

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-45-52>

УДК 631.67:631.347:621.65:502/504



СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ ПРИ ПОЛИВЕ МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Н.Ф. Рыжко^{1✉}, С.Н. Рыжко¹, Е.С. Смирнов¹, Е.А. Шишенин¹, С.А. Хорин²

¹ Федеральное государственное научное бюджетное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»; 413123, Саратовская обл., Энгельсский район, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, 1, Россия

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

Аннотация. Цель исследований – оценить техническое состояние насосных станций в Саратовской области, затраты электроэнергии на полив и определить наиболее эффективные способы снижения ее потребления. Исследованиями установлено, что диапазон затрат электроэнергии на подачу 1000 м³ насосными станциями изменяется в широких пределах: от 475-668 кВт · ч при использовании высоконапорных насосов (Д1250-125; QVD), работающих при давлении 1-1,25 МПа до 184-214 кВт · ч, при использовании насосов Д1250-63; Д500-65. Экономия электроэнергии на насосной станции с высоконапорными насосами при внедрении низконапорных дождевальных машин и увеличении числа одновременно работающих машин составляет 21-41%. Замена высоконапорных насосов на насосы 200Д90, работающие при давлении 0,8-0,9 МПа, снижает потребление электроэнергии на насосной станции до 266 кВт · ч (до 78%). Значительная экономия в 1,8-2,2 раза достигается при проведении на орошаемом участке модернизации и установке низконапорных дождевальных машин и насосов, работающих при давлении 0,5-0,65 МПа. Лучшие результаты дает применение низконапорного насосного агрегата с частотным регулированием оборотов электродвигателя, при этом затраты на подачу воды уменьшаются до 184-198 кВт · ч. Экономии электроэнергии будет способствовать внедрение организационных мероприятий: четкое планирование работы ДМ с возможностью работы насосных агрегатов в оптимальном режиме; улучшение организации их эксплуатации; обеспечение одновременного завершения полива орошаемых участков для ДМ, имеющих различную длину и модификацию; внедрение регулирования расхода воды машин.

Ключевые слова: орошаемый участок, насосный агрегат, затраты электроэнергии, низконапорные дождевальные машины, энергосберегающие насосы

Формат цитирования: Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А., Хорин С.А. Способы экономии электроэнергии на насосных станциях при поливе многоопорными дождевальными машинами // Природообустройство. 2025. № 3. С. 45-52. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-45-52>

Scientific article

WAYS TO SAVE ENERGY AT PUMPING STATIONS WHEN IRRIGATING WITH MULTI-SUPPORT SPRINKLERS

N.F. Ryzhko^{1✉}, S.N. Ryzhko¹, E.S. Smirnov¹, E.A. Shishenin¹, S.A. Khorin²

¹ Federal State Scientific Budgetary Institution «Volzhsky Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation», 413123, Saratov region, Engels district, w.s.Privolzhsky, st. Gagarin, 1. Russia

² 413092, Limited liability company «AgroTechService», Saratov Region, Marks, Lenin Ave., 64. Russia

Abstract. The purpose of the study is to assess the technical condition of pumping stations in the Saratov region, energy costs for irrigation and determine the most effective ways to reduce its consumption. Research has established that the range of electricity costs for supplying 1000 m³ by pumping stations varies widely from 475-668 kWh when using high-pressure pumps (D1250-125, QVD) to 184-214 kWh. when using low-pressure pumps D1250-63; D500-65. Energy savings at pumping stations with a high-pressure pumping unit when introducing low-pressure sprinklers and increasing the number of simultaneously operating machines is 21-41%. Replacing high-pressure pumps with pumps operating at a pressure of 0.8-0.9 MPa reduces electricity consumption at the pumping station to 266 kWh (78%). Significant savings of 1.8-2.2 times are achieved when the irrigated area is modernized and installed with low-pressure sprinklers, and low-pressure pumps are installed at the pumping station, and the pressure at the pumping station is reduced from 1-1.25 MPa to 0.5-0.65 MPa. The best results are obtained by using a low-pressure pumping unit with frequency control of electric motor speed, while the cost of water supply is reduced

to 184-198 kWh. Energy savings will be facilitated by the introduction of organizational measures – clear planning of the DM operation so that the pumping units operate in optimal mode, improvement of the organization of operation, ensuring the simultaneous completion of irrigation of irrigated fields for DM having different lengths and modifications, the introduction of the ability to regulate the water consumption of machines.

Keywords: irrigated area, pumping unit, energy costs, low-pressure sprinklers, energy saving pumps

Format of citation: Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Shishenin E.A., Khorin S.A. Ways to save energy at pumping stations when irrigating with multi-support sprinklers // Prirodoobustroystvo. 2025. № 3. P. 45-52. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-45-52>

Введение. Орошаемые земли являются одним из важнейших факторов стабильного производства в сельском хозяйстве и обеспечения продовольственной безопасности страны [1]. Саратовская область находится в зоне рискованного земледелия, где без орошения сложно получать высокие и стабильные урожаи [2]. В области уделяется большое внимание возрождению орошаемых земель. За последние годы в Саратовской области благодаря субсидиям стабильно проводятся работы по модернизации существующих и строительству новых орошаемых участков. В 1987 г., в период максимального орошения, в области эксплуатировалось 7907 дождевальных машин, 87,4% из которых приходилось на широкозахватные машины типа «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр» [3]. Для подачи воды на полив использовались в основном высоконапорные насосы Д1250-125, QVD и др., которые создавали давление на насосной станции порядка 0,9-1,0 МПа, а затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды находились на уровне 475-668 кВт · ч [4, 5]. При включении и отключении дождевальных машин в закрытой сети наблюдаются значительные колебания давления – до 1,6-2,4 МПа [6], что приводило к частым порывам трубопровода, простоям на ремонт и недобору урожая.

В конце 80-х гг. в нашей стране были начаты работы по снижению энергоемкости полива, для чего разработан ряд низконапорных ДМ «Фрегат» и налажено производство низконапорных электрифицированных машин «Кубань» [4]. В ВолжНИИГиМ были разработаны и широко внедрялись ДМ «Фрегат» с дополнительным полиэтиленовым трубопроводом, подающим воду в гидроприводы тележек, которые обеспечивали снижение давления на входе машины до 0,35-0,45 МПа [4]. Также была проведена модернизация на увеличение скорости движения низконапорных ДМ «Фрегат», в том числе на машинах с гидроцилиндрами диаметром 152 мм [4].

Процесс реконструкции орошаемых участков требует значительных финансовых и трудовых затрат и занимает продолжительное время.

При этом работы по энергосбережению всегда начинаются с модернизации машин на низконапорный режим работы или внедрение новых электрифицированных низконапорных машин – так обеспечивается частичная реконструкция орошаемых участков. Также одновременно во многих хозяйствах проводится замена предельно изношенных стальных труб на новые – полиэтиленовые или стеклопластиковые. Анализ орошаемого участка 41, используемого в Саратовской области, показал, что доля высоконапорных насосных станций, подающих воду на высоконапорные ДМ «Фрегат», сократилась до 7%, однако еще имеются законсервированные насосные станции. Доля орошаемых участков, где проведена частичная реконструкция (только модернизация машин без замены насосов), увеличилась до 39%. Доля орошаемых участков, где проведена полная реконструкция с внедрением низконапорных дождевальных машин и энергосберегающего насосного оборудования, увеличилась до 53,6%.

Анализ энергоемкости полива показывает, что имеются значительные резервы экономии электроэнергии на полив не только на не полностью реконструируемых участках орошения, но и в случае полной реконструкции, если допущены ошибки при проектировании и эксплуатации.

Для эффективного использования орошаемых земель необходимо не только работать над повышением урожайности и качества сельскохозяйственных культур, но и находить способы экономии электроэнергии на насосных станциях [4, 7-9], при поливе многоопорными дождевальными машинами.

Материалы и методы исследований.

При оценке технического состояния орошаемых участков и энергоемкости полива выделены три группы участков. Первую группу составляют участки, в которых реконструкция не проведена (НС-А; НС-«Роса» и др.), во вторую группу вошли участки, где реконструкция проведена частично (НС-2, 3, 4, 6 и 10 Энгельсской ОС,

НС-47п, 4п, 11п, 43а, 43б Приволжской ОС и др.). Третью группу составили участки, где реконструкция проведена полностью (НС-41п, 42п, 2п, 3п, 46п, 5п, 10п, 22п, БКНС-Б, БКНС-3 на Приволжской ОС и др.). Потребляемая мощность (N , кВт) на подачу воды насосом зависит от расхода воды и напора и определяется по формуле [10]:

$$N = QH H / 102 \eta_n \cdot \eta_o, \quad (1)$$

где Q_H – расход воды насоса, л/с; H – напор на выходе насоса, м. вод. ст.; 102 – переводной коэффициент; η_n и η_o – коэффициенты полезного действия насоса и электродвигателя.

Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды рассчитываются по формуле:

$$N_y = 0,0272 H / \eta_n \cdot \eta_o; \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3. \quad (2)$$

Для определения фактических удельных затрат электроэнергии на подачу 1000 м³ воды (N_{yf} , кВт · ч на тыс. м³) учитывались данные фидеров потребления электроэнергии за 1 ч работы насосной станции ($Nэ$, кВт · ч) и суммарного расхода воды дождевальных машин ($Q_{дм}$, тыс. м³/ч):

$$N_{yf} = Nэ / Q_{дм}. \quad (3)$$

Для настройки низконапорных дождевальных машин «Фрегат», «Каскад» и др. на требуемый расход воды при меньшем напоре и для обеспечения стандартной водоподдачи нами разработаны карты настройки дождевальных насаждений.

Для оценки энергоёмкости полива, исключения ошибок при проектировании и определения оптимальных параметров насосов, дождевальных машин и труб закрытой сети и для минимизации затрат на полив нами разработана методика его расчета. Расчет энергоёмкости полива производится исходя из площади орошаемого участка, числа дождевальных машин и набора сельскохозяйственных культур, по которым определяется гидромодуль орошаемого участка. Далее производится предварительный расчет расхода воды и напора на входе каждой машины, расчет диаметров трубопровода, выбираются предварительные расходно-напорные характеристики насосов. При использовании близких паспортных характеристик насосов проводится корректировка характеристик каждой машины, выполняется окончательный расчет диаметров трубопровода и затрат электроэнергии на подачу 1000 м³ воды. Такая методика позволила выявить ошибки при проектировании и проведении реконструкции на ряде орошаемых участков и разработать предложения по снижению энергоёмкости полива.

Результаты и их обсуждение. Анализ работы подкачивающих насосных станций

на Приволжской и Энгельсской ОС в 2019 г., приведенный в таблице 1, показывает, что энергозатраты на полив при использовании высоконапорных насосных агрегатов и только стандартных ДМ «Фрегат» большие и изменяются в пределах 489-658 кВт · ч (НС-43а; НС-А). На НС-А в 2024 г. один насос обеспечивал подачу только на три ДМ «Фрегат» марки ДМ-335-58, при этом затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды имели высокие значения: $N_{yf} = 668$ кВт·ч, работа двух насосов обеспечила подачу на 6 машин, а величина $N_{yf} = 589$ кВт·ч. При подключении максимального количества ДМ, работающих на давлении 0,55-0,6 МПа («Фрегат» и Zimmatic), затраты на подачу 1000 м³ воды уменьшаются незначительно – до 461-495 кВт · ч (НС-43б; НС-1).

При частичной реконструкции орошаемого участка на НС № 2 в ООО «Наше дело» сотрудниками ВолжНИИГиМ внедрены низконапорные ДМ «Фрегат», которые работают при низком давлении 0,37-0,45 МПа [4, 11], при этом затраты электроэнергии уменьшены до 448 кВт · ч (41%). Если до модернизации в 2015 г. здесь два насосных агрегата Д1250-125 с электродвигателем мощностью 630 кВт обеспечивали полив только 7-8 высоконапорных ДМ «Фрегат», то после перевода машин на низкий напор в 2016 г. одновременный полив производили уже 10 машин (табл. 2). Максимальный расход воды двух агрегатов увеличился с 600-630 до 680-720 л/с.

Если до модернизации при эксплуатации ДМ «Фрегат» в высоконапорном режиме в 2015 г. межполивной период составлял 16-18 дней, машины работали поочередно в три этапа, то после модернизации машин в 2016 г. цикл полива ДМ «Фрегат» на орошаемом участке состоял из поочередной работы двух групп машин – по 10 машин (табл. 2). Давление на насосной станции составляло 0,8 МПа, на входе машины в зависимости от места ее расположения – 0,4-0,6 МПа. Время полного цикла для полива всего орошаемого участка – 11-12 дней при поливной норме 300 и 410 м³/га. За время цикла полива постоянно круглосуточно работали два насосных агрегата, и только в конце цикла (1-2 дня) работал один агрегат для завершения круга оставшимися машинами. Аналогичные работы нами проведены на НС-4 и 6 Энгельсской ОС, на НС-5п Комсомольской ОС, а также на НС-47п, 11п (в ООО «Заря») и др., на Приволжской ОС.

При частичной реконструкции максимальное снижение N_{yf} до 330 кВт·ч достигнуто на НС-42п при подаче воды насосом QVD с электродвигателем 400 кВт на 5 ДМ Valley. На многих орошаемых участках, где проведена частичная

Таблица 1. Затраты электроэнергии на полив ($N_{уф}$) на орошаемых участках, где реконструкция не проведена, проведена частично или полностью

Table 1. Electricity consumption for irrigation ($N_{уф}$) on irrigated areas where reconstruction has not been carried out is carried out partially or completely

Насосная станция Pumping station	Реконструкция Reconstruction	Наименование хозяйства Name of the farm	Тип насосная машина Pump type (sprinkler)	Затраты электроэнергии, кВт·ч. Electricity consumption, kWh	Отработано мото/час. Worked moto/hour.	Объём поданной воды, тыс. м ³ Volume of water supplied, thousand m ³	Затрачено, Нуф, кВт·час на 1000 м ³ Spent, Nuf, kWh per 1000 m ³
НС-43б	Нет no	ЗАО ПЗ «Мелиоратор» ZAO PZ Meliorator	Д 1250/125 (Фрегат) Д 1250 / 125 (Fregat)	771 539	1337	1671,25	461
НС-А	Нет no	ЗАО «АФ «Волга» ZAO AF Volga	1Д 1250/125 (Фрегат) 1Д 1250 / 125 (Fregat)	1 647 434	2003	2503,75	658
ПНС-5	Нет no	ООО «Наше дело» OOO Nashe delo	250 CVA 460 (Фрегат) 250 CVA 460 (Fregat)	779 328	2238	1656,12	470
НС-43а	Нет no	ЗАО ПЗ «Мелиоратор» ZAO PZ Meliorator	Д 1250/125 (Фрегат+Zimmatic) Д 1250 / 125 (Fregat+Zimmatic)	1 263 651	2064	2580	489
НС-1	Нет no	ИП Крючков IP Kryuchkov	1Д 1250/125 (Т-Л+Фрегат) (Т-Л+Fregat)	515 540	1152	1041,5	495
НС-2	Частично Partially	ООО «Наше дело» OOO Nashe delo	1Д 1250/125 (Фрегат-Н) 1Д 1250 / 125 (Fregat-H)	756 630	1204	1688,9	448
ПНС-4а	Полная Coplete	ООО «Наше дело» OOO Nashe delo	1Д 1250/63 (Фрегат-Н+Valley) 1Д 1250 / 63 (Fregat-H+Valley)	474 326	1573	1966,25	241
БКНС-3		ЗАО «АФ «Волга» ZAO AF Volga	1Д 1250/63 (Zimmatic)	343 632	1388	1735	198

реконструкция, необходимо завершить модернизацию дождевальных машин на низкий напор и с учетом методики подобрать оптимальные параметры энергосберегающих насосов. В частности, расчеты показывают, что на НС-42п необходимо подключить ДМ Valley к имеющимся насосам Д1250-63. Это позволит снизить $N_{уф}$ с 330 до 200 кВт·ч в 1,65 раза.

Если основные насосы имеют большой расход воды (270-350 л/с), а необходим полив только одной или двух машин, то для энергосбережения необходимо использовать возможность установки разменного насоса с расходом воды 60-120 л/с. Так, в ОПХ «Красный боец» при поливе одной или двух ДМ «Фрегат» включали 1 или 2 разменных насоса CVE с расходом 60-65 л/с, а основной насос QVD с расходом воды 270-300 л/с включали при одновременном поливе 3-5 машин.

Частичная реконструкция орошаемого участка от БКНС в ООО «Березовское» при застройке ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работы позволила обеспечить одновременный

полив трех машин от одного насоса 200Д90 вместо ранее поочередной работы одной и двух машин, при этом затраты были снижены до 266 кВт·ч. Для экономии электроэнергии на полив на некоторых насосных станциях Энгельсской ОС проведена замена высоконапорных насосов Д1250-125 и электродвигателей мощностью 630 кВт на менее энергоемкие насосы 200Д90 и электродвигатели мощностью 250 кВт (ООО «СОТ», ООО «Время 91», КФХ «Сайтов Р»). При этом удельные затраты на полив в номинальном режиме могли быть снижены с 475 до 333 кВт·ч (на 42%). Однако ошибки в выборе оптимального размера диаметра подземной трубы и полив только двух ДМ пока не позволяют получить такой результат. В настоящее время совместно с ВолжНИИГиМ решается вопрос об оптимизации работы этих насосных станций.

Полная реконструкция и внедрение низконапорных ДМ «Фрегат» конструкции ВолжНИИГиМ, ДМ «Valley» и малоэнергоемких насосов Д 1250-63 на ПНС-4а Комсомольской ОС (на орошаемом участке 900 га поливают 6 ДМ

Таблица 2. Эксплуатационные показатели полива орошаемого участка до и после перевода ДМ «Фрегат» в ООО «Наше дело» в низконапорный режим работы и экономическая эффективность

Table 2. Operational indicators of irrigation of the irrigated area before and after the transfer of SM "Fregat" to LLC "Nashe Delo" in the low-pressure mode of operation and economic efficiency

Показатели эксплуатации <i>Indicators of operation</i>	2015	2016	2017			
			1-й полив <i>1st ir- rigation</i>	2-й полив <i>2nd ir- rigation</i>	3-й полив <i>3rd ir- rigation</i>	4-й полив <i>4th ir- rigation</i>
Продолжительность полива участка, дн. <i>Duration of irrigation, days</i>	16-18	11-12	10	7	6,5	6,6
Число часов, отработанных агрегатами на насосной станции, ч. <i>Number of hours operated by the aggregates at the pumping station, h</i>	462	370	347	297	298	299
Число одновременно работающих ДМ «Фрегат», ед. <i>Number of Fregat SMs in operation at the same time, units</i>	7-8 от 2 насосов <i>7-8 from 2 pumps</i>	10 от 2 насосов <i>10 from 2 pumps</i>	10 от 2 насосов / 10 from 2 pumps 14-15 от 3 насосов / 14-15 from 3 pumps			
Максимальный расход насосной станции, л/с <i>Maximum consumption of the pumping station, l / s</i>	600-630	680-720	680-720 – 2 насоса / 2 pumps 900-1300 – 3 насоса / 3 pumps			
Максимальная суточная выработка ДМ «Фрегат», га <i>Maximum daily output of the Fregat SM, ha</i>	50-60	75-80	90-140			
Эффект от уменьшения потребления электроэнергии за 4 полива $m=300 \text{ м}^3/\text{га}$, млн руб. <i>Effect of reducing electricity consumption for 4 irrigations $m=300 \text{ м}^3/\text{ha}$, million rubles</i>	–	1,04	1,5			

«Фрегат» и 8 ДМ «Valley») позволили значительно снизить затраты электроэнергии на подачу 1000 м^3 воды до $241 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ (табл. 1).

Аналогичные результаты получены на НС-41п и 42п, где один насос Д1250-63 обеспечивал полив 5 ДМ Zimmatic, а два насоса – 10 ДМ Zimmatic, при этом затраты на полив находились в пределах $184\text{--}200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Расчеты по разработанной методике показывают, что на отдельных орошаемых участках допущены ошибки при реконструкции, так как расход воды ДМ не соответствовал оптимальному расходу насосных агрегатов. Это имеет место на НС-2п (Приволжская ОС, северный участок, где $N_{\text{уф}} = 260 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$), НС-46п ($N_{\text{уф}} = 340 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$), ПНС-5 (Комсомольская ОС, южный участок) и др. После перенастройки ДМ на требуемый расход воды затраты на полив на этих насосных станциях могут быть снижены до $180\text{--}200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, или в 1,3-1,7 раза.

Еще более существенная экономия электроэнергии получена на БКНС 3 Приволжской ОС в ЗАО «АФ «Волга» при внедрении низконапорных ДМ «Zimmatic» и малоэнергоёмких насосов типа Д1250-63 с частотным регулированием оборотов электродвигателя. Затраты

электроэнергии на подачу 1000 м^3 воды снижены до $198 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ (табл. 1).

Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м^3 воды в зависимости от марки дождевальной машины и напора, создаваемого насосом, на Приволжской ОС за июль 2023 г. приведены в таблице 3 и представлены на рисунке.

Из данных таблицы 3 следует, что имеет эффект от проведения значительной работы по энергосбережению на поливе в агрофирме «Агроинвест». Здесь большая часть ДМ «Фрегат» заменена на современные электрифицированные дождевальные машины ферменной конструкции, работающие при низком давлении на входе ($0,2\text{--}0,4 \text{ МПа}$), а на НС № 10, № 21, № 22, на БКНС-Б, БКНС-3 и др. смонтированы низконапорные насосы типа Д1250-63, Грундфос КР122-80 и др., работающие при давлении $0,63\text{--}0,7 \text{ МПа}$. Затраты электроэнергии на подачу 1000 м^3 воды снижены до $211\text{--}230 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ (табл. 3).

Экономия электроэнергии на полив возможна только при комплексном решении вопроса о внедрении низконапорных насосов и дождевальных машин. В ЗАО ПЗ «Мелиоратор» на насосных станциях 43а, 43б, 11п и 4п по-прежнему используются высоконапорные

Таблица 3. Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды в зависимости от напора, создаваемого насосом

Table 3. Specific energy consumption for the supply of 1000 m³ of water depending on the head created by the pump

Насосная станция, система Pumping station, system	Наименование хозяйства Name of the farm	Тип насоса (дождевальная машина) Pump type (sprinkler)	Давление, МПа Pressure, MPa	Объем поданной воды 1000 м ³ Volume of water supplied, thousand m ³	Затраты электроэнергии, кВт · ч Electricity consumption, kWh	Удельные затраты, кВт · ч на 1000 м ³ Specific consumption, kWh, thousand m ³
НС-А	ЗАО ПЗ «Трудовое» ZAO PZ Trudovoe	Д1250-125	1,25	930362	405042	0,435
НС-Роса		Д1250-125	1,25	1023628	481003	0,469
НС-43Б	ЗАО ПЗ «Мелиоратор» ZAO PZ Meliorator	Д1250-125	1,25	488227	231908	0,475
НС-43А		Д1250-125	1,25	750032	356265	0,475
НС-11П		Д1250-125	1,25	425225	201982	0,475
НС-4П		Д1250-125	1,25	503942	186962	0,371
БКНС-Б		Д1250-125	1,25	503942	186962	0,371
БКНС-А	ООО «Агроинвест» OOO Agroinvest	1Д1250-63	0,63	813695	174863	0,214
НС-22П		250QVD-530	1,0	222693	78801	0,353
НС-10П		1Д1250-63	0,63	487578	103269	0,211
НС «Саратовка»		КР122-80	0,70	423610	97641	0,230
		200Д-90	0,84	576144	438023	0,333

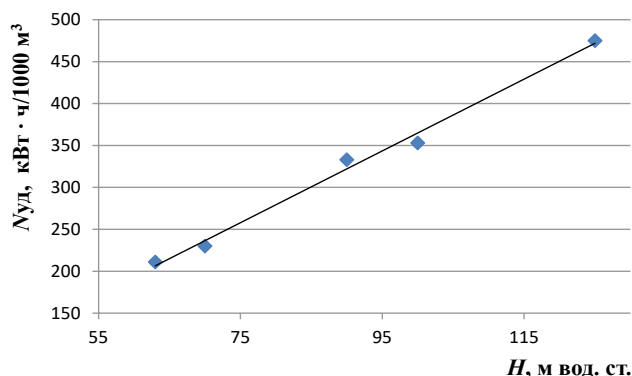


Рис. Изменение удельных затрат электроэнергии на подачу 1000 м³ воды в зависимости от напора, создаваемого насосом

Fig. 1. Change in the specific consumption of electricity for the supply of 1000 m³ of water depending on the head created by the pump

насосы Д1250-125. При этом заменены высоконапорные ДМ «Фрегат» на низконапорные электрифицированные, что обеспечило увеличение числа одновременно работающих машин и стабильность поливов в течение поливного периода. Однако удельные затраты на полив при работе в номинальном режиме остались высокими и составляют 475 кВт · ч (табл. 3).

Работы по энергосбережению в ООО «Агрофост», ООО «Агроинвест», ООО «Воскресенское» и др. находятся на передовом уровне, с использованием частотного регулирования оборотов электродвигателей, что позволяет снижать затраты электроэнергии независимо от числа

одновременно работающих дождевальных машин, так как на насосной станции всегда поддерживается требуемое постоянное давление.

К организационным мероприятиям по экономии электроэнергии на полив следует отнести четкое планирование и расчет числа одновременно работающих дождевальных машин, чтобы насосные агрегаты работали в оптимальном режиме. На орошаемом участке, где еще работают ДМ «Фрегат», «Каскад», необходимо использовать возможность регулирования расхода воды и производительности на одновременное завершение полива машинами различной модификации или в случае, если на одной из машин произошел отказ и простой составляет несколько часов.

В последнее время в Саратовской области вводятся в эксплуатацию новые орошаемые участки, где выполняется полная реконструкция, на которых внедряются низконапорные дождевальные машины и энергосберегающие насосы, а также используется частотное регулирование оборотов электродвигателя. Это обеспечивает снижение затрат электроэнергии на подачу 1000 м³ воды до 184-210 кВт · ч, исключение порывов закрытой оросительной сети, стабильную подачу воды к растениям по потребности и получение устойчиво высоких урожаев независимо от погодных условий. Доля передовых энергосберегающих орошаемых участков постоянно увеличивается, что позволяет совершенствовать мелиоративный комплекс и повышать эффективность его работы.

Выводы

1. Анализ работы подкачивающих насосных станций, подающих воду на полив многоопорными дождевальными машинами, показывает, что затраты электроэнергии на подачу 1000 м^3 изменяются в значительных пределах (от 184 до 475-658 кВт · ч) и определяются в основном давлением на выходе насоса. В Саратовской области имеется еще большое число насосных станций, построенных в 70-80-е гг. прошлого столетия, которые отличаются большой энергоемкостью подачи воды (475-658 кВт · ч), так как высоконапорные изношенные насосы при подаче воды на высоконапорные ДМ «Фрегат» работают не в оптимальном режиме при высоком давлении (1,0 МПа) и не обеспечивают включения проектного числа машин.

2. Частичная реконструкция орошаемых участков с высоконапорными насосами при внедрении низконапорных ДМ «Фрегат», «Каскад», «Кубань» и др. позволяет: увеличить число одновременно работающих машин до проектного значения и больше – до 0,5-1 машины на каждый агрегат; повысить водоподачу насосных станций на 5-10%; снизить время полива орошаемого участка на 4-5 дней; повысить дневную выработку машин. Удельные затраты электроэнергии при этом снижаются с 589-668 до 417-448 кВт · ч (для насосов Д1250-125) и до 330 кВт · ч (для насосов QVD).

3. Снижение затрат электроэнергии на полив обеспечивает замена высоконапорных

насосных агрегатов марки Д1250-125, работающих при давлении 1,0 МПа, на насосы с меньшим давлением (0,8-0,9 МПа марки 200Д90 и др.) и электродвигателями меньшей мощностью – 200-250 кВт. В ООО «Березовское» это позволило снизить удельные затраты электроэнергии на полив до 266 кВт (на 78%). Если основные насосы имеют большой расход воды (270-350 л/с), а необходим полив только одной или двух машин, то для энергосбережения необходимо использовать возможность установки разменного насоса с расходом воды 60-120 л/с.

4. Полная реконструкция орошаемого участка обеспечивает максимальное снижение затрат электроэнергии на полив (1,8-2,2 раза) при внедрении на насосных станциях энергосберегающих насосов марки Д1250-63, Д500-65 и др. и низконапорных дождевальных машин. При этом удельные затраты электроэнергии снижаются до 184-210 кВт. Частотное регулирование оборотов электродвигателей энергосберегающих насосов на таких орошаемых участках позволяет снизить удельные затраты на подачу 1000 м^3 воды до 180-198 кВт.

К организационным мероприятиям по снижению потребления электроэнергии на полив относятся: четкое планирование работы дождевальных машин и насосных агрегатов в оптимальном режиме; обеспечение одновременного завершения полива орошаемого участка для ДМ различных модификаций; улучшение организации их эксплуатации; регулирование расхода воды дождевальных машин.

Список использованных источников

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: Информационное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
2. Нагорный В.А. Основы водосбережения при орошении в Саратовской области: Монография. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2001. 153 с.
3. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: Монография. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. 176 с.
4. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождевальных машин и устройств для мелиоративного комплекса: Научно-практическое издание / Н.Ф. Рыжко, С.Н. Рыжко, Е.С. Смирнов, Е.А. Шишенин, Б.Н. Бельтиков. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 124 с.
5. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. Учебник. М.: «Колос», 1975. 416 с.
6. Яковлев Н.П. Результаты исследований гидравлического удара в закрытой оросительной сети при групповой работе дождевальных машин «Фрегат» / Н.П. Яковлев, С.С. Сяткин // Мелиоративное состояние орошаемых

References

1. The reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. M.: FSBI "Rosinformagrotech", 2020. 304 p.
2. Nagoryi V.A. Fundamentals of water conservation in irrigation in the Saratov region: monograph. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2001. 153 p.
3. Ryzhko N.F. Improvement of rain-forming devices for multi-support sprinkler machines: monograph. Saratov, FGOU VPO "Saratov GAU". 2009. 176 p.
4. Ryzhko N.F. Improvement of Sprinklers and Devices for Amelioration Complex: scientific and practical ed. N.F. Ryzhko, S.N. Ryzhko, E.S. Smirnov, E.A. Shishenin, B.N. Beltikov – Moscow: Rosinformagrotech, 2023. 124 p.
5. Rychagov V.V. Pumps and pumping stations / V.V. Rychagov, M.M. Florinsky: Textbooks and teaching aids for higher agricultural educational institutions. Moscow: "Kolos", 1975. 416 p.
6. Yakovlev N.P. Results of studies of hydraulic shock in a closed irrigation network during group operation of sprinklers "Frigate" / N.P. Yakovlev, S.S. Syatkin / Meliorative state of irrigated lands of the Volga region and their effective usage: collection of scientific tr. / Volzhniigim. M.: 1984. P. 49-57.

земель Поволжья и их эффективное использование: Сборник научных трудов. М.: ВолжНИИГиМ, 1984. С. 49-57.

7. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках: Монография. М.: Ягорба: Биоинформсервис, 1998. 180 с.

8. Pete Noll. Determining the real cost of powering a pump // World Pumps. 2008. V. 2008. № 496. Pp. 32-34.

9. Kubic A.W., McEwan K.H. Adjustable speed Pumps for Utilities // Journal American Water Works Association. 1961. V. 53, № 2. P. 146-154.

10. Вишневы К.П., Подлас А.В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем: Справочник. М.: ВО «Агропромиздат», 1990. 93 с.

11. Дождевальная машина: Патент 180447. Российская Федерация, МПК A01G 25/09 / Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Рыжко Н.В., Ботов С.В., Хорин С.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2017139807. Заявл. 15.11.2017; Опубл. 14.06.2018, Бюл. № 17.

Об авторах

Николай Федорович Рыжко, д-р техн. наук, заведующий отделом; <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>; ryzhkonf@bk.ru

Сергей Николаевич Рыжко, канд. техн. наук, научный сотрудник; <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>; volzniigim@bk.ru

Евгений Станиславович Смирнов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник; <https://orcid.org/0009-0002-6499-8378>; volzniigim@bk.ru

Евгений Александрович Шишенин, младший научный сотрудник; <https://orcid.org/0009-0007-2310-9104>; volzniigim@bk.ru

Сергей Александрович Хорин, директор ООО «Агро-ТехСервис»; horin555@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

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

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / The authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Статья поступила в редакцию / The article was received by the editorial office on 10.12.2024;

поступила после рецензирования и доработки / Received after peer review and revision on 21.04.2025

Принята к публикации / Accepted for publication on 21.04.2025

7. Leznov B.S. Energy saving and adjustable drive in pumping units. monograph. M.: Yagorba: Bioinformservice, 1998. 180 p.

8. Pete Noll. Determining the real cost of powering a pump // World Pumps. 2008, vol. 2008. № 496. P. 32-34.

9. Kubic A.W., McEwan K.H. Adjustable speed Pumps for Utilities // Journal American Water Works Association. 1961. v. 53. № 2. P. 146-154.

10. Vishnevsky K.P. Design of pumping stations of closed irrigation systems: Directory / K.P. Vishnevsky, A.V. Podlas M., VO "Agropromizdat", 93 p.

11. Sprinkler machine: pat. 180447 Ros. Federation, IPC A01G 25/09 / Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Ryzhko N.V., Botov S.V., Khorin S.A.; applicant and patent holder of FGBNU "Volzhniigim" – No. 2017139807; application 15.11.2017; publ. 14.06.2018, Bul. No. 1.

About the authors

Nikolay F. Ryzhko, DSc (Eng), Head of Department, <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>; ryzhkonf@bk.ru

Sergei N. Ryzhko, CSc (Eng), Researcher, <https://orcid.org/0009-0006-6352-8832>; volzniigim@bk.ru

Evgeniy S. Smirnov, CSc (Eng), Senior researcher, <https://orcid.org/0009-0002-6499-8378>; volzniigim@bk.ru

Evgeniy A. Shishenin, Junior Researcher, <https://orcid.org/0009-0007-2310-9104>; volzniigim@bk.ru

Sergey A. Khorin, Director of AgroTechService LLC.; horin555@yandex.ru

N.F. Ryzhko, S.N. Ryzhko, E.S. Smirnov, E.A. Shishenin, S.A. Khorin performed practical and theoretical research, on the basis of which they conducted a generalization and wrote a manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.