

Оригинальная статья

УДК 631.67:631.347:621.65

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-64-71>

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБОРОТОВ НАСОСОВ НА ПОДКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

Д.А. Колганов^{1✉}, М.Г. Загоруйко², Н.Ф. Рыжко³, С.Н. Рыжко⁴¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологий и инженерии имени Н.И. Вавилова; г. Саратов, Российская Федерация² Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Российская Федерация^{3,4} Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации; г. Энгельс-23, Саратовская область, Российская Федерация¹ dmi.kolg@mail.ru; ORCID: 0000-0001-9217-8989² zagorujko.misha2013@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-7826-3773³ ryzhonf@bk.ru; ORCID: 0009-0006-6352-8832⁴ twgldes@gmail.ru; ORCID: 0009-0002-6499-8378

Аннотация. В статье указывается, что энергозатраты подкачивающих насосных станций, обеспечивающих полив, зачастую превышают оптимальные значения, и это негативно сказывается на эффективности орошения. Несмотря на реконструкцию орошаемых участков в мелиоративном комплексе страны, отмечается существенное разнообразие их технического оснащения; выделены 5 групп аналогичных орошаемых участков. Установлены отдельные ошибки при реконструкции насосных станций с монтажом завышенных насосов и некоторые эксплуатационные ошибки при неверном подключении числа работающих машин к насосному агрегату. В ходе исследований выполнен анализ энергоемкости водоподачи насосными станциями, в том числе оборудованными системами частотного регулирования оборотов, и выявлены пути снижения электропотребления при поливе. Оценка энергоемкости полива выполнялась на основе данных фидеров почасового потребления электроэнергии насосными станциями и мгновенных показателей в зависимости от технических характеристик насосных агрегатов, числа работающих дождевальных машин и их общего расхода воды. Исследованиями установлено, что происходит снижение потребления электроэнергии насосными агрегатами при уменьшении расхода воды путем его дросселирования, однако удельные затраты на подачу 1000 м³ воды растут и определяются двумя факторами: маркой насоса и выходным давлением станции. Частотное регулирование дает возможность уменьшить расход воды и энергопотребление, снизить давление на выходе станции до 0,4-0,6 МПа, сократить удельные затраты электроэнергии до 150-200 кВт·ч вместо 200-650 кВт·ч. Исследования эксплуатируемых насосных станций позволили определить недостатки при проектировании и их эксплуатации, устранение которых обеспечит экономию электроэнергии при поливе. Внедрение частотного регулирования обеспечит снижение потребления электроэнергии за поливной сезон в 1,2-3 раза и более в зависимости от технических параметров орошаемого участка, повышение надежности работы закрытой оросительной сети, а также плавный пуск и остановку агрегатов.

Ключевые слова: насосная станция, насосный агрегат, дождевальная машина, частотное регулирование оборотов насоса, энергозатраты на подачу воды

Формат цитирования: Колганов Д.А., Загоруйко М.Г., Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н. Энергосберегающая технология частотного регулирования оборотов насосов на подкачивающих станциях. Природообустройство. 2026;Т.19(2):64-71. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-64-71>

ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR FREQUENCY CONTROL OF PUMP SPEEDS AT PUMPING STATIONS

D.A. Kolganov^{1✉}, M.G. Zagoruiko², N.F. Ryzhko³, S.N. Ryzhko⁴

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; Institute of Engineering and Robotics; 410012, Saratov, Peter Stolypin Avenue, building 4, constr.3. Russia

² Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institute Pas., 5, Russia

^{3,4} Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation; 413123, Engels-23, Saratov region, Privolzhsky Work Settlement, Gagarina St., 1, Russia

¹ dmi.kolg@mail.ru; ORCID: 0000-0001-9217-8989

² zagorujko.misha2013@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-7826-3773

³ ryzhonf@bk.ru; ORCID: 0009-0006-6352-8832

⁴ twgldes@gmail.ru; ORCID: 0009-0002-6499-8378

Abstract. It is noted that energy costs at pumping pumping stations that supply water for irrigation in many cases remain high, which reduces the efficiency of irrigation. Despite the ongoing reconstruction of irrigated areas in the country's land reclamation complex, there is a significant variety in their technical equipment, and five groups of similar irrigated areas have been identified. There were some errors during the reconstruction of pumping stations with oversized pumps, and some operational errors occurred when the number of operating machines was incorrectly connected to the pumping unit. To analyze the energy intensity of water supply by pumping pumping stations, including those with frequency control of pump speed, and to determine ways to save electricity during irrigation. The energy intensity of irrigation was estimated based on data from feeders of hourly electricity consumption by pumping stations and instantaneous indicators depending on the technical characteristics of pumping units, the number of working rain machines and their total water consumption. Studies have established a decrease in electricity consumption by pumping units with a decrease in water consumption by throttling it, however, the unit cost of supplying 1000 m³ of water increases and is determined by the pump brand and pressure at the outlet of the pumping station. Frequency control makes it possible to reduce electricity consumption while reducing water consumption, reduce the pressure at the outlet of the pumping station to 0.4-0.6 MPa and reduce unit electricity costs to 140-200 kWt-h instead of 200-650 kWt-h. Studies of operated pumping stations have made it possible to identify design and operational deficiencies, the elimination of which will ensure energy savings during irrigation. The introduction of frequency control will ensure a reduction in electricity consumption during the irrigation season by 1.2-3 times or more, depending on the technical parameters of the irrigated area, increases the reliability of the closed irrigation network and ensures smooth start and stop of the units.

Keywords: pumping station, pumping unit, irrigation machine, frequency regulation of pump speed, energy costs for irrigation

Format of citation: Kolganov D.A., Zagoruiko M.G., Ryzhko N.F., Ryzhko S.N. Energy-saving technology for frequency control of pump speeds at pumping stations. *Prirodobustrojstvo*. 2026;19(2):64-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-64-71>

Введение. В мелиоративном комплексе страны ведущее место на орошении занимают многоопорные дождевальные машины (ДМ), которые обеспечивают круглосуточный полив в автоматическом режиме [1]. За последние 20 лет в Саратовской области в эксплуатацию вводятся только современные электрифицированные многоопорные дождевальные машины российского и иностранного производства. Согласно данным Росинформагротех [2] подавляющее большинство ДМ работают в диапазоне давления от 0,2 до 0,35 МПа. Установка в конце трубопровода водяной пушки большого расхода без подкачивающего насоса

требует повышения давления на входе ДМ до 0,4-0,52 МПа [3, 4].

Многоопорные дождевальные машины с гидроприводом модернизируются для работы на пониженном напоре. Изменение диаметра гидроцилиндров, а также установка дублирующего трубопровода способствуют понижению давления до 0,35-0,45 МПа с 0,5-0,7 МПа [5-7]. Многочисленные исследования показывают, что затраты электроэнергии на подачу воды на насосной станций определяются маркой насоса, давлением на его выходе и возможностью работы в оптимальном и энергосберегающем режимах [7-10]. Затраты электроэнергии на подачу

воды при поливе в настоящее время имеют значительные величины, поэтому определение способов и технических решений для уменьшения потребления энергии на насосных станциях является актуальной задачей.

Цель исследований: изучить энергоёмкость подачи воды подкачивающими насосными станциями, в том числе с частотным регулированием оборотов насоса, и определить способы экономии электроэнергии при поливе.

Материалы и методы исследований. В Саратовской области выполнен анализ почасового и мгновенного электропотребления насосных станций Приволжской, Энгельсской и Комсомольской оросительных систем (ОС). Почасовое электропотребление получено авторами по данным фидеров, зафиксированным на насосных станциях в Приволжском и Энгельском филиалах ФГБУ «Саратовмелиоводхоз». Мгновенное электропотребление на насосных станциях фиксировалось на мониторах оборудования частотного регулирования и электроприборах. Это позволило оценить энергозатраты, необходимые для водоснабжения при орошении. Сейчас осуществляется реконструкция ОС, направленная на улучшение их технических параметров и качественных показателей. Однако ввиду больших затрат на проведение реконструкции орошаемых участков наблюдаются как значительное многообразие их комплектования, так и ошибки при выборе насосов и при эксплуатации ДМ.

На оросительных системах нами выделены 5 групп орошаемых участков с аналогичной комплектацией насосных станций агрегатами и дождевальными машинами. В первую группу входят орошаемые участки, где продолжают эксплуатироваться высоконапорные насосы Д1250-125 и QVD в связке с электродвигателями мощностью от 400 до 630 кВт, обеспечивающие подачу воды на серийные высоконапорные ДМ «Фрегат». Данная конфигурация сохраняется на НА-А и НС-«Роса» в ЗАО «Трудовое», НС-47п Приволжской ОС, НС-2 Энгельсской ОС и на других насосных станциях.

Вторая группа включает в себя орошаемые участки от НС-11п, 4п; 43а и 43б в ЗАО ПЗ «Мелиоратор», где высоконапорные насосы Д1250-125 подают воду на низконапорные ДМ Zimmatic, работающие при низком давлении 0,2-0,5 МПа, и где проведена замена изношенных стальных подземных трубопроводов на полиэтиленовые, не подверженные коррозии. Аналогичные режимы работы имеют место на орошаемых участках от БКНС-Б на Приволжской ОС, на НС-4 – Энгельсской ОС и др.

В третью группу входят орошаемые участки, где на насосных станциях установлены насосы (300Д70, 200Д90) с более низким номинальным давлением 0,7-0,9 МПа, которые подают воду на низконапорные ДМ «Каскад», «Кубань», Zimmatic и др., и где проведена замена подземных изношенных трубопроводов. Такая эксплуатация имеет место на орошаемых участках от НС «Саратовка» Приволжской ОС; НС-3, НС-10, НС «Куйбышева» Энгельсской ОС и др.

Четвертая группа объединяет орошаемые участки, на насосных станциях которых смонтированы насосы с номинальным низким давлением в диапазоне 0,5-0,6 МПа. Подобный режим эксплуатации реализован на участках, обслуживаемых насосными станциями НС-41п, 42п, 2п и 46п Приволжской ОС, а также ПНС-4 и 4а Комсомольской ОС и др. В этой группе насосы модели Д1250-63 обеспечивают подачу воды посредством полиэтиленовых труб на низконапорные дождевальные машины включая «Каскад», «Zimmatic», «Valley» и иные аналоги.

Пятая группа охватывает орошаемые участки, на насосных станциях которых установлено оборудование с частотным регулированием оборотов насосов. Эти насосы работают при номинальном низком давлении 0,5-0,6 МПа и подают воду по полиэтиленовым трубам на низконапорные дождевальные машины. Такой режим реализован на участках, обслуживаемых НС-10п, 22п, 5п и БКНС «Агрофос» Приволжской ОС, а также в ООО «Воскресенское» (Энгельсская ОС), ООО «Азимут», ООО «Студенецкое» и др. В этих системах задействованы насосы типа Д1250-63 и «Грундфос», обеспечивающие подачу воды на низконапорные ДМ, включая «Каскад» и «Zimmatic».

В ходе исследований орошаемых территорий проводился сбор данных по ключевым параметрам дождевальных машин: расход воды, входное давление, площадь полива, количество задействованных машин и продолжительность орошения участка. При оценке качества полива дождевальных машин определялись равномерность, нормы полива вдоль трубопровода и соответствие давления перед насадками [11]. Также проверялось совпадение паспортных и реальных показателей расхода воды дождевальных машин. Энергосберегающая технология подачи воды на насосной станции основана на возможности снижения потребления электроэнергии при изменении частоты вращения насоса до оптимальных значений расхода воды и напора на текущий момент времени согласно исследованиям Б.С. Лезнова, Я.И. Гинзбурга, Е.М. Зоркина

и др. Энергозатраты насосных станций фиксировались по показаниям фидеров (за 1 час полива). На насосных станциях регистрировались величина потребляемого тока, частота и напряжение сети, давление на выходе насосной станции. Удельное потребление электроэнергии на подачу 1000 м³ воды (N_y) рассчитывалось на основе данных о потребляемой электроэнергии (N , кВт) по фидерам и суммарного расхода воды насосной станции (Q_c , м³/ч), равного совокупному расходу всех дождевальных машин, по формуле [12]:

$$N_y = N \cdot 1000 / Q_c, \text{ (кВт} \cdot \text{ч на } 1000 \text{ м}^3\text{)}. \quad (1)$$

Напор на выходе насосной станции (H_v) определялся напором наиболее удаленной дождевальной машины (H_{dm}), величиной потерь напора по длине трубопровода (h_n) и величиной геодезического подъема (h_p):

$$H_v = H_{dm} + h_n + h_p. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований выявлено, что наибольшие затраты на подачу воды характерны для высоконапорных насосов типа Д1250-125 (НС-А, НС-Роса и аналогичные), обеспечивающих водоснабжение высоконапорных дождевальных машин «Фрегат». На насосной станции поддерживается давление в диапазоне 0,85-1,1 МПа. При этом от одного насоса может одновременно работать лишь небольшое количество дождевальных машин – обычно 2-3 единицы. Подключение большего числа машин невозможно по причине недостаточного давления, необходимого для их перемещения.

На примере насосной станции НС-А (АО ПЗ «Трудовое») наблюдается следующая динамика: при работе одного насоса и увеличении числа задействованных машин с 1 до 3 потребление электроэнергии за час возрастает с 295 до 418 и 650 кВт соответственно. Удельные затраты на полив остаются высокими,

хотя и снижаются с 910 до 668 кВт·ч на 1000 м³ воды (табл. 1, рис. 1). При задействовании двух насосов максимальное количество одновременно работающих машин увеличилось до 6 (табл. 1), а затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды сокращаются до 589 кВт·ч. На таких орошаемых участках после модернизации ДМ «Фрегат» можно заменить насосы Д1250-125 на низконапорные Д1250-63 для сокращения энергопотребления на орошаемых участках [7].

По данным за 2024 г., на насосной станции № 4 Энгельсской ОС проводились замеры энергопотребления при работе насоса модели Д1250-125 на 5 и 6 ДМ «Каскад». Зафиксированные затраты электроэнергии составили, соответственно, 533 и 610 кВт на 1 насос. Результаты показали, что при работе на 6 ДМ насос обеспечивал расход воды 384 л/с (или 1382 м³/ч). Удельный расход энергии на перекачку 1000 м³ воды достиг 441 кВт·ч. На 5 ДМ расход воды составил 325 л/с (или 1170 м³/ч), а удельные затраты электроэнергии на 1000 м³ воды оказались равными 455 кВт·ч.

При использовании пары насосов Д1250-125 на 8 ДМ «Фрегат» электрозатраты составили 1120 кВт, расход воды – 720 л/с (или 2590 м³/ч), удельные затраты электроэнергии на 1000 м³ воды – 416 кВт·ч.

Замеры энергопотребления на 6 ДМ «Фрегат» и 7 ДМ «Каскад» при работе от трех Д1250-125 составили приблизительно 1800 кВт, расход воды – 1170 л/с (или 4200 м³/ч), а удельные затраты электроэнергии на 1000 м³ – 428 кВт·ч.

По результатам частичной модернизации орошаемого участка зафиксировано снижение энергопотребления для второй группы на 20-40%. Тем не менее уровень затрат электроэнергии продолжает оставаться высоким, что обосновывает необходимость замены высоконапорных насосов модели Д1250-125 на низконапорные.

Таблица 1. Потребление электроэнергии за 1 час (N) и удельное потребление на подачу 1000 м³ воды (N_y) на НС-А в зависимости от числа работающих насосов и дождевальных машин

Table 1. Electricity consumption per hour (N) and specific consumption for supplying 1000 м³ of water (N_y) at the NS-A depending on the number of operating pumps and irrigation machines

Марка насоса / Pump brand	Число работающих / Number of operating		P_{nc} , МПа / P_{ns} , MPa	Q , л/с / Q , l/s	N , кВт / N , kWt	N_y , кВт·ч на 1000 м ³ / N_y , kWt-h in 1000 m ³
	насосов / pumps	ДМ / IM				
Д1250-125, $N = 630$ кВт	1	1	1,1	90	295	910
	1	2	1,0	180	428	690
	1	3	0,85	270	650	668
	2	4	1,0	300	750	694
	2	5	1,0	440	920	598
	2	6	0,85	540	1146	589

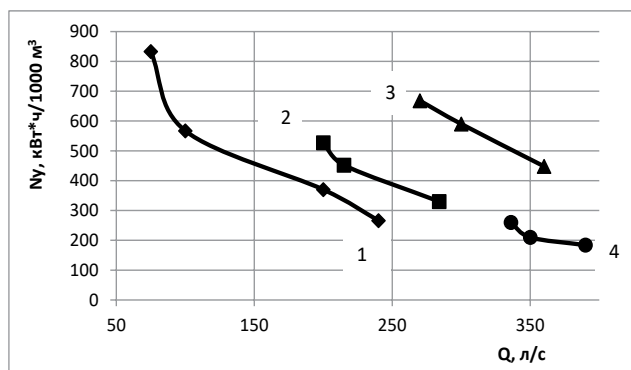


Рис. 1. Затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды в зависимости от типа насоса и расхода воды.

1 – насос 200Д90; 2 – 250-QVD570-54; 3 – Д1250-125; 4 – Д1250-63

Fig. 1. Energy costs for supplying 1000 m³ of water depending on the pump type and water flow rate.

1 – pump 200D90; 2-250-QVD570-54; 3 – D1250-125; 4 – D1250-63

Аналогично на НС-42п, где используется насос 250-QVD570-54 с электродвигателем 400 кВт, при работе 5 ДМ «Valley» давление снижалось до 0,85 МПа. Суммарный расход воды ДМ составил 285 л/с (или 1020 м³/ч), а энергопотребление – примерно 330 кВт. Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ составили 323 кВт·ч. (рис. 1). Для понижения энергозатрат до 50% необходимо осуществить замену высоконапорного насоса 250-QVD570 на низконапорный Д1250-63 или сделать врезку в существующий коллектор насосов Д1250-63.

На НС-3 Энгельсской ОС для снижения потребления электроэнергии смонтирован насос 200Д90 с электродвигателем мощностью 250 кВт вместо насоса Д1250-125, однако пока эксплуатация осуществляется в неоптимальном режиме с большими затратами электроэнергии. Значительные затраты электроэнергии на этой насосной станции наблюдаются, когда от насоса 200Д90 работают поочередно две ДМ «Каскад» в ООО «Время-91». Давление на насосной станции поддерживается в пределах 0,56-0,6 МПа за счет незначительного открытия задвижки и работы байпаса. Потребление электроэнергии за 1 час работы насоса составляет 210 кВт. При расходе воды одной ДМ «Каскад» 70 л/с (или 252 м³/ч) и давлении 0,56 МПа на подачу 1000 м³ воды затраты электроэнергии насоса 200Д90 составили 833 кВт·ч (рис. 1). Расчеты показывают, что установка здесь небольшого низконапорного насоса Д315-50 с электродвигателем мощностью 75 кВт позволит снизить удельные затраты электроэнергии до 280 кВт·ч.

На насосной станции НС-42п (четвертая группа орошаемых участков) при эксплуатации одного насоса Д1250-63 обеспечивается полив 5 машин Zimmatic с расходом электроэнергии 280 кВт·ч. При работе двух насосов используются 10 машин Zimmatic, при этом затраты электроэнергии достигают 520 кВт. Рабочее давление на станции поддерживается в диапазоне 0,6-0,62 МПа. Средний расход воды при работе одного насоса составляет 390 л/с (1404 м³/ч). Удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды составляют 200 кВт·ч (рис. 1). Расход воды при работе двух насосов составляет в среднем 780 л/с (2808 м³/ч), а на подачу 1000 м³ воды затраты электроэнергии составили 184 кВт·ч. Однако минимальный режим потребления электроэнергии наблюдается только при максимальном и номинальном режимах работы насоса. При уменьшении числа работающих машин и снижении расхода воды до 100 л/с уменьшается потребление электроэнергии до 160 кВт, однако удельные затраты на подачу 1000 м³ воды увеличиваются до 400 кВт·ч (рис. 2). Данный факт указывает на неэффективность работы в неполнонагруженных режимах. Решение проблемы видится в установке систем частотного регулирования оборотов насоса, что позволит оптимизировать энергопотребление.

За счет применения оборудования с частотным регулированием оборотов достигаются минимальные затраты электроэнергии на подачу воды орошаемых участков пятой группы. На НС-10п смонтированы 2 насоса Грундфос марки КР12280-ОДФ019 с расходом воды

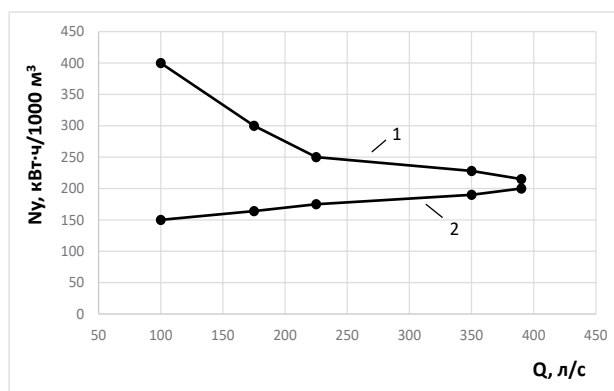


Рис. 2. Затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды в зависимости от расхода воды, насос Д1250-63:

1 – при постоянных оборотах насоса; 2 – при частотном изменении оборотов

Fig. 1. Energy costs for supplying 1000 m³ of water depending on the pump type and water flow rate.

1 – pump 200D90; 2-250-QVD570-54; 3 – D1250-125; 4 – D1250-63

300 л/с и напором 70 м, с электродвигателем 250 кВт. Один насос способен обеспечить водой 5-6 ДМ «Zimmatic», и два насоса подают воду на 8 ДМ «Zimmatic».

При работе одного насоса на 6 машин Zimmatic затраты электроэнергии за 1 час работы составили 167-168 кВт, а 2 насоса обеспечивали полив 8 машин Zimmatic, при этом затраты электроэнергии составили 305-318 кВт. Давление на насосной станции поддерживается в пределах 0,52-0,54 МПа. Расход воды при работе одного насоса составляет в среднем 239 л/с = 860 м³/ч, а на подачу 1000 м³ воды энергозатраты составили 195 кВт·ч. Расход воды при работе двух насосов составляет в среднем 470 л/с (1692 м³/ч), а на подачу 1000 м³ воды энергозатраты составили 188 кВт·ч.

На НС-22п смонтированы два насоса Д1250-63 с электродвигателем мощностью 315 кВт и оборудование для частотного регулирования оборотов. Один насос способен обеспечить водой до 5 ДМ «Zimmatic». При работе насоса на одну ДМ «Zimmatic» энергопотребление составит 78 кВт, 285 кВт – при подаче воды на 5 ДМ, при этом N_y изменяются в пределах

150-200 кВт·ч (табл. 2, рис. 2). При использовании двух насосов на 5 ДМ «Zimmatic» энергозатраты на подачу 1000 м³ воды составят 197 кВт·ч.

В начале мая 2024 г работали два насоса на 5 ДМ «Zimmatic», а начиная с июня – один насос на 5 ДМ «Zimmatic». При неправильной эксплуатации ДМ (одновременной работе 5 ДМ «Zimmatic» от одного насоса) наблюдалось несоответствие между проектным (по паспортным данным) и фактическим расходом воды (табл. 3).

Использование единственного насоса Д1250-63 для 5 дождевальных машин Zimmatic приводит к ухудшению качества полива ввиду снижения поливной нормы в отдаленной части трубопровода. В ходе испытаний установлено, что при суммарном расчетном расходе воды 5 ДМ Zimmatic 436 л/с давление на входе НС-22п снижалось до 0,45 МПа, на ДМ хоз. № 5 – с 0,226 до 0,15 МПа. Это привело к снижению равномерности полива с 0,8 до 0,6, уменьшению нормы полива (начиная со второго пролета) на 5-30% и уменьшению площади полива концевого аппарата на 40%. Аналогичные результаты имели место на ДМ № 1, 2, 3 и 4, где давление на входе машины должно составлять 0,35; 0,26;

Таблица 2. Потребление электроэнергии при работе насоса Д1250-63 с частотным регулированием на НС-22п в зависимости от числа поливаемых ДМ «Zimmatic» (данные за 2022-2024 г.)

Table 2. Power consumption during operation of the pump D1250-63 with frequency control on НС-22p depending on the number of watered DM “Zimmatic” (data for 2022-2024)

Число насосов / number of pumps	Число ДМ / number of IM	Q ДМ, л/с / Q IM, l / s	P _{НС} , МПа / P _{ns} , MPa	N, эл кВт / N, el kWt	I, а / I, a	Частота тока, Гц / Current frequency, Hz	N _y на 1000 м ³ / N _y in 1000 m ³
2	5	491	0,6	171+177	317	46,9	196,8
2	4	416	0,6	171+170	314	46,9	227,7
2	3	368	0,5	111-121	285	40,0	175,2
1	1	100	0,45	77-78	190	39	150
1	2	216	0,45	101-107	250-250	39	160
1	3	343	0,45	141-149	291	42,1	175
1	4	391	0,45	171-172	339	46,5	165
1	5	395	0,45	283-285	480-485	50	200

Таблица 3. Проектный и фактический расход воды ДМ Zimmatic в зависимости от давления на входе на НС-22п

Table 3. Design and calculated flow of DM Zimmatic water on NC-22p depending on inlet pressure

№ ДМ / No IM	Длина машины, м / Length of the machine, m	Число опор, шт. / Number of supports, pcs.	Площадь полива, га / Irrigation area, ha	Проектные / Design		Фактические / Actual	
				P _{вх} , МПа / P _{in} , MPa	Q, л/с / Q, l / s	P _{фак} , МПа / P _{act} , MPa	Q _{расч} , л/с / Q _{calc} , l / s
1	607,9	11	116	0,35	152,4	0,19	124
2	580	10	105,6	0,26	116	0,2	109
3	475	8	70,8	0,23	75	0,2	71
4	505	9	80,0	0,24	100	0,18	89
5	372	6	43,4	0,21	47,9	0,16	43
Всего			415,8		491		436

0,23 и 0,24 МПа, а фактически было 0,19; 0,2; 0,2 и 0,18 МПа.

Таким образом, снижение потребления электроэнергии и улучшение качества полива 5 ДМ Zimmatic на НС-22п обеспечиваются при одновременной работе двух насосов Д1250-63 с оборудованием частотного регулирования оборотов. При этом на насосной станции легко поддерживается давление 0,6 МПа при неполной загрузке электродвигателей (сила тока – 174 А, частота тока – 46,9 Гц.), обеспечиваются требуемое давление на машинах и качественный полив с высокой равномерностью. Качественный полив от одного насоса здесь возможен только при одновременном поливе не более 3-4 машин.

Анализ орошаемых участков, где осуществлена реконструкция, показывает, что наиболее эффективной является комплексная реконструкция с заменой изношенных высоконапорных ДМ, стальных подземных трубопроводов и высоконапорных насосных агрегатов на современные низконапорные электрифицированные ДМ, подземные полиэтиленовые трубы и низконапорные насосы с частотным регулированием оборотов. Это позволяет проводить своевременные поливы с высокой надежностью подачи воды по потребности растений. При этом не только снижается электропотребление, но и повышается урожайность, что способствует быстрой окупаемости затрат на реконструкцию.

Список использованных источников

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: Информационное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
2. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник / Под общ. ред. Г.В. Ольгаренко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 264 с.
3. Васильев С.М., Шкура В.Н. Дождевание: Учебное пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 352 с.
4. Задорожный Р.Н., Романов И.В. Повышение эффективности ирригации путем подбора конструкции дождевальных машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 4. С. 82-86. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-4-82-86. EDN: QLQRVO
5. Соловьев Д.А., Елисеев М.С., Колганов Д.А., Загоруйко М.Г. Результаты создания дождевальной машины «Фрегат», работающей в режимах при низких напорах // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 67-69
6. Козинская О.В., Бочарников В.С., Бочарникова О.В., Григоров С.М. Мониторинг давления воды в оросительных трубопроводах как инструмент управления качеством полива широкозахватной дождевальной машины Bauer // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 6 (78). С. 376-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-41. EDN: UFTTOL

Выводы

Существующие подкачивающие насосные станции характеризуются неоправданно высокими энергозатратами: для подачи 1000 м³ воды требуется от 220 до 650 кВт·ч. На уровень потребления напрямую влияют тип насоса, величина давления на выходе и интенсивность водоподачи. При снижении расхода воды насосом затраты на подачу еще увеличиваются.

Энергосберегающая технология водоподачи обеспечивается при использовании частотного регулирования оборотов на насосных станциях с рабочим давлением 0,4-0,6 МПа. При этом существенно снижаются энергозатраты, удельный расход электроэнергии на подачу 1000 м³ воды уменьшается до 150-200 кВт·ч (в 1,2-3,0 раза по сравнению с традиционными решениями).

Для эффективной реконструкции орошаемых участков критически важным является внедрение современных решений: дождевальные машины с электроприводом, рассчитанные на давление 0,2-0,4 МПа, насосные агрегаты с рабочим давлением 0,4-0,6 МПа и оборудование для частотного регулирования оборотов.

При расчете проектов реконструкции орошаемых участков с современными электрифицированными дождевальными машинами расход и напор насосных агрегатов должны соответствовать расходу и напору дождевальных машин на участках как при индивидуальной, так и при групповой эксплуатации машин.

References

1. Land reclamation complex of the Russian Federation: Information publication. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution «Rosinformagrotekh», 2020. 304 p.
2. Resource-saving energy-efficient environmentally friendly technologies and technical means of irrigation: Handbook edited by G.V. Ol'garenko. Moscow: Rosinformagrotekh, 2015. 264 p.
3. Vasilyev S.M., Shkura V.N. Rainfall. Novocherkassk, RosNIIPM, 2016. 352 p.
4. Zadorozhny R.N., Romanov I.V. Improving irrigation efficiency by selecting the design of sprinkler machines. Agricultural machinery and technology. 2023. Vol. 17. No. 4. P. 82-86. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-4-82-86. EDN: QLQRVO
5. Solovyov D.A., Eliseev M.S., Kolganov D.A., and Zagoruyko M.G. Results of the creation of the Fregat sprinkler machine operating in low-pressure modes // Agrarian Scientific Journal. 2017. No. 2. P. 67-69.
6. Kozinskaya O.V., Bocharnikov V.S., Bocharnikova O.V., Grigorov S.M. Monitoring of water pressure in irrigation pipelines as a quality management tool for irrigation of the Bauer wide-scope sprinkler machine // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education. 2024. No. 6 (78). P. 376-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-41. EDN: UFTTOL
7. Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Smirnov E.S., Shishenin E.A., Beltikov B.N. Improvement of sprinkler machines and devices for the reclamation complex: Scientific and Practical Publication. Moscow: Rosinformagrotekh, 2023. 124 p. EDN: UFTTOL

7. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А., Бельтиков Б.Н. Совершенствование дождевальных машин и устройств для мелиоративного комплекса: Научно-практическое издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 124 с.

8. Евсеев Е.Ю., Антипов А.О., Рязанцев А.И. К усовершенствованию регулятора расхода дождевальных аппаратов многоопорных дождевальных машин // Вестник мелиоративной науки. 2020. № 3. С. 36-39. EDN: JTPDPM

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

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

11. СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. М., 2012. 53 с.

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

Об авторах

Дмитрий Александрович Колганов, канд. техн. наук, доцент; ORCID: 0000-0001-9217-8989; dmi.kolg@mail.ru;

Михаил Геннадьевич Загоруйко, д-р. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-7826-3773, WoS Resercher ID: AAF-6639-2021, Scopus ID: 57220182022, PIIID AuthorID: 323776; zagorujko.misha2013@yandex.ru

Николай Федорович Рыжко, д-р техн. наук, зав. отделом, ORCID: 0009-0006-6352-8832; ryzhonf@bk.ru

Сергей Николаевич Рыжко, канд. техн. наук, научный сотрудник, ORCID: 0009-0002-6499-8378; twgldes@gmail.ru

Вклад авторов / Contribution of authors

Д.А. Колганов – научное руководство, определение основных направлений исследования, корректировка текста и выводов
М.Г. Загоруйко – постановка задачи, обработка экспериментальных данных, разработка графической части публикации
Н.Ф. Рыжко – научное руководство, теоретические предпосылки, оформление текста и выводов

С.Н. Рыжко – обработка экспериментальных данных, оформление таблиц с результатами опытов, литературный анализ

Конфликт интересов / Conflict of interest

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

Поступила в редакцию / Received 13.11.2025

Поступила после рецензирования / Received 17.04.2026

Принята к публикации после доработки / Accepted 20.04.2026

8. Evseev E.Y., Antipov A.O., Ryazantsev A.I. To improve the flow regulator of sprinklers of multi-support sprinklers // Bulletin of Meliorative Science. 2020. No. 3. P. 36-39.

9. Pete Noll. Determining the real cost of powering a pump // World Pumps. 2008. V. 2008. № 496. P. 32-34. EDN: JTPDPM

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

11. STO AIST 11.1-2010. Testing of agricultural machinery. Irrigation machines and systems. Methods for evaluating functional indicators. M. 2012. 53p.

12. Vishnevsky K.P., Podlas A.V. Design of Pump Stations for Closed Irrigation Systems: Handbook. Moscow: Agropromizdat, 1990, 93 p.

About the authors

Dmitry A. Kolganov, CSs (Eng), Associate Professor; ORCID: 0000-0001-9217-8989; dmi.kolg@mail.ru

Mikhail G. Zagoruiiko, CSs (Eng), associate professor, leading researcher; ORCID: 0000-0001-7826-3773, WoS Resercher ID: AAF-6639-2021, Scopus ID: 57220182022, RSCIAuthorID: 323776; zagorujko.misha2013@yandex.ru

Nikolai F. Ryzhko, DSs (Eng), Head of department, ORCID: 0009-0006-6352-8832; ryzhonf@bk.ru

Sergey N. Ryzhko, CSs (Eng), Researcher, ORCID: 0009-0002-6499-8378; twgldes@gmail.ru

Contribution of the authors

D.A. Kolganov – scientific supervision, determination of the main areas of research, correction of the text and conclusions

M.G. Zagoruiiko – problem statement, processing of experimental data, development of the graphic part of the publication

N.F. Ryzhko – scientific guidance, theoretical prerequisites, design of the text and conclusions;

S.N. Ryzhko – processing of experimental data, design of tables with the results of experiments, literary analysis.