

## ДОСТИЖЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ



**Хужжакулов Рустам**  
д.т.н., профессор  
[0009-0007-6082-0042]



**Турсунов Феруз Юлдошев**  
научный соискатель  
[0009-0001-5350-5999]



**Исломов Илхом Мустонович**  
докторант  
[0009-0000-2307-5863]

Каришинский инженерно-экономический институт

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

**Аннотация.** Анализ различных способов регулирования насосных агрегатов при эксплуатации насосных станций показал, что при управлении графиком водоподачи наиболее оптимальным способом является изменение частоты вращения вала рабочего колеса. Авторами проанализированы графики изменения гидравлического КПД от изменения частоты вращения, рабочие характеристики насоса при КПД отличного от номинального значения, выявлены специфические особенности режимов работы насосных станций орошения. Данная статья и посвящена этому актуальному вопросу.

**Ключевые слова:** Надёжность, безопасность, эксплуатация, насосные станции, водный поток, проточная часть, режимы насосов, гидравлические процессы, график водоподачи гидроэнергетики, турбулентный режим.

### *Nasos stansiyalaridan foydalanishni samarali boshqarishga erishish*

**Аннотация.** Nasos stansiyalarining ishlashi paytida nasos agregatlarini tartibga solishning turli usullarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, suv ta'minoti jadvalini boshqarishda pervanel milining aylanish tezligini o'zgartirish eng maqbul usul hisoblanadi. Mualliflar gidravlik samaradorlikning aylanish tezligining o'zgarishi grafikalarini, nominal qiymatdan farq qiladigan samaradorlikdagi nasosning ishlash xususiyatlarini tahlil qildilar, sug'orish nasos stansiyalarining ishlash rejimlarining o'ziga xos xususiyatlarini aniqladilar. Ushbu maqola ushbu dolzarb masalaga bag'ishlangan.

**Kalit so'zlar:** Ishonchlilik, xavfsizlik, ishlash, nasos stansiyalari, suv oqimi, oqim qismi, nasos rejimlari, gidravlik jarayonlar, suv ta'minoti jadvali, gidroenergetika, turbulent rejim.

### *Achieving effective management of pumping station operation*

**Abstract.** An analysis of various ways of regulating pumping units during the operation of pumping stations has shown that when controlling the water supply schedule, the most optimal way is to change the speed of rotation of the impeller shaft. The authors analyzed the graphs of changes in hydraulic efficiency due to changes in rotational speed, the operating characteristics of the pump at an efficiency other than the nominal value, and identified specific features of the operating modes of irrigation pumping stations. This article is devoted to this topical issue.

**Key words:** Reliability, safety, operation, pumping stations, water flow, flow part, pump modes, hydraulic processes, water supply schedule, hydropower, turbulent regime.

**Введение.** Надёжность и безопасность эксплуатации насосных станций (НС) зависит от выполнения условий, обеспечивающих минимальные воздействия на НС, связанные с состоянием водного потока в проточной части и режимов насосов [1,2].

При эксплуатации НС в водные источники поступает, как принято считать, нормативно-чистая вода, с повышенным температурным режимом [3,4]. Большое количество взвешенных, донных наносов, плавника и повышенная температура влияет на состояние гидромеханического оборудования [5,6]. Множество приложений гидравлики жидкости

включают транспортировку частиц наносов крупного размера. Для проведения расчётов вязкого течения были построены трехмерные геометрические модели проточной части насоса с использованием программного комплекса SolidWorks [7,8]. При очень разбавленной суспензии поведение инерционных частиц значительно отличается от жидкостных с концентрацией в определенных участках потока. Статистика этих явлений является объектом теоретических и экспериментальных исследований. В них насосы используются для всех видов работ, где требуется поднять уровень поверхностных вод на 1-3 м для орошения

и дренажа [9,10]. Проблема определения средней скорости осаждения инерционных частиц имеет актуальность в исследованиях влияния вихревой структуры, моделированных течений, вращающихся в противоположных направлениях проточной части насосов. Расчет сложных переходных процессов является одним из самых ответственных этапов эксплуатации НС. Разработку методов управления режимами сопрягающих сооружений НС с переходными процессами целесообразно сконцентрировать на элементах устройств, защищающих основное оборудование [11,12]. Значительное внимание необходимо уделить характеру управления, которое выполняет обслуживающий персонал станции. При автоматическом управлении все операции выполняют соответствующие приборы-автоматы, расположенные внутри здания станции. Современными заданиями кроме режимов являются ресурсосберегающие технологии управления потоком в насосных станциях [13,14]. Дистанционное управление осуществляется с диспетчерского пункта, расположенного на некотором расстоянии от НС. Особенно большое значение имеют исследования нестационарных процессов, возникновение которых связано с частыми включениями и выключениями насосов.

**Материалы и методы.** Оптимальный уровень надежности определяется исходя из минимума суммы затрат на возведение и эксплуатацию оборудования по экономическим расчётам, обеспечивающих нормальную эксплуатацию в течение заданной степени риска. Статистический уровень основан на обобщении опыта эксплуатации оборудования одинаковых типов и конструкций. На первом этапе решения этой задачи необходимо установление количественного критерия нормативного уровня надежности. Метод предельных состояний базируется на официальных нормативных документах и принят к дальнейшим расчётам.

При выполнении работы использованы методы гидравлического исследования структуры потока в узлах насосных станций для обеспечения нормального функционирования гидромеханического оборудования НС на основе общеизвестных методов измерений. Методика исследований уточнялась в процессе

имитационного изучения гидравлических процессов, соответствующих различным режимам эксплуатации [15,16]. Достоверность полученных данных в ходе теоретических исследований доказана математическими методами проверки адекватности результатов экспериментов и натурных исследований при эксплуатации насосов.

Результаты изучения проблем и перспектив информационных технологий для обеспечения внедрения новых инновационных подходов в гидроэнергетике используются для создания ГИС. Объединение результатов различных научных исследований в одну ГИС-базу применено в качестве универсального инструмента моделирования [17].

**Результаты и обсуждение.** Модернизация гидромеханического оборудования должна включать комплекс устройств и приспособлений, предназначенных для выполнения задач управления технологическим процессом. В основе современных гидротехнических методов лежит картина параллельно-струйного движения жидкости, скорости которого (осреднённые при турбулентном режиме), в общем, параллельны междусобойисосью потока, то есть, нормальны к поперечным сечениям потока. Серия расчетных исследований течения с использованием одной, двух и трёх ступеней насоса показала, что добавление в расчётную область третьей ступени не оказывает существенного влияния на результаты, но увеличивает (более чем на 30%) вычислительные затраты. В тоже время схема с расчётом одной ступени не позволяет осуществить оценку качеств промежуточной ступени и параметров потока на входе в неё [8,18].

Авторы выполняли экспериментальные исследования на модернизированных НС. НС “Нарпай” выбрана из-за улучшенных параметров австрийского насоса фирмы “ANDRITS” SPNP80-700SI CD с подачей - 1,58 м<sup>3</sup>/с (56,88 м<sup>3</sup>/ч), напором -77 м, мощностью двигателя- 1600 кВт, n 990 об/мин (рис.1).

Методы управления позволяют уменьшить неблагоприятные гидравлические режимы подвода воды к насосам. Гидравлические исследования показали, что инерция частиц



Рис.1. Компоновка насосных агрегатов НС «Нарпай».

имеет важное влияние на движение потока в проточной части. Происходит изменение взвешенности в потоке и частицы наносов в основном оседают быстрее, чем в стоячей жидкости. Скорость осаждения наблюдается только при большой инерции. Частицы с малой инерцией падают вниз по сторонам рабочих узлов насосов. Исследования проводились и в случае частиц легче жидкости (например, пузырьки воздуха в воде при кавитации).

Анализ различных способов регулирования насосных агрегатов при эксплуатации НС показал, что при управлении графиком водоподдачи наиболее оптимальным способом является изменение частоты вращения вала рабочего колеса. Расчеты для НС «Нарпай» показали, что при использовании частотного преобразователя экономия электроэнергии достигает 15-35% [16,20].

Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса от номинальной частоты имеющих избыточные напоры НС ведет к их уменьшению и к уменьшению потребляемой электроэнергии. Но это также ведет к уменьшению КПД. Неоднозначность влияния изменения частоты вращения вала на энергоэффективность насоса требует дополнительных исследований.

Целью исследований в настоящей работе было сопоставление эффективности работы насосного агрегата с использованием относительных показателей, где все значения определялись относительно базовых значений параметров при номинальной частоте вращения. Анализ графика, полученного по результатам проведенных испытаний, показывает, что кривая на рисунке 2 имеет характерные участки, соответствующие диапазону изменения частот вращения, сначала приблизительно до 35%, при котором не происходит изменения гидравлического КПД, а далее в диапазоне изменения частот в пределах 35-75 % (рис.3).

КПД электродвигателя и преобразователя частоты будет меняться при изменении скорости вала насоса. Работа насоса с уменьшением нормативного значения КПД увеличивает потребляемую мощность. Рабочие характеристики насоса показаны на рис. 4.

**Выводы.** 1. Модернизация оборудования НС должна включать комплекс устройств,

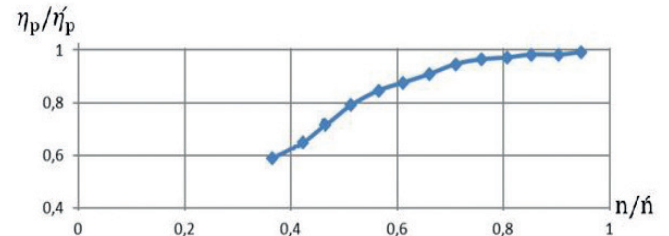


Рис. 2. График изменения КПД насоса от изменения частоты вращения.

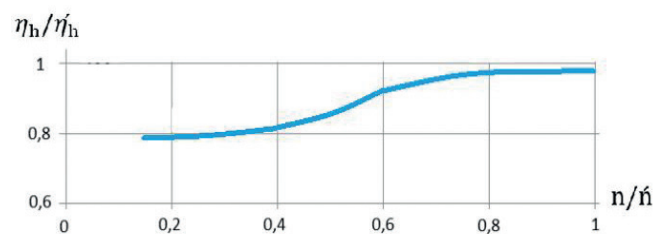


Рис. 3. График изменения гидравлического КПД от изменения частоты вращения.

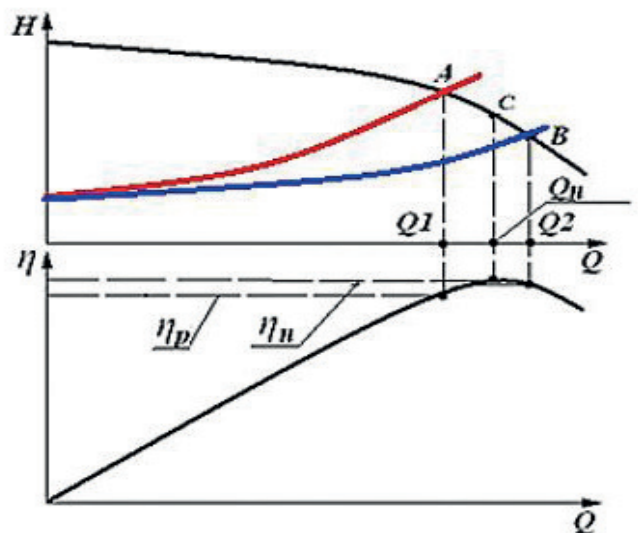


Рис. 4. Рабочие характеристики насоса при КПД отличного от номинального значения.

предназначенных для выполнения новых задач управления технологическим процессом. При управлении графиком водоподдачи наиболее оптимальным способом является изменение частоты вращения вала рабочего колеса. Целью исследований в настоящей работе было сопоставление эффективности работы насосного агрегата с использованием относительных показателей, где все значения

определялись относительно базовых значений параметров при номинальной частоте вращения.

2. Повышение надёжности при эксплуатации НС в настоящее время основывается на проектировании новых конструкций узлов насосных агрегатов, способах гидравлического расчета потока в проточной части насосов и управления регулирования режимов путем изменения частоты вращения по критерию экономичности. Для оценки и сопоставления изменения различных КПД насоса при изменении частоты вращения используются относительные показатели и все величины определяются по отношению к базисным при номинальной частоте вращения и максимальном КПД.

3. Проведенные экспериментальные

исследования показали, что даже незначительные изменения частоты вращения рабочего колеса, менее 40-50 %, ведут к изменению КПД. Различные виды КПД насоса при уменьшении числа оборотов меняются в различной степени. При изменении частоты вращения наибольшему изменению подвержен механический КПД. При изменении частоты на 50% гидравлическое КПД изменится на 5-10%, объемный КПД уменьшится на 30%, а механическое КПД уменьшится на 45%. Общий КПД насоса уменьшится на 50-55%. Снижение КПД при регулировании изменения частоты вращения должно учитываться при выборе методов регулирования на НС и оценке эффективности их применения.

#### Список использованной литературы

1. Kan E., Vatin N. Consumption of irrigation pumps pumping water with a high content of mechanical impurities. E3S Web of Conferences 365, 03011 (2023), DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336503011>
2. O. Glovatskii, Jaloliddin Rashidov, Boybek Kholbutaev and Khayrullo Tuychiev (Достижение надежности и энергосбережения в работе насосных станций.) Achieving reliability and energy savings in operate of pumping stations E3S Web of Conferences 264, 03003 (CONMECHYDRO 2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403003>
3. R.Xujakulov, M Zaripov and U Normurodov Subsidence deformations of the foundations of hydraulic structures E3S Web of Conferences 264, 03069 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403069> CONMECHYDRO - 2021
4. Tong, S.; Zhao, H.; Liu, H.; Yu, Y.; Li, J.; Cong, F. Multi-objective optimization of multistage centrifugal pump based on surrogate model. J. Fluids Eng. 2020, 142, 011101. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Ergashev R.R., New aspects of reliability function of irrigation pumping stations. //European Science review Scientific journal Austria, Vienna. № 1-2 2017 -P.247-249(05.00.00;№ 3)
6. Zhou Weidong, Zhao Zhimei, Lee T. S. and Winoto S. H.(2003), "Investigation of flow through centrifugal pump impellers using computational fluid dynamics", International Journal of Rotating Machinery, Vol. 9, Issue 1, pp 49-61.
7. RustamXujakulov, Sergey Zasov. Studying of Deformation Properties of the Additive Bases with the Help utilizing Special Installation. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol.6, Issue 5, May 2019. [www.ijarset.com](http://www.ijarset.com)
8. В.А. Алексеевский, А.А. Жарковский, П.В. Пугачёв Исследование структуры потока и прогнозирование характеристик секционного центробежного насоса низкой быстроходности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13, №1(2), 2011 с.407-410
9. T. J. Krupnik, S. Santos Valle, A. J. McDonald, S. E. Justice, I. Hossain, and M. K. Gathala, Made in Bangladesh: Scale-appropriate machinery for agricultural resource conservation. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico, 2013, pp. 66-78.
10. Shaazizov F, Uralov B, Shukurov E and Nasrulin A 2019 Development of the computerized decision-making support system for the prevention and revealing of dangerous zones of flooding (E3S Web of Conferences 97 FORM-2019 05040 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705040>).
11. F. De Lillo, F. Cecconi, G. Lacorata and A. Sedimentation speed of inertial particles in laminar and turbulent flows / INFN sezione Università di Roma "La Sapienza" - Roma, Italy, EU, 2008 <https://doi.org/10.1209/0295-5075/84/40005>
12. Гловацкий О. Я., Шарипов Ш. М., Исмаилов Н. М., Сапаров А. Б. Новые методы управления технологическими режимами сопрягающих сооружений насосных станций // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия» - Новочеркасск, №1(77), 2020. - с 74-79.
13. Rustamov Sh. R., Nasirova N. R. Constructive peculiarities of modernized centrifugal pump // European science review, № 3-4, 2018. Vienna. pp-278-280.
14. О.Я.Гловацкий, Р.Р.Эргашев, Б.М.Шакиров. Совершенствование ресурсосберегающих технологий управления потоком в насосных станциях. (Improving resource-saving flow control technologies in pumping stations) "Қишлоқ хўжалигида ресурс тежовчи инновацион технологиялардан самарали фойдаланишнинг илмий-амалий асослари" мавзусидаги халқаро илмий ва илмий-техник анжуман мақолалар тўплами 1 -Кисм, Андижон 2023 с.574-579.
15. Bakir F., Koudri S., Belamri T., and Rey R.,(2001), "On a general method of unsteady potential calculation applied to the compression stages of a turbo machine—Part I: Theoretical approach," Journal of Fluids Engineering, Vol. 123, no. 4, pp. 780–786.
16. E.Kan, M.Mukhammadiev, N.Ikramov. Methods of regulating the work of units at irrigation pumping stations. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 869, (2020) 042009.
17. M.Mukhammadiev, A. Nasrulin A.Mukolyants D.Ergasheva A complexly method of GIS technologies and models used in the development of environmentally modes of hydraulic and hydropower facilities in Uzbekistan IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012132>
18. W. Sanghirun and W. Asvapoositkul, "On the flow visualization for assessment in the analysis and design of a conical hollow shaped impeller," in The 14th Asian Symposium on Visualization, Beijing, China, May 22-26 2017.
19. Natural Resources Conservation Service, "Chapter 8 Irrigation Pumping Plants," in Part 623 Irrigation National Engineering Handbook. Department of Agriculture, United States, 2016.
20. Naim Ismoilov, Naira Nasirova, Boybek Kholbutaev, Khusnora Khusanbayeva and Odil Nazarov Technology of water supply to water inlets of pumping stations IPICSE 2021 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012156>
21. M.M.Khamudkhanov, R.K. Dusmatov Controls of the modes of operation of the pumping station with application of frequency-controlled electric drive 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 862 062048 doi:10.1088/1757-899X/862/6/062048 .