 1000 м <sup>3</sup>
НС-436	ЗАО ПЗ «Мелиоратор»	Д 1250/125 («Фрегат»)	771 539	1 337	1 671,25	461
НС-А	ЗАО «АФ «Волга»	Д 1250/125 («Фрегат»)	1 647 434	2 003	2 503,75	658
ПНС-5	ООО «Наше дело»	250 CVA 460 («Фрегат»)	779 328	2 238	1 656,12	470
НС-43а	ЗАО ПЗ «Мелиоратор»	Д 1250/125 («Фрегат» + Zimmatic)	1 263 651	2 064	2 580,00	489
НС-1	ИП Крючков	Д 1250/125 (T-L + «Фрегат»)	515 540	1 152	1 041,50	495
НС-2	ООО «Наше дело»	Д 1250/125 («Фрегат»)	756 630	1 204	1 688,90	448
ПНС-4	ООО «Наше дело»	1 Д 1250/63 («Фрегат-Н» + Valley)	474 326	1 573	1 966,25	241
БКНС	ЗАО «АФ «Волга»	1 Д 1250/63 (Zimmatic)	343 632	1 388	1 735,00	198

63 мм позволило снизить давление на входе в ДМ «Фрегат» в зависимости от модификации от 0,56-0,60 до 0,37-0,43 МПа или в 1,4-1,5 раза.

Опытный эксперимент показал, что у низконапорных ДМ «Фрегат» с полиэтиленовым трубопроводом цикличность гидропривода последней тележки увеличилась с 3,3 (низконапорная машина конструкции УкрНИИГиМ) до 4,5-5,0 ход/мин, при этом время полива и минимальная поливная норма были близки к значениям этих показателей серийной высоконапорной машины.

Эффективность групповой эксплуатации низконапорных ДМ «Фрегат» при рациональной последовательности их включения на орошаемом участке, а также при оптимизации режима работы насосных агрегатов была подтверждена при эксплуатации ПНС-2 Энгельсской ОС в ООО «Наше дело». В этом хозяйстве из 20 дождевальных машин «Фрегат» 10 наиболее удаленных (с большим количе-

ством опорных тележек – 14-16 шт. и расходом воды 80-90 л/с) были переведены для работы на низком давлении.

Внедрение низконапорных ДМ «Фрегат» позволило увеличить число одновременно работающих машин. Так, если до модернизации два насосных агрегата на ПНС-2 обеспечивали одновременную работу только 7-8 машин, то после перевода ДМ «Фрегат» на низкое давление количество одновременно поливающих машин возросло до 10 единиц (таблица 1).

При этом продолжительность полива всего орошаемого участка 20-тью дождевальными машинами снизилась с 16-18 до 10 дней при работе двух насосов и до 6,5-7 дней при одновременной работе трех насосов в период, когда полив одновременно осуществляли 14-15 ДМ «Фрегат». Продолжительность работы насосных агрегатов для полива орошаемого участка сократилась с 462 до 344-347 часов при одновременной работе двух насосных агрегатов и до 267-271 часа – при

одновременной работе трех насосных агрегатов.

Максимальный расход воды при работе двух насосных агрегатов увеличился с 630 до 700-720 л/с и до 1 050-1 110 л/с – при работе трех насосных агрегатов.

Стоимость одного полива орошаемого участка площадью 917 га 20-тью дождевальными машинами «Фрегат» за поливной сезон 2016 года в среднем составила 1 040,0 тыс. рублей. Экономия затрат на один полив от снижения времени работы насосных агрегатов с 462 до 370 часов была 260 тыс. рублей или более 1,0 млн рублей за сезон (4 полива). При сокращении продолжительности работы насосных агрегатов в течение полива до 299 часов экономия электроэнергии составит порядка 375 тыс. рублей или 1,5 млн рублей за сезон (4 полива).

Значительное энергосбережение было получено при внедрении низконапорных ДМ «Фрегат», Valley и малоэнергоёмких насосов типа Д 1250-65 на ПНС-4



Комсомольской ОС в ООО «Наше дело». Орошение участка этого хозяйства площадью 868 га осуществляли с помощью 6 низконапорных ДМ «Фрегат» и 8 ДМ Valley. В результате проведенной модернизации удельные затраты на подачу 1000 м<sup>3</sup> были снижены с 470-658 до 241 кВт·ч, то есть в 1,9-2,7 раза (таблица 2).

При подаче 1000 м<sup>3</sup> воды высоконапорными ДМ «Фрегат» затраты электроэнергии составили 461-658 кВт·ч.

В ОПХ «Красный боец» в качестве разменных насосов использовали два насоса 150-CVE-350, которые обеспечивали подачу воды на одну или две 12-опорные ДМ «Фрегат», а основной насос 250-QVD-570 включали при одновременной работе 3-5 машин. Результаты полевого эксперимента показали, что затраты электроэнергии на полив при использовании разменных насосов снизились с 452-722 до 352 кВт·ч.

В ОПХ «ВолжНИИГиМ» для экономии электроэнергии на полив на насосной станции были смонтированы различные насосы (СПС-70/80 – 2 шт., СПС-100/100 – 1 шт. и СПС-200/50 – 1 шт.) с различным расходом воды. В зависимости от необходимости полива и числа одновременно

работающих машин можно было включать различные насосные агрегаты. При эксплуатации насосов в оптимальном режиме энергетические затраты на полив снизились до 280-320 кВт·ч.

Более существенная экономия электроэнергии – 198 кВт·ч на 1000 м<sup>3</sup> была получена на Приволжской ОС в ЗАО «АФ «Волга» при внедрении энергосберегающих ДМ Zimmatic и малоэнергоёмких насосов типа Д 1250-65 с частотным ре-

гулированием оборотов электродвигателя.

В ЗАО «ПЗ «Мелиоратор» при неоптимальном режиме работы насосных агрегатов на НС-43а, где полив осуществляли с помощью ДМ «Фрегат» и низконапорных ДМ Zimmatic, экономия затрат электроэнергии на полив была незначительная. В итоге годовые затраты на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды остались высокими – 489 кВт·ч.

**Заключение.** Групповое внедрение низконапорных ДМ «Фрегат» на орошаемых участках как отдельно, так и совместно с электрифицированными машинами фирменной конструкции, и оптимальный режим работы насосных агрегатов, а также регулировка расхода воды дождевальных машин за счет увеличения числа одновременно работающих машин, позволяют снизить время полива орошаемого участка, повысить расход воды насосной станции, увеличить дневную выработку операторов и существенно уменьшить затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды (с 560-680 кВт·ч до 350-450 кВт·ч, или на 18-45%).

Для уменьшения затрат электроэнергии на полив необходимо использовать разменные насосы, которые позволяют уменьшить затраты на полив при индивидуальной работе дождевальных машин в весенний и осенний периоды, а также при завершении цикла летних поливов.

Внедрение на насосной станции малоэнергоёмких насосов типа Д 1250-63, а также использование частотного регулирования оборотов электродвигателя позволяют снизить затраты электроэнергии на полив (до 241 кВт·ч, или в 1,7-2,7 раза и до 198 кВт·ч, или в 2,8 раза соответственно).

#### Библиографический список

1. Мелихов, В.В. Мелиорация сельскохозяйственных земель России – стратегия и тактика системного развития / В.В. Мелихов // Орошаемое земледелие. – 2017. – №4. – С. 3-4.
2. Рыжко, Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н.Ф. Рыжко. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. – 176 с.
3. Рыжко, Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: дисс. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук / Николай Федорович Рыжко. – Саратов, 2012. – 356 с.
4. 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, М.С. Органов // Аграрный научный журнал Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2015. – №11. – С. 45-48.
5. Пат. 159184 Российская Федерация, А О1G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф. и др. заявитель и патентообладатель: ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». – Опубл. 10.02.16 г., Бюл. №4.

#### Bibliographic list

1. Melikhov, V.V. Land reclamation of agricultural lands of Russia – strategy and tactics of system development / V.V. Melikhov // Irrigated agriculture. – 2017. – №4. – P. 3-4.
2. Ryzhko, N.F. The perfection of rain-forming devices for multi-support sprinklers / N.F. Ryzhko. – Saratov: FSEIHPE «Saratov State Agricultural Academy», 2009. – 176 p.
3. Ryzhko, N.F. Substantiation of resource-saving sprinkling and the perfection of sprinkler «Fregat» in the conditions of the Saratov Volga region: the diss. on the competition uch. step. Dr. of techn. Science / Nikolay Fedorovich Ryzhko. – Saratov, 2012. – 356 p.
4. Ryzhko, N.F. Electricity saving at the pumping stations of irrigation systems of the Saratov Region / N.F. Ryzhko, S.N. Ryzhko, S.V. Botov, S.A. Horin, M.S. Organov // Agrarian Scientific Journal of Saratov State University named after N.I. Vavilov. – Saratov: FSEI HPE «Saratov State University of Economics», 2015. – №11. – P. 45-48.
5. Pat. 159184, Russian Federation, A O1G 25/09. Sprinkler / Ryzhko N.F. and other applicant and patent holder: FGBSI «VolzhNIIGiM». – Publ. on 10.02.2016, Bul. №4.

#### 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,

**Сергей Николаевич Рыжко**, младший научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива,

**Евгений Станиславович Смирнов**, младший научный сотрудник отдела модернизации технических средств и технологии полива

#### Additional information about the authors:

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

**Natalya Vasilyevna Ryzhko**, senior researching, department of modernization of technical equipment and irrigation technology,

**Sergey Nikolaevich Ryzhko**, junior researcher department of modernization of technical equipment and irrigation technology,

**Evgeny Stanislavovich Smirnov**, junior researcher department of modernization of technical equipment and irrigation technology