

## АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья  
УДК 631.347

### Снижение потребления электроэнергии на насосных станциях Саратовской области при поливе дождеванием

Николай Федорович Рыжко<sup>1</sup>, Сергей Николаевич Рыжко<sup>2</sup>,  
Евгений Александрович Шишенин<sup>3</sup>, Евгений Станиславович  
Смирнов<sup>4</sup>, Сергей Александрович Хорин<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,  
Российская Федерация

<sup>5</sup>АгроТехСервис, Маркс, Российская Федерация

<sup>1</sup>ryzhonf@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>

<sup>2</sup>ryzhonf@bk.ru

<sup>3</sup>Shishenin95@icloud.com

<sup>4</sup>smirnovj47@mail.ru

<sup>5</sup>horin555@yandex.ru

**Аннотация.** Цель: провести анализ эксплуатации орошаемых участков Саратовской области с различными дождевальными машинами и насосными агрегатами, оценить энергетические затраты на полив, а также определить способы экономии электроэнергии на полив. **Материалы и методы:** исследования энергоёмкости полива проводились на различных орошаемых участках Саратовской области, имеющих различные технические характеристики дождевальных машин, насосных агрегатов и трубопроводов закрытой оросительной сети. **Результаты.** В статье показана важность снижения энергетических затрат на насосных станциях при поливе дождевальными машинами. В результате исследований выделены пять различных групп орошаемых участков, которые отличаются по величине энергетических затрат на полив дождеванием. Различие групп обусловлено применением на насосных станциях высоконапорных, средненапорных и низконапорных насосов, а также частотного регулирования оборотов электродвигателей и использованием как высоконапорных, так и низконапорных дождевальных машин. Установлено, что максимальные энергетические затраты 475–650 кВт·ч на подачу 1000 куб. м воды имеют высоконапорные насосы, подающие воду на полив для серийных дождевальных машин «Фрегат». Модернизация машин «Фрегат» на низкий напор или внедрение энергосберегающих электрифицированных машин со средненапорными насосами снижают затраты до 333 кВт·ч, а с низконапорными насосами до 240 кВт·ч. **Выводы.** Установлено, что минимальные затраты на полив составляют 198–218 кВт·ч на насосных станциях с низконапорными насосами и оборудованием для частотного регулирования оборотов электродвигателей с целью поддержания требуемого давления и подающих воду на низконапорные дождевальные машины. Затраты электроэнергии в этом случае снижаются в 2,1–2,3 раза по сравнению с высоконапорными насосами.

**Ключевые слова:** насосная станция, насосный агрегат, мощность электродвигателя, низконапорная дождевальная машина, затраты электроэнергии, количество работающих машин, экономия электроэнергии

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

**Для цитирования:** Снижение потребления электроэнергии на насосных станциях



Саратовской области при поливе дождеванием / Н. Ф. РЫЖКО, С. Н. РЫЖКО, Е. А. ШИШЕНИН, Е. С. Смирнов, С. А. Хорин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 205–220.

## CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

### Reducing electricity consumption at pumping stations with sprinkler irrigation in Saratov Region

Nikolay F. Ryzhko<sup>1</sup>, Sergey N. Ryzhko<sup>2</sup>, Evgeny A. Shishenin<sup>3</sup>,  
Evgeny S. Smirnov<sup>4</sup>, Sergey A. Horin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,  
Russian Federation

<sup>5</sup>AgroTechServise, Marks, Russian Federation

<sup>1</sup>ryzhonf@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>

<sup>2</sup>ryzhonf@bk.ru

<sup>3</sup>Shishenin95@icloud.com

<sup>4</sup>smirnovj47@mail.ru

<sup>5</sup>horin555@yandex.ru

**Abstract. Purpose:** to analyze the exploitation of irrigated areas of Saratov region with various sprinkler machines and pumping units, to estimate the energy costs for irrigation, and to determine the ways to save electricity for irrigation. **Materials and methods:** studies of the energy intensity of irrigation were carried out on various irrigated areas of Saratov region with different technical characteristics of sprinkler machines, pumping units and closed irrigation network pipelines. **Results.** The article shows the importance of reducing energy costs at pumping stations when irrigating with sprinkler machines. As a result of the research, five different groups of irrigated areas which differ in the amount of energy costs for sprinkler irrigation were identified. The difference in groups is due to the use of high-head, medium-head and low-head pumps at pumping stations, as well as frequency regulation of electric motor revolutions and the use of both high-head and low-head sprinklers. It has been determined that the maximum energy costs of 475–650 kWh for supplying 1000 cubic meters of water are found in high-head pumps supplying water for irrigation for serial sprinkler machines “Fregat”. Modernization of “Fregat” machines for low head or introduction of energy-saving electrified machines with medium-head pumps reduce costs to 333 kWh, and with low-pressure pumps to 240 kWh. **Conclusions.** It has been determined that the minimum costs for irrigation are 198–218 kWh at pumping stations with low-head pumps and equipment for frequency regulation of electric motor revolutions in order to maintain the required pressure and supply water to low-head sprinkler machines. In this case, energy costs are reduced by 2.1–2.3 times compared to high-head pumps.

**Keywords:** pumping station, pumping unit, electric motor power, low-head sprinkler machine, energy costs, number of operating machines, energy savings

**Evaluation of the research results:** the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

**For citation:** Ryzhko N. F., Ryzhko S. N., Shishenin E. A., Smirnov E. S., Horin S. A. Reducing electricity consumption at pumping stations with sprinkler irrigation in Saratov Region. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2):205–220. (In Russ.).

**Введение.** Насосные станции мелиоративного комплекса Саратовской области, построенные в 70–80 гг. прошлого столетия, были рассчитаны на работу с высоконапорными дождевальными машинами (ДМ) типа «Фрегат», «Днепр» и «Волжанка», и поэтому комплектовались высокоэнергоёмкими насосными агрегатами типа Д1250-125 с электродвигателями мощностью 630 кВт, QVD и CVE с электродвигателями мощностью 400 кВт [1, 2]. Давление на насосной станции поддерживалось в основном на уровне 1,0 МПа, при этом затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды при оптимальном режиме работы насоса Д1250-125 составляли 475 кВт·ч, а при снижении расхода воды затраты увеличиваются до 500–650 кВт·ч [3]. Неоптимальный режим работы насоса зачастую вызван тем, что при неточной настройке ДМ «Фрегат» на требуемый расход воды нельзя включить проектное число одновременно работающих машин, так как на удаленные машины давления не хватало для нормального их передвижения [4]. Например, насос Д1250-125 вместо четырех или пяти одновременно работающих машин «Фрегат» зачастую эксплуатируется с двумя или тремя машинами, в неоптимальном режиме [5].

Потребляемая мощность ( $N$ , кВт) на подачу воды насосным агрегатом определяется по формуле К. П. Вишневого [6]:

$$N = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta_n \cdot \eta_s},$$

где  $Q$  – расход воды насоса, л/с;

$H$  – напор на выходе насоса, м вод. ст.;

102 – переводной коэффициент;

$\eta_n$  и  $\eta_s$  – КПД насоса и электродвигателя.

Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды определяются в основном напором на выходе насоса (К. П. Вишневский [6] и др. [7–9]) и рассчитываются по формуле, кВт·ч/1000 м<sup>3</sup>:

$$N_{y\partial} = \frac{0,0272H}{\eta_n \cdot \eta_\varepsilon}. \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что основной способ экономии электроэнергии на существующих подкачивающих насосных станциях – перевод дождевальных машин на низкий напор, оптимизация режима работы насосных агрегатов с максимальным КПД и внедрение малоэнергоёмких и разменных насосов.

Основными элементами орошаемых участков являются дождевальные машины, трубопроводы закрытой оросительной сети и насосные агрегаты. Экономный режим эксплуатации возможен, если все эти элементы орошаемого участка имеют оптимальные параметры и обеспечивают эффективную работу на низком напоре [2–5, 9].

Цель работы – провести анализ эксплуатации орошаемых участков Саратовской области с различными дождевальными машинами и насосными агрегатами и оценить энергетические затраты на полив, а также определить способы экономии электроэнергии на полив.

**Методология и методика.** Исследования проводились на различных орошаемых участках Саратовской области на дождевальных машинах, насосных агрегатах и трубопроводах закрытой оросительной сети, имеющих различные технические характеристики. Полевые исследования включали изучение технических, эксплуатационных, агротехнических и энергетических характеристик полива по СТО АИСТ 11.1-2010<sup>1</sup>.

**Результаты исследований.** О важности работ по снижению энергоёмкости полива при поливе дождеванием говорит тот факт, что они проводятся как самими собственниками дождевальных машин, так и управлениями мелиорации, которые обслуживают оросительные каналы и насос-

---

<sup>1</sup>СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. Введ. 2011-04-15. М., 2012. 53 с.

ные станции. Для снижения потребления электроэнергии на полив и увеличения числа одновременно работающих машин орошаемые хозяйства проводят работы по модернизации дождевальных машин на низконапорный режим работы, настройки их на требуемый расход воды и качественный полив, проводят реконструкцию закрытой оросительной сети, а также замену высоконапорных насосов низконапорными.

Например, ООО «Наше дело» на Комсомольской оросительной системе (ОС) на насосных станциях № 4 и 4а провело замену высоконапорных насосов QVD с электродвигателями мощностью 400 кВт низконапорными насосами Д1250-63 с электродвигателями мощностью 315 кВт. Одновременно здесь выполнена модернизация ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работы и внедрены электрифицированные низконапорные дождевальные машины «Каскад» и Valley.

Большую работу по энергосбережению на полив в Саратовской области проводит ООО «Агроинвест», которое обеспечило закупку электрифицированных низконапорных дождевальных машины «Каскад» и Zimmatic и проводит строительство новых и реконструкцию существующих насосных станций.

На Приволжской ОС были поставлены низконапорные электрифицированные дождевальные машины, построена насосная станция БКНС № 3, проведена реконструкция насосных станций № 10, 21, 22 и др. с установкой новых низконапорных насосов типа Д1250-63 и «Грундфос».

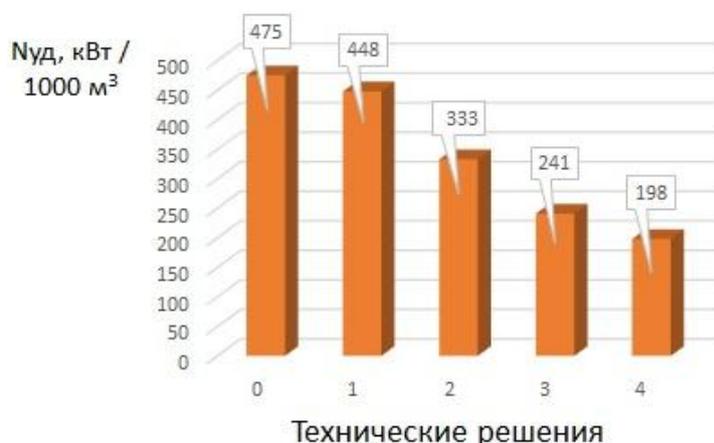
Управление «Саратовмелиоводхоз» проводит большие объемы работы как по реконструкции существующих насосных станций (НС № 2, 3 и 4 Энгельсской ОС им. Ю. А. Гагарина), так и по строительству новых насосных станций (НС № 41 и 42 Приволжской ОС).

Большой вклад в перевооружение ОС вносят собственники орошаемых участков, такие как ООО «Агрофос» на Приволжской ОС, ООО «Воскресенское» на Энгельсской ОС и др.

В последние годы наметилась тенденция к строительству локальных орошаемых участков за счет средств собственников земли, которые вводят новые площади полива с современными электрифицированными низконапорными дождевальными машинами и новыми энергосберегающими насосными станциями. В качестве примера можно отметить ООО «Студенческое», ООО «Рубеж», ОАО «Сельхозтехника», ООО «Азимут» и др.

На основании проведенных исследований различных орошаемых участков в Саратовской области определены пять основных групп технических решений, которые отличаются по энергоемкости полива, набором насосных агрегатов (высоко-, средне- и низконапорные) и дождевальных машин с различным давлением на входе.

В нулевую группу (рисунок 1) с самым высокоэнергоемким поливом можно отнести насосные станции НС-А и НС «Роса» Приволжской ОС, где на орошаемых участках продолжают эксплуатироваться серийные ДМ «Фрегат». Здесь используются высоконапорные насосы Д1250-125 с высокоэнергоемкими электродвигателями 630 и 500 кВт, на насосной станции поддерживается давление 1,0–1,1 МПа, а удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды достигают 475–650 кВт·ч (таблица 1, рисунок 1).



**Рисунок 1 – Затраты электроэнергии на подачу воды в зависимости от особенностей орошаемого участка и насосной станции (технические решения от нулевого до четвертого)**

**Figure 1 – Electricity costs for water supply depending on the features of the irrigated area and the pumping station (technical solutions from zero to the fourth)**

**Таблица 1 – Затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды  
серийным дождевальным машинам «Фрегат»  
высоконапорными насосами**

**Table 1 – Electricity costs for supplying 1000 m<sup>3</sup> of water to serial irrigation  
machines Fregat with high-head pumps**

Насосная станция	Марка насоса	Мощность электродвигателя, кВт	Марка дождевальной машины	Давление на выходе насоса, МПа	$N_{уд}$ , кВт·ч/1000 м <sup>3</sup>
НС-А	Д1250-125	630	«Фрегат»	1,0	475–650
НС «Роса»	Д1250-125	500	«Фрегат»	1,1	475–650

На таких орошаемых участках необходима модернизация ДМ «Фрегат» для работы на низком напоре или установка новых электрифицированных дождевальных машин, а также замена высокоэнергоемких насосов малоэнергоемкими.

Недостаток финансовых средств в хозяйствах не позволяет выполнить весь комплекс работ по энергосбережению. Начинаются работы, как правило, с модернизации дождевальных машин. Это техническое решение первой группы (см. рисунок 1). На насосных станциях НС № 2 и 4 Энгельсской ОС, где проведена частичная модернизация высоконапорных дождевальных машин «Фрегат» большой длины на низконапорный режим работы и увеличено число одновременно работающих машин (таблица 2, рисунок 1), затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды снижены до 448 кВт·ч. Число одновременно работающих машин от двух насосов Д1250-125 увеличивается с 7–8 до 10–11 ед., а время полива орошаемого участка сокращается с 16–18 до 11–12 дней (таблица 2). Экономия электроэнергии на полив 6–20 %.

Аналогичная работа по модернизации высокоэнергоемких дождевальных машин «Фрегат» проведена на орошаемом участке НС № 38 ООО «Росагро-Заволжье» в Краснокутском районе, она позволила увеличить число одновременно работающих машин с 3 до 4 ед. от одного изношенного насосного агрегата Д1250-125 (таблица 3).

**Таблица 2 – Характеристики работы насосной станции НС-2 и насосных агрегатов Д1250-125 до (2015 г.) и после (2018 г.) модернизации дождевальных машин «Фрегат» на низконапорный режим работы в ООО «Наше дело»**

**Table 2 – Operating characteristics of the NS-2 pumping station and D1250-125 pumping units before (2015) and after (2018) the modernization of the irrigation machines Fregat to a low-head operating mode at Nashe Delo LLC**

Год	Давление на насосной станции, МПа	Давление на машине, МПа	Количество одновременно работающих ДМ от двух агрегатов, ед.	Число дней полива орошаемого участка, дн.	$N_{уд}$ , кВт·ч/1000 м <sup>3</sup>
2015	1,0–1,1	0,6–0,7	7–8	16–18	475–650
2018	0,8–0,9	0,4–0,5	10–11	11–12	448–450

**Таблица 3 – Технические показатели работы орошаемого участка до и после модернизации дождевальных машин «Фрегат» на низконапорный режим работы в ООО «Росагро-Заволжье»**

**Table 3 – Technical performance indicators of the irrigated area before and after modernization the irrigation machines Fregat to a low-head mode of operation in Rosagro-Zavolzhye LLC**

Показатель	До модернизации	После модернизации
Марка насоса и мощность электродвигателя, кВт	Д1250-125 (500 кВт)	
Подача воды, м <sup>3</sup> /ч	780	1260
Количество поливающих машин	3	4
Давление на насосе, МПа	1,25	0,95
Напор на входе ДМ («Фрегат» № 4 и 10, Т-Л, Bauer), МПа	0,6; 0,4; 0,3	0,4; 0,6; 0,4; 0,3
Затраты электроэнергии на 1000 м <sup>3</sup> воды, кВт·ч	468	372
Годовая экономия электроэнергии на площади 240 га при 5 поливах, кВт·ч (тыс. руб.)		42400 (212,0)

Более существенную экономию имеем при замене высоконапорных насосов Д1250-125 средненапорными марки 200Д90 (вторая группа насосных станций). Здесь удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды при оптимальном режиме работы снижаются с 475 до 333 кВт·ч, или на 30 % (см. рисунок 1). Такие работы проведены на НС № 3 в ООО «СОТ» (таблица 4) и НС № 38 в ООО «Сайтов Р» Энгельсского района. Годовой экономический эффект от модернизации в ООО «СОТ» при проведении за сезон пяти поливов оросительной нормой 2000 м<sup>3</sup>/га составляет 512 тыс. руб.

**Таблица 4 – Технические показатели работы насосной станции до и после модернизации дождевальных машин «Фрегат» на низконапорный режим работы в ООО «СОТ»**

**Table 4 – Technical performance indicators of the pumping station before and after modernization the irrigation machines Fregat to low-head operation mode at SOT LLC**

Показатель	До модерни-зации	После модернизации
Марка насоса	Д1250-125	200Д90
Мощность электродвигателя, кВт	500	250
Подача воды, м <sup>3</sup> /ч	900	900
Количество поливающих машин	3	3
Давление на насосе, МПа	1,0	0,8
Затраты электроэнергии на 1000 м <sup>3</sup> воды, кВт·ч	468	270
Годовая экономия электроэнергии на площади 192 га при 5 поливах, кВт·ч (тыс. руб.)		102400,0 (512,0)

Рациональная загрузка насоса 200Д90 в ООО «Березовское» позволила путем перевода ДМ «Фрегат» на пониженный напор и регулировки на требуемый расход воды увеличить число одновременно работающих машин до трех вместо ранее применяемой поочередной работы одной и двух машин.

Значительная экономия электроэнергии на полив имеет место при одновременной модернизации или замене низконапорными дождевальными машинами, а также замене высоконапорных насосов Д1250-125 низконапорными марки 1Д1250-63 с электродвигателями мощностью 315 кВт (третья группа насосных станций). Такие работы проведены на НС № 4 и 4а Комсомольской ОС, на НС № 41 и 42, БКНС-А Приволжской ОС и др. Это позволило снизить напор на выходе насосной станции с 1,0 до 0,6 МПа (на 40 %) и удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды с 475 до 241 кВт·ч (таблица 5, рисунок 1).

Однако не всегда применение низконапорных насосов дает существенное снижение электроэнергии. Здесь необходимо, чтобы насос работал в оптимальном режиме. Например, по проекту в ООО «Время-91» установлен насос 1Д500-63 с электродвигателем мощностью 160 кВт. При расходе воды 138,8 л/с в оптимальном режиме должны работать ДМ «Фрегат»

и «Каскад» с расходом воды  $80 + 60 = 140$  л/с. При этом удельные затраты электроэнергии на подачу  $1000 \text{ м}^3$  воды должны составлять 262 кВт·ч, однако фактически при поочередной работе этих машин удельные затраты электроэнергии повышаются до 326 и 370 кВт·ч. Увеличились затраты электроэнергии на полив в 1,24 и 1,41 раза по сравнению с оптимальным режимом работы насоса.

**Таблица 5 – Эксплуатационные показатели полива орошаемого участка в ООО «Наше дело» при внедрении малоэнергоемких насосов Д1250-63 на ПНС-4 Комсомольской оросительной системы и экономическая эффективность**

**Table 5 – Performance indicators of irrigation of the irrigated area in LLC “Nashe Delo” with the introduction of low-energy pumps D1250-63 at PNS-4 of the Komsomolsk irrigation system and economic efficiency**

Техническая характеристика	До модернизации	После модернизации
Марка насосного агрегата	250CVE-460-38/2	Д1250-63
Количество насосных агрегатов, шт.	3	3
Мощность электродвигателя (потребляемая), кВт	400 (370)	315 (300)
Номинальный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	778	1250
Рабочий напор, МПа	1,2	0,63
Удельные затраты электроэнергии на подачу $1000 \text{ м}^3$ воды, кВт·ч	475	241
Годовая экономия потребления электроэнергии на площади 837 га при проведении 5 поливов, кВт·ч (млн руб.)		395000,0 (1,9)

Нерациональная эксплуатация насосного агрегата наблюдается также в ООО «Время-91» на насосной станции № 3, где насос 200Д90 с оптимальным расходом воды 200 л/с обеспечивает подачу на поочередную работу двух машин «Каскад» с расходом воды только 64 л/с. Для экономии электроэнергии здесь необходимо использовать небольшой насос Д320-50 с электродвигателем мощностью 75 кВт (таблица 6). Возможна небольшая экономия, если обеспечить одновременную работу двух ДМ «Каскад» от насоса 200Д90, для этого необходимо увеличить диаметр подземного полиэтиленового трубопровода.

**Таблица 6 – Экономия электроэнергии на полив дождевальными машинами «Каскад» на насосной станции № 3 при замене высоконапорного насоса 200Д90 низконапорным насосом Д320-50**

**Table 6 – Energy savings for irrigation by the Cascade sprinkler machines at pumping station no. 3 when replacing the high-head pump 200D90 with a low-head pump D320-50**

Техническая характеристика	До модернизации	Планируемая модернизация
Марка насосного агрегата	200Д90	Д320-50
Мощность электродвигателя, кВт	250	75
Оптимальный расход воды насоса, л/с	200	89
Расход воды машины, л/с	64	64
Рабочий напор, МПа	0,96	0,55
Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	140	50
Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м <sup>3</sup> воды, кВт·ч	607,6	217
Годовая экономия потребления электроэнергии на площади 160 га при проведении 5 поливов, кВт·ч (млн руб.)		156000 (0,78)

Максимальная экономия электроэнергии на полив имеет место при одновременной модернизации или замене низконапорными дождевальными машинами, замене высоконапорных насосов Д1250-125 низконапорными типа Д1250-63, «Грундфос» и др. и установке оборудования для частотного регулирования оборотов (четвертая группа технических решений на насосных станциях) (см. рисунок 1).

Такие работы проведены на НС № 10, 21 и 22, БКНС № 3 на Приволжской ОС, в ООО «Воскресенское», на Энгельсской ОС и др. Это позволило снизить давление на насосной станции с 1,0 до 0,6 МПа и регулировать обороты электродвигателя и расход воды при отключении отдельных дождевальных машин. Удельные затраты электроэнергии при этом снижаются с 475 до 198–218 кВт·ч, или в 2,1–2,3 раза (таблица 7, рисунок 1).

Для экономии электроэнергии в отдельные периоды эксплуатации (весной или осенью при включении одной-двух машин) необходимо использовать разменные насосы. Эффективность их использования подтверждают исследования, проведенные в ОПХ «Красный боец» и ОПХ «ВолжНИИГиМ» [2, 5, 10].

**Таблица 7 – Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды насосными станциями с низконапорными насосами и частотным регулированием оборотов электродвигателя**

**Table 7 – Specific energy costs for supplying 1000 m<sup>3</sup> of water by pumping stations with low-head pumps and frequency regulation of electric motor revolutions**

Насосная станция	Марка насоса	Мощность электродвигателя, кВт	Марка дождевальных машин	Напор на насосе, м вод. ст.	$N_{уд}$ , кВт·ч/1000 м <sup>3</sup>
БКНС-3	1Д1250-63	315	Zimmatic	63	198
НС № 10	«Грундфос»	250	Zimmatic	70	218
НС № 22	1Д1250-63	315	Zimmatic	63	198

Для экономии электроэнергии необходимо планировать организационно-хозяйственные мероприятия, чтобы насосная станция работала в оптимальном режиме максимальное время. Для этого необходимо уменьшать простой машин в ожидании ремонта, иметь необходимый запас запчастей, иметь пункт отдыха и ремонта, организовывать доставку горячей пищи и круглосуточное дежурство операторов, а также планировать такую последовательность включения дождевальных машин, чтобы обеспечить одновременное завершение полива на орошаемом участке [11].

Таким образом, исследования показывают, что в настоящее время имеются значительные резервы для экономии электроэнергии на полив при комплексном подходе (внедрение энергосберегающих дождевальных машин и насосов, точный расчет диаметров труб закрытой сети, расчет последовательности включения дождевальных машин и др.) при строительстве новых и реконструкции существующих орошаемых участков.

### **Выводы**

1 Исследования показали, что максимальные энергетические затраты на полив (475–650 кВт·ч на 1000 м<sup>3</sup> воды) имеют орошаемые участки с высоконапорными насосами типа Д1250-125, QVD и CVE, подающими воду на высоконапорные дождевальные машины «Фрегат». Модернизация дождевальных машин «Фрегат» на низкий напор на таких орошаемых участках

или внедрение электрифицированных машин позволяет увеличить число одновременно работающих машин и снизить удельные затраты на полив до 448 кВт·ч, или на 6–20 %.

2 Использование средненапорных насосов типа 200Д90 вместо высоконапорных насосов и внедрение энергосберегающих дождевальных машин позволят снизить удельные затраты с 475 до 333 кВт·ч, или на 30 %. Внедрение низконапорных насосов, работающих с давлением 0,63 МПа, при одновременной модернизации или замене энергосберегающими дождевальными машинами позволит снизить удельные затраты до 240 кВт·ч. Важно, что низконапорные насосы максимальное время должны работать в оптимальном режиме.

3 Максимальная экономия электроэнергии на полив до 198–218 кВт·ч имеет место при одновременной модернизации или замене низконапорными дождевальными машинами, замене высоконапорных насосов Д1250-125 низконапорными типа Д1250-63, «Грундфос» и др. и установке оборудования для частотного регулирования оборотов с целью поддержания требуемого давления на насосной станции.

### **Список источников**

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Сосновских. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с. EDN: AVWQXO.

2. Рыжко Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин. Саратов: Саратовский ГАУ, 2009. 176 с.

3. 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. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-6. EDN: TXFZDF.

4. Рязанцев А. И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях. Рязань, 1991. 131 с.

5. Совершенствование дождевальных машин и устройств мелиоративного комплекса: науч.-практ. изд. / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. С. Смирнов, Е. А. Шишенин, Б. Н. Бельтиков. М.: Росинформагротех, 2023. 124 с.

6. Вишневецкий К. П., Подлас А. В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем. М.: Агропромиздат, 1991. 93 с.

7. Снижение энергоемкости полива при эксплуатации многоопорных дождеваль-

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 205–220.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 205–220.

ных машин «Каскад» / М. Г. Загоруйко, Д. А. Соловьев, Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 1. С. 39–42. DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-39-42. EDN: QJJBSS.

8. Журавлева Л. А., Нгуен В. Т. Совершенствование конструктивных параметров широкозахватных дождевальных машин кругового действия // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 90–94. DOI: 10.28983/asj.y2021i8pp90-94. EDN: XSNTRH.

9. Затицацкий С. В., Колганов Д. А., Загоруйко М. Г. Гидродинамическая модель работы модифицированной ДМ «Фрегат» с возможностью движения без полива // Аграрный научный журнал. 2017. № 7. С. 69–72. EDN: ZEIDNV.

10. Рыжко Н. Ф., Угнавый В. Л., Шушпанов И. А. Результаты работ по внедрению ДМ «Фрегат» пониженного напора в ОПХ «Красный боец» Ершовского района // Актуальные проблемы мелиорации земель Поволжья: сб. науч. тр. Саратов: ВолжНИИГиМ, 2002. С. 133–140.

11. Рыжко Н. Ф., Хорин С. А., Фомина П. Г. Методика расчета последовательности включения низконапорных дождевальных машин для снижения потребления электроэнергии на насосных станциях // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий: сб. ст. 7-й Междунар. науч.-практ. конф., 11 апр. 2018 г. / Саратовский ГАУ. Саратов, 2018. С. 138–142. EDN: VWFRBY.

## References

1. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Sosnovskikh I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: Inform. Publ.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p, EDN: AVWQXO. (In Russian).

2. Ryzhko N.F., 2009. *Sovershenstvovanie dozhdeobrazuyushchikh ustroystv dlya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin* [Improvement of Irrigation Quality Indicators Multi-Support Sprinklers]. Saratov, Saratov State Agrarian University, 176 p. (In Russian).

3. Ryzhko N.F., Ryzhko N.V., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., 2019. *Tekhnicheskiye resheniya po modernizatsii dozhdeval'nykh mashin krugovogo deystviya i rezul'taty ikh vnedreniya* [Technical solutions for the modernization of pivot irrigation machines and the results of their implementation]. *Oroshaemoe zemledeliye* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 21-24, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-6, EDN: TXFZDF. (In Russian).

4. Ryazantsev A.I., 1991. *Mekhanizatsiya poliva shirokozakhvatnymi dozhdeval'nymi mashinami krugovogo deystviya v slozhnykh usloviyakh* [Irrigation Mechanization with Wide-Coverage Pivot Irrigation Machines under Complicated Conditions]. Ryazan', 131 p. (In Russian).

5. Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Shishenin E.A., Beltikov B.N., 2023. *Sovershenstvovanie dozhdeval'nykh mashin i ustroystv meliorativnogo kompleksa: nauch.-prakt. izd.* [Improvement of Irrigation Machines and Devices of Reclamation Complex: Scientific and Practical Ed.]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 124 p. (In Russian).

6. Vishnevsky K.P., Podlas A.V., 1991. *Proektirovanie nasosnykh stantsiy zakrytykh orositel'nykh sistem* [Design of Pumping Stations of Closed Irrigation Systems]. Moscow, Agropromizdat Publ., 93 p. (In Russian).

7. Zagoruiiko M.G., Soloviev D.A., Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., 2024. *Snizhenie energoemkosti poliva pri ekspluatatsii mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin «Kaskad»* [Reducing the energy consumption of irrigation during the operation of “Cascade” multi-support sprinkler machines]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 1, pp. 39-42, DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-39-42, EDN: QJJBSS. (In Russian).

8. Zhuravleva L.A., Nguyen V.T., 2021. *Sovershenstvovanie konstruktivnykh parametrov shirokozakhvatnykh dozhdeval'nykh mashin krugovogo deystviya* [Improving the design

parameters of wide-coverage pivot irrigation machines]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 8, pp. 90-94, DOI: 10.28983/asj.y2021i8pp90-94, EDN: XSNTRH. (In Russian).

9. Zatinatsky S.V., Kolganov D.A., Zagoruiko M.G., 2017. *Gidrodinamicheskaya model' raboty modifitsirovannoy DM «Fregat» s vozmozhnost'yu dvizheniya bez poliva* [Hydrodynamic model of the operation of the modified “Fregat” sprinkler machine with the ability of moving without watering]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 7, pp. 69-72, EDN: ZEIDNV. (In Russian).

10. Ryzhko N.F., Ugnavy V.L., Shushpanov I.A., 2002. *Rezultaty rabot po vnedreniyu DM «Fregat» ponizhennogo napora v OPKH «Krasnyy boets» Yershovskogo rayona* [The results of the implementation of the DM “Frigate” of reduced head pressure in the “Krasnyy fighter” OPKh of the Ershovsky district]. *Aktual'nye problemy melioratsii zemel' Povolzh'ya: sb. nauch. trudov* [Actual problems of land reclamation of the Volga region: Collection of Scientific Papers]. Saratov, VolzhNIIGiM, pp. 133-140. (In Russian).

11. Ryzhko N.F., Khorin S.A., Fomina P.G., 2018. *Metodika rascheta posledovatel'nosti vklyucheniya nizkonapornykh dozhdieval'nykh mashin dlya snizheniya potrebleniya elektroenergii na nasosnykh stantsiyakh* [Methodology for calculating the sequence of inclusion of low-pressure sprinkler machines to reduce electricity consumption at pumping stations]. *Problemy i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva i sel'skikh territoriy: sb. st. 7-y Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems and Prospects for Development of Agriculture and Rural Areas: Proceed. of the 7th International Scientific-Practical Conference]. Saratov State Agrarian University, Saratov, pp. 138-142, EDN: VWFRBY. (In Russian).

#### ***Информация об авторах***

**Н. Ф. Рыжко** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, ryzhonf@bk.ru, ORCID ID: 0009-0006-6352-8832;

**С. Н. Рыжко** – научный сотрудник, кандидат технических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, ryzhonf@bk.ru;

**Е. А. Шишенин** – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, Shishenin95@icloud.com;

**Е. С. Смирнов** – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, smirnovj47@mail.ru;

**С. А. Хорин** – директор, АгроТехСервис, Маркс, Российская Федерация, horin555@yandex.ru.

#### ***Information about the authors***

**N. F. Ryzhko** – Doctor of Technical Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Russian Federation, ryzhonf@bk.ru, ORCID ID: 0009-0006-6352-8832;

**S. N. Ryzhko** – Candidate of Technical Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Russian Federation, ryzhonf@bk.ru;

**E. A. Shishenin** – Junior Researcher, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Russian Federation, Shishenin95@icloud.com;

**E. S. Smirnov** – Junior Research Assistant, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Russian Federation, smirnovj47@mail.ru;

**S. A. Horin** – Director, AgroTechService, Marks, Russian Federation, horin555@yandex.ru.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 205–220.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 205–220.

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 07.05.2024; одобрена после рецензирования 07.08.2024;  
принята к публикации 13.08.2024.  
The article was submitted 07.05.2024; approved after reviewing 07.08.2024; accepted for  
publication 13.08.2024.*