SUV TA'MINOTI NASOS STANSIYALARIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARINI TANLASHNING BOSQICHLI YONDASHUVI (ZARAFSHON INSHOOTI MISOLIDA)

Idiyev H. M.
Samarqand davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
Mirzayev M. A.
Buxoro davlat texnika universiteti assistenti
Inomov D. I.
Buxoro davlat texnika universiteti assistenti
E-mail: mirzayevmirzabek1996@gmail.com

Annotatsiya. *Mazkur maqolada nasos stansiyalarining gidravlik va energetik ish rejimlarini takomillashtirishga oid 11 ta ilmiy manba qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot davomida suv qabul qilish sharoitlarini yaxshilash, ishchi bosimni muvofiqlashtirish, nasos agregatlari yuklamasini ratsional taqsimlash hamda ekspluatatsion rejimlarni optimallashtirishga qaratilgan ilmiy-uslubiy yondashuvlar tizimlashtirilgan. Tahlil natijalari asosida Zarafshon suv tozalash va uzatish inshooti uchun elektr energiyasi iste'molini statistik tahlil qilish, gidravlik va energetik parametrlarni o'lchash hamda texnik cheklovlarni hisobga olgan holda muqobil ish rejimlarini baholashdan iborat uch bosqichli metodik yondashuv taklif etilgan. Ushbu yondashuv energiya tejalishini keyingi tadqiqotlarda ilmiy asosda miqdoriy baholashning metodik asoslarini belgilashga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *nasos stansiyasi, energiya samaradorligi, gidravlik rejim, yuklamani taqsimlash, optimallashtirish, solishtirma elektr sarfi.*

Аннотация. *В данной работе проведён сравнительный анализ 11 научных источников, посвящённых совершенствованию гидравлических и энергетических режимов работы насосных станций. В ходе исследования систематизированы научно-методические подходы, направленные на улучшение условий водозабора, согласование рабочего давления, рациональное распределение нагрузки между насосными агрегатами и оптимизацию эксплуатационных режимов. На основе результатов анализа предложен трёхэтапный методический подход для сооружения очистки и подачи воды «Зарафшан», включающий статистический анализ потребления электрической энергии, измерение гидравлических и энергетических параметров, а также оценку альтернатив-*

ных режимов работы с учётом технических ограничений. Предлагаемый подход служит методической основой для научно обоснованной количественной оценки энергосбережения в последующих исследованиях.

Ключевые слова: *насосная станция, энергоэффективность, гидравлический режим, распределение нагрузки, оптимизация, удельный расход электроэнергии.*

Abstract. *This article presents a comparative analysis of 11 scientific publications devoted to improving the hydraulic and energy operating modes of pumping stations. The study systematizes scientific and methodological approaches aimed at improving water intake conditions, regulating operating pressure, rationally distributing pump unit loads, and optimizing operational modes. Based on the analysis results, a three-stage methodological approach is proposed for the Zarafshan Water Treatment and Supply Facility, including statistical analysis of electricity consumption, measurement of hydraulic and energy parameters, and evaluation of alternative operating modes considering technical constraints. This approach provides a methodological basis for the scientifically grounded quantitative assessment of energy savings in future research.*

Keywords: *pumping station, energy efficiency, hydraulic operating mode, load distribution, optimization, specific electricity consumption.*

Kirish

Suv ta’minoti inshootlarida nasos agregatlari ish rejimining tanlanishi elektr energiyasi iste’moli, suv uzatish barqarorligi va ekspluatatsion xarajatlarga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun energiya sarfini baholash bilan bir qatorda, unga ta’sir etuvchi texnologik omillarni ajratish va tegishli boshqaruv usullarini tanlash muhimdir. Nasos stansiyalarining texnik-iqtisodiy holatini o‘rganishga bag‘ishlangan ishlarda uskunalarni modernizatsiya qilish, texnik xizmatni yaxshilash va energiya resurslaridan samarali foydalanishning ahamiyati ko‘rsatib o‘tilgan [2, 8].

Zarafshon suv tozalash va uzatish inshootining energetik ko‘rsatkichlarini o‘rganishda 2025-yil davomida qayd etilgan oylik elektr energiyasi iste’moli ma’lumotlariga tayanamiz. Ushbu ma’lumotlar elektr energiyasi iste’molining vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini tahlil qilish imkonini beradi. Biroq mazkur tadqiqotda asosiy e’tibor alohida nasos agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti yoki gidravlik yo‘qotishlarini hisoblashga emas, balki energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy yondashuvlarning amaliy qo‘llanish imkoniyatlarini baholashga qaratilgan. Shu sababli ishning asosiy maqsadi — ilmiy adabiyotlarda bayon etilgan energiya samaradorligini oshirish usullarini qiyosiy tahlil qilish, ularni qo‘llash uchun

zarur gidravlik va energetik parametrlarni aniqlash hamda inshootning ekspluatatsion sharoitlariga mos bosqichli baholash metodikasini ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism

Birinchi yo‘nalish suv qabul qilish qismi va nasos oldidagi oqimning gidravlik tuzilishini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlarni qamrab oladi. Khasanov, Azimov va Djurabekov tomonidan olib borilgan tadqiqotda naturaviy sinovlar hamda energiya-gidravlik baholash usullari qo‘llanilgan [1]. Ergashev va hammualliflar tomonidan suv qabul qilish kamerasida oqimning bir tekis taqsimlanishini ta’minlovchi konstruktiv yechimlar tadqiq etilgan [3]. Mazkur yondashuvlarni amaliyotga tatbiq etishda suv sathi, oqim tezligi, so‘rish sharoitlari va nasosning ishchi nuqtasiga oid ma’lumotlar muhim ahamiyatga ega. Taklif etilgan yechimlarning amaliy samaradorligi inshootning haqiqiy gidravlik sxemasi va ekspluatatsion sharoitlariga bog‘liq.

Ikkinchi yo‘nalish bosim va suv sarfi rejimlarini boshqarish usullariga asoslangan tadqiqotlarni o‘z ichiga oladi. Swietochowska va Bartkowska tomonidan olib borilgan tadqiqotda nasoslarning ishchi bosimi, agregatlar soni hamda tarmoq sxemasining muqobil variantlari matematik modellashtirish asosida baholangan [4]. Suv ta’minoti tarmoqlarini modellashtirishga bag‘ishlangan boshqa tadqiqotda esa ish rejimi parametrlarini optimallashtirish usullari ko‘rib chiqilgan [10]. Ushbu yondashuvlarni muayyan inshoot sharoitlariga moslashtirishda suv uzatish hajmiga bo‘lgan talab, quvur tarmog‘idagi gidravlik yo‘qotishlar hamda zarur bosim chegaralarini hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Uchinchi yo‘nalish nasos agregatlarining ish rejimlarini rejalashtirish va ular o‘rtasida yuklamani optimal taqsimlashga qaratilgan tadqiqotlarni qamrab oladi. Ramos, Costa va Gonçalves tomonidan genetik algoritm hamda sun’iy neyron tarmoqlaridan foydalanishga asoslangan optimallashtirish yondashuvi ishlab chiqilgan [5]. Yao va hammualliflar tomonidan nasos agregatlari o‘rtasida yuklamani ratsional taqsimlash masalasi tadqiq etilgan [7]. Batista do Egito va hammualliflar tomonidan esa nasos agregatlari va suv saqlash sig‘imlarining o‘zaro muvofiqlashtirilgan ish rejimlarini boshqarish usullari o‘rganilgan [11]. Mazkur yondashuvlarni amaliyotga tatbiq etishda nasos agregatlarining texnik xarakteristikalari, ishga tushirish cheklovlari, suv iste’moli grafigi hamda suv saqlash sig‘imlarining ekspluatatsion imkoniyatlari asosiy omillar sifatida qaraladi.

To‘rtinchi yo‘nalish nasos stansiyalarining energetik samaradorligini oshirishga ta’sir etuvchi iqtisodiy va tashkiliy omillarni o‘rganishga asoslangan. Napierała tomonidan elektr energiyasining tarif tizimlarini maqbullashtirish orqali ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkoniyatlari baholangan [9]. Bunda tariflarni optimallashtirish natijasida erishilgan iqtisodiy tejamkorlik elektr energiyasining

fizik iste'moli kamayishidan farqlanishi asoslangan. Marks tomonidan olib borilgan tadqiqotda suv ta'minoti tizimlarining barqaror faoliyatini ta'minlashda boshqaruv mexanizmlari va texnik qo‘llab-quvvatlash omillarining ahamiyati yoritilgan [6]. Ushbu tadqiqotlar natijalari texnik yechimlarning samaradorligini baholashda ekspluatatsion xarajatlar, boshqaruv sharoitlari va texnik xizmat ko‘rsatish imkoniyatlarini kompleks hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Natijalar va muhokama

Qiyosiy tahlil natijasida usullarni birdaniga joriy etish o‘rniga, ularga zarur ma'lumotlarning mavjudligi bo‘yicha ketma-ket baholash taklif etilgan. Birinchi bosqich — energiya iste'molining boshlang‘ich holatini tavsiflash. Bunda har bir oy bo‘yicha elektr energiyasi sarfi E_{m} (kW·soat) va kalendar kunlar soni d_{m} asosida o‘rtacha kunlik sarf aniqlanadi:

$$x_{\text{m}} = E_{\text{m}}/d_{\text{m}}. \quad (1)$$

Zarafshon suv tozalash va uzatish inshootining 2025-yildagi elektr energiyasi iste'moli bo‘yicha amalga oshirilgan hisoblashlar natijasida yillik umumiy elektr energiyasi sarfi 1 142 424,88 kW·soatni, kalendar kunlari bo‘yicha o‘rtacha kunlik iste'mol esa 3 129,93 kW·soat/kunni tashkil etishi aniqlangan. Mazkur ko‘rsatkichlar keyingi bosqichlardagi qiyosiy tahlillar uchun boshlang‘ich hisoblash bazasi sifatida qabul qilingan. Bunda hisoblangan qiymatlar alohida nasos agregatlarining emas, balki inshootning umumiy elektr energiyasi iste'molini ifodalaydi.

Ikkinchi bosqich — agregatlar va gidravlik tizim bo‘yicha zarur o‘lchovlarni to‘plash. Bunda har bir ishlayotgan nasosning suv sarfi Q_{i}, hosil qiladigan bosimi H_{i}, ishlash davomiyligi t_{i}, elektr quvvati P_{i} va foydali ish koeffitsiyenti η_{i} qayd etilishi kerak. Suv uzatish hajmi V hisobga olinganda inshootning umumiy solishtirma elektr sarfi quyidagi ko‘rsatkich bilan tavsiflanadi:

$$e = E/V\,,[kW \cdot soat/m^3]. \quad (2)$$

Agar E umumiy hisoblagich ko‘rsatkichi bo‘lsa, e tozalash va uzatish jarayonlarining jamlangan ko‘rsatkichidir. Nasoslarning alohida energetik samaradorligini baholash uchun tegishli agregatlar elektr sarfini mustaqil o‘lchash talab qilinadi. Nasosning hisobiy quvvati suv sarfi Q(m³/s), to‘liq napor H (m) va umumiy foydali ish koeffitsiyenti η orqali quyidagicha baholanishi mumkin:

$$P = \rho g Q\,H/(\,1000\eta), [kW]. \quad (3)$$

Bu yerda ρ — suv zichligi (kg/m³), g — erkin tushish tezlanishi (m/s²). Hisobiy va o‘lchangan elektr quvvatini taqqoslashda dvigatel va uzatma samaradorligining qaysi koeffitsiyentga kiritilgani bir xil qabul qilinishi lozim. Mazkur o‘lchovlar qaysi agregatda va qaysi rejimda qo‘shimcha diagnostika zarurligini ajratishga yordam beradi.

Uchinchi bosqichda nasos stansiyasining gidravlik va energetik xususiyatlarini hisobga olgan holda muqobil ekspluatatsion rejimlarni qiyosiy baholashga asoslangan yondashuv qaralgan. Bunda [4] va [10] tadqiqotlarda keltirilgan ishchi bosim va nasos agregatlari sonini optimallashtirish, [7] manbada asoslangan yuklamani ratsional taqsimlash hamda [11] tadqiqotda yoritilgan suv saqlash sig‘imlaridan foydalanish orqali ish rejimlarini muvofiqlashtirish usullarining amaliy qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Mazkur yondashuvlarning samaradorligi suv uzatish hajmi, tarmoqdagi zarur bosim, kavitatsiya xavfi va nasos agregatlarining ruxsat etilgan ekspluatatsion chegaralari bilan bevosita bog‘liq. Shu nuqtayi nazardan, muqobil ish rejimlarining maqbulligini aniqlashda elektr energiyasi sarfi bilan bir qatorda suv ta’minotining uzluksizligi, texnologik talablarning bajarilishi va uskunalarning ekspluatatsion ishonchliligini kompleks baholash asosiy mezon sifatida belgilangan.

Taklif etilgan ketma-ketlikning amaliy afzalligi shundaki, birinchi bosqich mavjud hisob ma’lumotlari bilan bajariladi, keyingi bosqichlar esa aniq o‘lchovlar to‘plangan sari kengaytiriladi. Bu holat adabiyotlarda qayd etilgan energiya tejash foizlarini Zarafshon inshootiga tekshirilmasdan ko‘chirishning oldini oladi.

Xulosa

Nasos stansiyalarining energetik samaradorligini oshirishga oid ilmiy tadqiqotlarning qiyosiy tahlili asosida mavjud yondashuvlar gidravlik takomillashtirish, ekspluatatsion ish rejimlarini optimallashtirish hamda tashkiliy-iqtisodiy boshqaruv yo‘nalishlari bo‘yicha tizimlashtirilgan. Zarafshon inshooti uchun avvalo umumiy elektr iste’molini tizimli qayd etish, so‘ng agregatlar kesimidagi suv sarfi, napor va elektr quvvatini aniqlash hamda shundan keyin muqobil ish rejimlarini qiyoslash maqsadga muvofiq. Tadqiqotning taklif etilayotgan natijasi energiya tejalishining tasdiqlangan miqdori emas, balki ushbu miqdorni keyingi naturaviy sinov va hisoblashlar orqali asosli aniqlashga xizmat qiluvchi bosqichli metodikadir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khasanov B., Azimov A., Djurabekov A. Full-scale testing of water intake pumps of pumping stations // E3S Web of Conferences. — 2019. — Vol. 97. — Article 05017. — P. 1–8.

2. Kodirov D. T., Ermanov R. A., Sherbaev M. R., Musurmonov M. A. Analysis of pump stations operation mode and measures to improve them // E3S Web of Conferences. — 2023. — Vol. 401. — Article 02020.

3. Ergashev R., Ismoilov N., Nasirova N., Kholbutaev B., Khusanbayeva Kh., Nazarov O. Technology of water supply to water inlets of pumping stations //

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2021. — Vol. 1030. — Article 012156.

4. Swietochowska M., Bartkowska I. Optimization of Energy Consumption in the Pumping Station Supplying Two Zones of the Water Supply System // Energies. — 2022. — Vol. 15. — Article 310.

5. Ramos H. M., Costa L. H. M., Gonçalves F. V. Energy Efficiency in Water Supply Systems: GA for Pump Schedule Optimization and ANN for Hybrid Energy Prediction // Water Supply System Analysis: Selected Topics. InTech, 2012. — Ch. 4. — P. 69–94. — DOI: 10.5772/50458.

6. Marks S. J. Water system sustainability in rural sub-Saharan Africa: participation, sense of ownership, and performance. PhD dissertation. Stanford University, 2012.

7. Yao F., Yao Y., Yao B. Energy efficiency optimization of pumping stations // Proceedings of ICMML ’23. ACM, 2023. — P. 338–343. — DOI: 10.1145/3653724.3653757.

8. Kostadinova S., Cingoski V., Golubovski R., Gelev S. Increasing energy efficiency of water supply systems with pump systems power factor improvement // Informacione tehnologije IT’15. — 2015.

9. Napierała M. A Study on Improving Economy Efficiency of Pumping Stations Based on Tariff Changes // Energies. — 2022. — Vol. 15. — Article 799. — DOI: 10.3390/en15030799.

10. Swietochowska M., Bartkowska I., Gwozdziej-Mazur J. Energy Optimization of the Pumping Station // Environmental Sciences Proceedings. — 2021. — Vol. 9. — Article 37. — DOI: 10.3390/environsciproc2021009037.

11. Batista do Egito T., Azevedo J. R. G., Bezerra S. T. M. Optimization of the operation of water distribution systems with emphasis on the joint optimization of pumps and reservoirs // Water Supply. — 2023. — Vol. 23, № 3. — DOI: 10.2166/ws.2023.065.