ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

О.Х.Ишназаров
Н.Б. Хамудханова
https://doi.org/10.5281/zenodo.21427759

Maqolada nasos stansiyalari boshqaruv hamda energiya tejamkorligi nuqtai nazaridan muhim obyekt sifatida ko‘rib chiqilgan. Suv ko‘tarish nasos stansiyalarining energiya tejovchi rejimlarini shakllantirishga xizmat qiluvchi ish jarayonlarini aniqlash usullari tahlil qilingan.

Meliorativ nasos stansiyalarida qo‘llaniladigan nasos agregatlari suvni ko‘tarish mashinalari orasida eng yirik va elektr energiyasini eng ko‘p iste’mol qiluvchi uskunalardan hisoblanadi. Shu sababli, ularning energiya tejamkor ish rejimlarini ta’minlash dolzarb vazifalardan biri bo‘lib, sug‘orish tizimlarining texnologik jarayonlarini amalga oshirish davomida respublika miqyosida elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Elektr energiyasiga bo‘lgan talabning muntazam ortib borishi yangi energetika obyektlarini ishga tushirishni taqozo etadi. Biroq bunday obyektlarni qurish katta hajmdagi kapital mablag‘larni talab qiladi. Shu bois respublikamizda, shuningdek, rivojlangan xorijiy mamlakatlarda iqtisodiyotning turli tarmoqlarida energiya tejovchi texnologiyalarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish, elektr energiyasidan oqilona foydalanish hamda energiya samaradorligini oshirish ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Meliorativ nasos stansiyalarining gidromexanik uskunalari tarkibida asosiy o‘rinni sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi ekinlarini suv bilan ta’minlovchi nasos agregatlari egallaydi. Suv ta’minoti jarayonini faqat texnologik va ekspluatatsion parametrlarni o‘zgartirish orqali boshqarish energiya va suv resurslaridan samarali foydalanishni to‘liq ta’minlay olmaydi. Shu sababli, chastotaviy boshqariladigan elektr yuritmalardan foydalanish nasos agregatlarining asosiy ish parametrlarini moslashuvchan boshqarish imkonini beradi. Natijada meliorativ nasos stansiyalarining energiya tejamkor va samarali ish rejimlari ta’minlanadi, elektr energiyasi sarfi kamayadi hamda tizimning umumiy ekspluatatsion samaradorligi oshadi.

В статье насосные станции рассматриваются как объекты управления и энергосбережения. Представлены методы определения энергоэффективных процессов функционирования водоподъёмных насосных станций, направленные на формирование энергосберегающих режимов их работы.

Насосные установки мелиоративных станций машинного водоподъёма относятся к числу наиболее массовых и энергоёмких объектов водохозяйственного комплекса. В связи с этим обеспечение их функционирования в энергосберегающих режимах является одной из приоритетных задач, поскольку позволяет значительно сократить потребление электрической энергии при реализации технологического процесса водоподачи в масштабах всей республики.

Рост потребности в электрической энергии требует ввода в эксплуатацию новых энергетических объектов, строительство которых связано со значительными капитальными вложениями. Поэтому как в Республике Узбекистан, так и в развитых зарубежных странах особое внимание уделяется повышению энергоэффективности за счёт рационального использования электроэнергии, разработки и внедрения энергосберегающих технологий в различных отраслях экономики.

Основу гидромеханического оборудования мелиоративных насосных станций составляют насосные агрегаты, обеспечивающие подачу воды на орошаемые сельскохозяйственные угодья. Однако рациональное использование энергетических и водных ресурсов невозможно обеспечить только за счёт изменения технологических и эксплуатационных параметров процесса водоподачи. Применение регулируемых по скорости электроприводов насосных агрегатов позволяет

эффективно управлять основными режимными параметрами их работы, обеспечивая энергоресурсосберегающие режимы функционирования мелиоративных насосных станций, снижение удельного энергопотребления и повышение общей эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: насосная станция, энергосбережение, регулируемый электропривод, мелиорация, водоподача, энергоэффективность.

The article examines pumping stations as objects of management and energy saving. Methods for determining energy-efficient processes of functioning of water-lifting pumping stations with the formation of their energy-saving modes are given.

Pumping installations of reclamation stations of machine water lifting are one of the most massive and energy-intensive objects. In this regard, the provision of energy-saving modes of their functioning takes a special priority place, allowing to save a significant amount of electricity during the implementation of the technological process of water supply throughout the republic.

The commissioning of new energy facilities, capable of covering the ever-increasing demand for electricity, requires investment in their construction of significant capital resources. Therefore, in the republic, as well as in developed foreign countries, the problem of obtaining an increase in electricity due to its rational use through the development and implementation of energy-saving technologies in various sectors of the national economy is highlighted.

In reclamation pumping stations, the basis of hydromechanical equipment is made up of pumps that supply water to irrigated agricultural crops. It is impossible for reclamation pumping stations to achieve the rational use of energy and water resources when managing the water supply process only by changing the technological and operational parameters alone. The use of speed-controlled electric drives of pumping units allows you to control the main of the specified parameters, thereby providing effective energy-saving modes of operation of the reclamation pumping station.

Введение. Современные потребности народного хозяйства Республики Узбекистан в энергетических ресурсах имеют тенденцию к постоянному росту. Ввод в эксплуатацию новых энергетических объектов, способных покрывать все возрастающие потребности в электроэнергии, требуют вложения в их строительство значительных капитальных ресурсов. Поэтому в республике, так же как и в развитых зарубежных странах, на первый план выдвигается проблема получения прироста электроэнергии за счет ее рационального использования путем разработки и внедрения энергосберегающих технологий в различных отраслях народного хозяйства.

Известно[1,16-19], что насосные установки мелиоративных станций машинного водоподъема являются одними из наиболее массовых и энергоемких объектов. В связи с этим обеспечение энергосберегающих режимов их функционирования занимает особое приоритетное место, позволяя экономить при реализации технологического процесса водоподачи существенное количество электроэнергии в масштабе всей республики (порядка 15-20% от потребляемой).

В мелиоративных насосных станциях основу гидромеханического оборудования составляют насосы, обеспечивающие подачу воды на орошаемые массивы сельскохозяйственных культур.

Методы. Основные параметры лопастных насосов, а именно подача Q, напор H, мощность P, коэффициент полезного действия η и частота вращения n, находятся в строго определенной зависимости. Значения напора, мощности и к.п.д., зависящие от величины подачи насоса, представляются в виде системы точек в координатах Q-H, Q-P_M и Q- η. Получаемые при этом характеристики называются соответственно расходно-напорной, расходно-мощностной, расходно-к.п.д. характеристиками насоса. Указанные характеристики, определяемые экспериментальным путем при n=const в результате заводских стендовых испытаний данной марки насоса, представляют собой паспортные или каталожные характеристики [2, 3,4,5,6].

В результате математической обработки экспериментально снятых характеристик насосов Е.А. Прегер [4] предложил аналитическую зависимость расходно-напорной характеристики 136 насоса в виде уравнения параболы:

$$H=A_H-B_H\cdot Q^2 \qquad (1)$$

где A_H и B_H – постоянные коэффициенты аппроксимации расходно-напорной характеристики насоса.

Согласно [5] мощность, подводимая к валу насоса определяется как :

$$P_M=A_P\cdot Q-B_P\cdot Q^2+C_P \qquad (2)$$

где A_P , B_P , C_P - постоянные коэффициенты аппроксимации расходно – мощностной характеристики насоса.

Определим к.п.д. насоса как отношение полезной мощности $P_{пол}$ к подводимой со стороны вала насоса P_M:

$$\eta=\frac{P_{пол}}{P_M}=\frac{\gamma\cdot Q\cdot H}{102\cdot P_M} \qquad (3)$$

где γ- плотность перекачиваемой воды.
С учетом (1) и (2) имеем:

$$\eta=\frac{\gamma\cdot Q}{102}\cdot\frac{A_H-B_H\cdot Q^2}{A_P\cdot Q-B_P\cdot Q^2+C_p} \qquad (4)$$

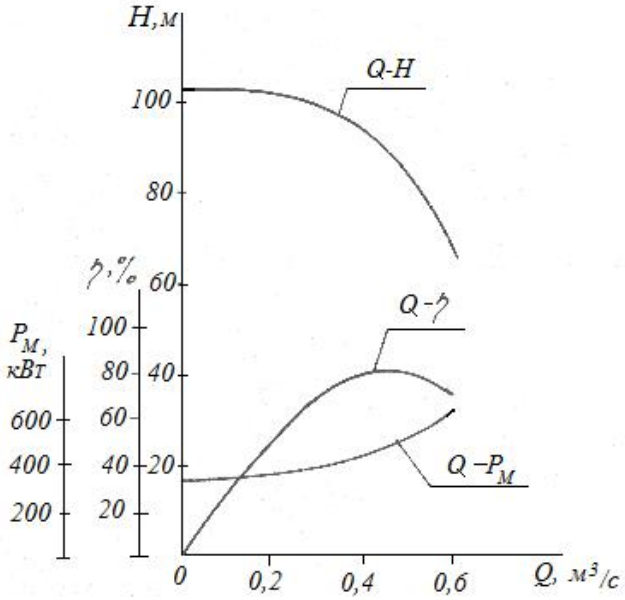


Рис.1.Характеристики насоса маски 450Д9С:
$Q_н$=0,45 м/с, $H_н$=90м, $\eta_н$=84%,
$\eta_н$=1470 об/мин, Др=540 мм

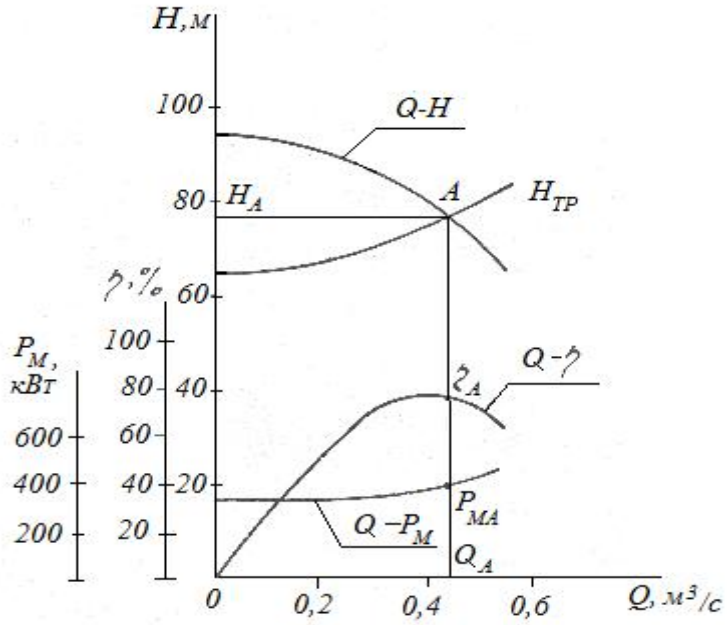


Рис.2 Работа насоса марки 450Д90 на напорную сеть
с постоянными параметрами

На рис.1.5 показаны реальные каталожные (паспортные) характеристики насоса марки 450Д90 с подачей Q = 0,45 м^3 /с , напором Н = 90 м, к.п.д. = 84 % , частотой вращения п = 1470 об/мин и диаметром рабочего колеса D = 540 мм.

Результаты. Определить рабочий режим функционирования насоса возможно лишь при условии, если известна характеристика напорной сети в системе «электродвигатель-насос-напорная сеть". В простейшем случае указанная сеть представляет собой напорный трубопровод, соединяющий насос с водовыпускным бассейном мелиоративной насосной станции машинного водоподъема (рис.1.2). Значит реальные эксплуатационные характеристики насоса могут быть получены только при совместном анализе характеристик насоса и напорной сети, на которую он работает. Характеристика напорной сети (трубопровода) H_{TP} =f(Q) показывает, какой напор должен быть развит насосом в начале напорной сети для перемещения в ней определенного количества воды. H_{TP} складывается из двух составляющих: из статического напора H_{CT}, затрачиваемого на подъем воды на заданную высоту (геодезический напор); из потерь напора на внутренне трение, трение потока о стенки рабочей сети, на преодоление местных сопротивлений, пропорциональных квадрату производительности насоса и так далее (динамический напор).

Следовательно, характеристика напорной сети с постоянными параметрами имеет вид:

$$H_{TP}=H_{CT}+R\cdot Q^2 \qquad (5)$$

где R – коэффициент сопротивления сети, зависящий от длины напорного трубопровода, его внутреннего диаметра, наличия местных сопротивлений и шероховатости стенок трубопровода, а также вязкости прекачиваемой воды.

Решая совместно уравнения (1) и (5),получим

$$Q=\sqrt{\frac{A_H-H_{CT}}{B_H-R}} \qquad (6)$$

Выражение (6) позволяет определить установившийся режим работы насоса, определяя тем самым режимную рабочую точку в системе «электродвигатель-насос-напорная сеть» при неизменных параметрах насосной установки , комплектованной по схеме согласно рис.1.2. При этом следует отметить, что насосная установка в этом простейшем случае, представляет собой насосный агрегат с комплектом гидросилового оборудования, смонтированного по определенной схеме, обеспечивающей работу насоса в заданных условиях. В более широком смысле насосной установкой (рис. 1.3 а,б и рис.1.4 а, б) называется объединение нескольких насосных агрегатов параллельно или последовательно на совместную работу в общий напорный трубопровод с комплектом соответствующего гидросилового оборудования.

На рис.2 приведена работа насоса марки 450Д90 на напорную сеть с постоянными параметрами, где точка пересечения А расходно-напорной характеристики насоса с характеристикой напорного трубопровода Н определяет режим работы насосной установки со значениями Q_A,H_A ,P_{HA} и η_A

Обсуждение. Обеспечение надлежащего энергоресурсосберегающего режима функционирования насосной установки в системе «электродвига- тель-насос-напорная сеть»,а следовательно, и в целом по мелиоративной насосной станции в определенных пределах достигается при воздействии на ее конструктивные, технологические и эксплуатационные параметры.

К конструктивным параметрам следует отнести номинальную подачу Q_H и номинальный напор $H_н$ насоса, угол разворота лопастей $\beta_Л$, фактический диаметр и конфигурацию рабочего колеса насоса D_P, компоновку напорных трубопроводов (простой или сложный трубопровод), их диаметры и длины, геометрические размеры всасывающих и коммуникационных трубопроводов, номинальные мощности и число оборотов гидросилового оборудования и т.д.[7-15]

К технологическим параметрам можно отнести уровни бьефов в подводящем (водозаборное сооружение) и отводящем (водовыпускное сооружение) каналах $\nabla H, \nabla B$, или же статический напор $H_{ст}$, покрытие графика водопотребления, количество одновременно функционирующих насосных агегатов в общую напорную сеть, текущие значения расхода Q и напора Н насосной установки, коэффициент загрузки приводных электродвигателей насосов $K_З$ и т.д.

К эксплуатационным параметрам гидросилового оборудования можно отнести напряжения на зажимах двигателей U_C их активные и реактивные мощности, энергетические показатели ($\eta_Д$,cosφ), наработку часов (t)[20,21].

Выводы:

1.Анализ показывает, что на мелиоративных насосных станциях невозможно достичь рационального использования энергетических и водных ресурсов при управлении процессом водоподачи лишь за счет изменения одних только технологических и эксплуатационных параметров. Значительный резерв кроется также и в конструктивных параметрах, которые на первый взгляд являются как бы строго заданными и неуправляемыми.

2. Применение регулируемых по скорости электроприводов насосных установок позволяют управлять основными из указанных параметров, обеспечивая тем самым эффективные энергоресурсосберегающие режимы функционирования мелиоративной насосной станции.

Литература

1. Аллаев К.Р. Современная энергетика и переспективы ее развития.-Т.: «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbuot uyi». -2021.-952 с.
2. Кривченко Г.И. Гидравлические машины. Турбины и насосы.-М.:Энергоатомиздат, -1983.-320 с.
3. Рычагов В.В. Флоренский М.М.Насосы и насосные станции. -М.:Колос, -1975,-416 с.
4. Карелин В.Я., Минаев А.В., Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, -1986,-320 с.
5. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. -М.:Энергия, -1972.-240 с.

6. Аникин Ю.В., Царев Н.С., Ушакова Л.И. Насосы и насосные станции Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2018. — 138 с. — ISBN 978-5-7996-2378-4.
7. Кумар Б.К., Ботаханов Е.К. Эксплуатация насосных и компрессорных станцийУчебное пособие. — Алматы: КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, 2015. — 392 с. — ISBN 978–601–228–766–0.
8. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Абитов Р.Н. Расчет и проектирование канализационной насосной станцииУчебно-методическое пособие /А.В. Бусарев, А.С. Селюгин, Р.Н. Абитов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2015. – 79 с.
9. Сергеев А.И., Ветров Е.П. Насосы и воздуходувные станции. Проектирование и расчет насосных станцийУчеб. пособие. - Иркутск: Изд-во ИрГту, 2008. - 75 с
10. Abidov K.G., Xamudxanova N.B. Mathematical model of the pumping unit of machine water lifting systems. E3S Web of Conferences Volume 216 (2020). Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” (RSES 2020). Kazan, Russia, September 21-26,2020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601111
11. Abidov K.G ,Zaripov Odiljon, Zaripova Shaxlo. Automatic drive -support method for constant pressure maintanence at pump units of the hydraulic power stations. E3S Web of Conferences Volume 216 (2020). Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” (RSES 2020). Kazan, Russia, September 21-26, 2020. https://doi.org/10.1051/ e3sconf/ 202021601110
12. Абидов К.Г., Зарипов О.О., Назруллаева О.А.,Бердиев У.И.Automatic drive -support method for constant pressure maintenance at pump units of the hydraulic power stations. Technical science and innovation. TSTU- Tashkent, 2020. №1.- p.161-166.
13. Абидов К.Г., Зарипов О.О., Моделирование режимов самозапуска асинхронных двигателей для релейной защиты и автоматики насосной станции. Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Ташкент, ТашГТУ, №3-4, 2020.стр.179-182.
14. Абидов К.Г., Хамудханова Н.Б. Математическая модель насосной установки систем водоподъемных насосных станций. Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. Россия.№1,2021.С.27-32.
15. Абидов К.Г., Хамудханова Н.Б. Аналитическая математическая модель насосной установки систем машинного водоподъема. Международная научно-техническая конференция: “Тенденции развития альтернативной и возобновляемой энергетики: проблемы и решения” 2021 год 17-18 Май. Сборник докладов под общей редакцией академика Захидова Р.А. Ташкент.2021. С.481-485.
16. Қадиров А.А.,Хамудханов М.М. Методы исследования и расчета энерго-ресурсосберегающих режимов работы водоподъемных насосных станций.-Т.”Янги аср авлоди”,2013.-120 с.
17. Камалов Т.С. Частотнорегулируемый электропривод насосных станций систем машинного орошения.-Ташкент:Фан,2014.-368 с.
18. Камалов Т.С. Регулируемый электропривод оросительных насосных станций. Ташкент:Фан,1987.-80 с.
19. Камалов Т.С., Ахмедов И. Оптимизация режимов работы насосных станций. Ташкент: Фан, 1988.-60 с.
20. АршиневскийН.Н.,Поспелов Б.Б. Переходные процессы крупных насосных станция. М.:Энергия, 1980.-110 с.
21. Васильев Ю.С., Висарионов В.И., Кубишкин Л.И.Решение гидротехнических задач на ЭВМ. – М.:Энергоатомиздат,1987.-158 с.