WORLD CONFERENCE ON STUDENT - CENTERED LEARNING APPROACHES

NASOS AGREGATLARINING PARALLEL ISHLASH REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH ORQALI ELEKTR ENERGIYASI SARFINI KAMAYTIRISH

Yusupova Nargiza Eshpulatovna- Mustaqil tadqiqotchi

Annotatsiya: Maqolada sug‘orish nasos stansiyalarida bir nechta nasos agregatining parallel ishlash xususiyatlari, umumiy suv sarfi va talab etiladigan bosimga qarab agregatlar sonini tanlash hamda yuklanish darajasining elektr energiyasi sarfiga ta’siri tahlil qilinadi. Nasos agregatlarini bosqichma-bosqich ulash va o‘chirish, ish nuqtalarini maqbullashtirish hamda solishtirma elektr energiyasi sarfi orqali natijani baholash yondashuvi bayon etiladi. Grafik va hisobiy misollar metodikani tushuntirish uchun shartli ravishda berilgan; ular muayyan nasos stansiyasida o‘tkazilgan tajriba natijalari emas.

Kalit so‘zlar: parallel ishlash, nasos agregati, sug‘orish nasos stansiyasi, energiya samaradorligi, suv sarfi, bosim, yuklanish darajasi, solishtirma elektr sarfi, optimal boshqaruv.

Аннотация: В статье рассматриваются особенности параллельной работы нескольких насосных агрегатов на оросительных насосных станциях, выбор количества работающих насосов в зависимости от требуемой подачи и напора, а также влияние загрузки на потребление электроэнергии. Описаны подходы к поэтапному включению и отключению агрегатов, оптимизации рабочих точек и оценке результата по удельному расходу электроэнергии. Графики и расчётные примеры приведены условно для пояснения методики и не являются результатами испытаний конкретной насосной станции.

Ключевые слова: параллельная работа, насосный агрегат, оросительная насосная станция, энергоэффективность, подача, напор, загрузка, удельный расход электроэнергии, оптимальное управление.

Abstract: This article examines the parallel operation of multiple pump units at irrigation pumping stations, the selection of the number of operating pumps according to required flow and head, and the effect of unit loading on electricity consumption. It describes staged pump sequencing, operating-point optimization, and evaluation using specific electricity consumption. The graphs and calculation examples are illustrative and are not test results from a particular pumping station.

Keywords: parallel operation, pump unit, irrigation pumping station, energy efficiency, flow rate, head, load level, specific electricity consumption, optimal control.

Sug‘orish tizimlarida suvga bo‘lgan talab kun, hafta va mavsum davomida o‘zgaradi. Nasos stansiyasi bir nechta agregat bilan jihozlangan bo‘lsa, talabni bitta agregatning ishini o‘zgartirish yoki agregatlarni ketma-ket ravishda ishga ulash orqali qoplash mumkin. Bunda faqat umumiy suv sarfini ta’minlash emas, balki agregatlarning samarali ish zonasida ishlashi, talab etilgan bosimni ushlab turish va elektr energiyasi sarfini kamaytirish muhimdir.

Parallel ishlashda agregatlarning sarflari qo‘shiladi, lekin bosimlar oddiy arifmetik yig‘indi sifatida qo‘shilmaydi. Bir xil bosimli kollektorga ulangan nasoslar uchun umumiy ish nuqtasi nasoslarning yig‘indi Q–H xarakteristikasi va quvur tarmog‘ining xarakteristikasi kesishgan nuqtada aniqlanadi. Shu sababli nasoslar sonini faqat nominal sarf bo‘yicha tanlash noto‘g‘ri natijaga olib kelishi mumkin.

Bir xil kollektorga parallel ulangan nasoslar uchun berilgan naporda umumiy suv sarfi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q\Sigma(H) = Q_1(H) + Q_2(H) + \ldots + Q_n(H)$$

Tizimning talab etiladigan napori ko‘pincha $H_t = H_s + kQ^2$ ko‘rinishida yaqinlashtiriladi. Bu yerda H_s — statik napor, kQ^2 — quvur va armaturalardagi dinamik yo‘qotishlarning soddalashtirilgan ifodasi. Nasoslar soni ortganda tizim egri chizig‘i bilan kesishish nuqtasi o‘zgaradi; shu bois har bir agregatning haqiqiy sarfi va FIKi alohida tekshiriladi.

Umumiy gidravlik quvvat:

$$Pг = ρ*g*QΣ*H$$

Agregatlarning umumiy elektr quvvati $P_{эл,}Σ = ΣP_{эл,}i$ tarzida hisoblanadi. Umumiy samaradorlik $ηΣ = ρgQΣH / P_{эл,}Σ$, solishtirma elektr sarfi esa $e = W_{эл}/V$ orqali baholanadi.

Parallel ishlash umumiy sarfni oshirish yoki talab o‘zgarishiga moslashish uchun qo‘llanadi. Ideal holda bir xil nasoslarning sarflari teng taqsimlanishi mumkin, biroq amalda ish g‘ildiragi yeyilishi, agregatlar xarakteristikasidagi farq, kollektor geometriyasi va armatura holati sababli sarflar teng bo‘lmasligi mumkin. Ishlamayotgan nasos orqali teskari oqimning oldini olish uchun qaytish klapanlari va tegishli avtomatika zarur.

Ish rejimi	Afzalligi	E’tibor beriladigan jihat
Bitta agregat ishlaydi	Talab past bo‘lganda ortiqcha agregatlarni ishga tushirish shart emas	Bitta nasosning ish nuqtasi samarali diapazonda qolishi kerak
Ikki yoki undan ko‘p agregat parallel	Katta suv sarfini ta’minlaydi, yukni taqsimlaydi	Yig‘indi Q–H egri chizig‘i va har bir nasosning ish nuqtasi tekshiriladi
Agregatlarni bosqichma-bosqich ulash	O‘zgaruvchan talabga moslashadi	Ulash/o‘chirish chegaralari, kechikish va minimal ish vaqti sozlanadi
Bitta CHY-li yetakchi nasos + doimiy tezlikdagi agregatlar	Bosim yoki sarfni silliq boshqarish imkonini beradi	Boshqaruv algoritmi, motor sovishi va nasoslararo muvofiqlik tekshiriladi

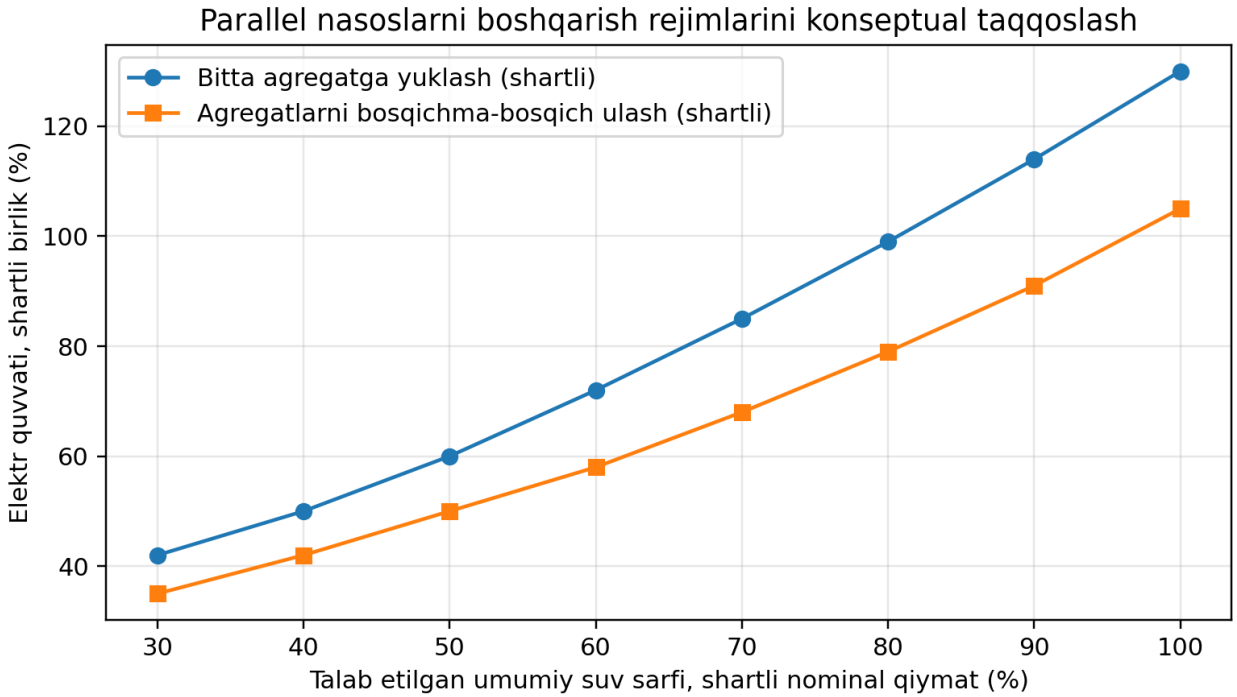
Optimal agregatlar sonini tanlashda birinchi navbatda talab etilgan umumiy suv sarfi Q_t va zarur napor H_t aniqlanadi. Keyin har bir mumkin bo‘lgan kombinatsiya uchun nasoslarning yig‘indi xarakteristikasi, ish nuqtasi, elektr quvvati va FIKi hisoblanadi. Tanlangan kombinatsiya talab etilgan sarf va naporni ta’minlashi, agregatlarning ruxsat etilgan ish zonasidan chiqmasligi hamda eng kam umumiy elektr quvvatini yoki eng kam solishtirma energiya sarfini berishi kerak.

Tanlashning soddalashtirilgan optimallashtirish mezoni:

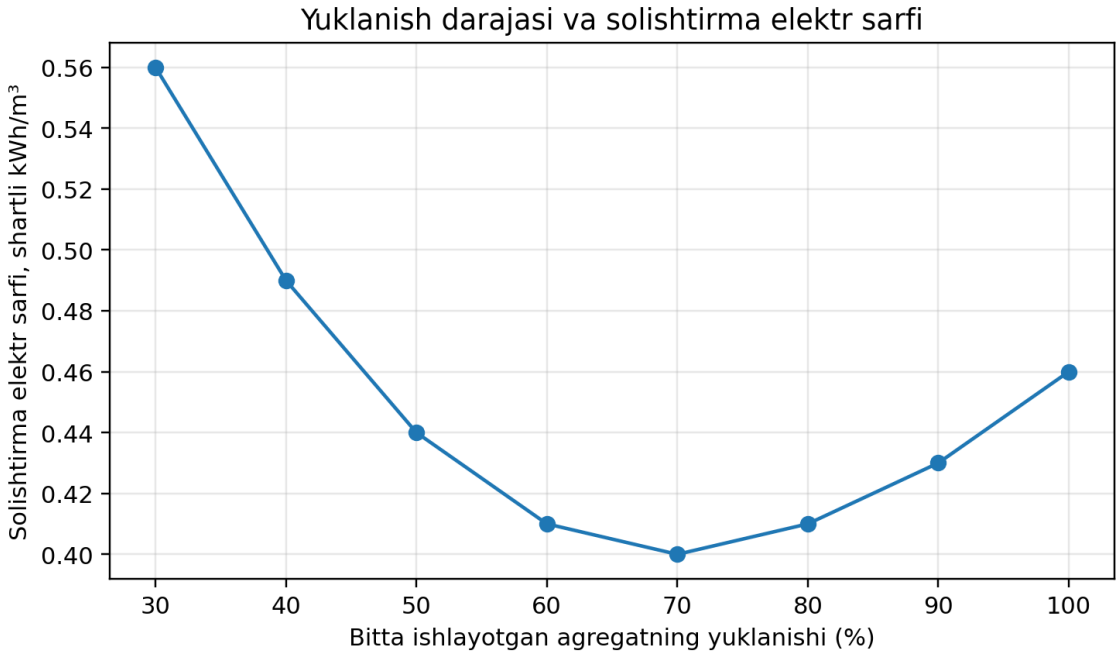
$$\mathbf{min\ P_{эл},\Sigma = min\ \Sigma\ Pэл,i(Q_i,H),\ shartlar:\ \Sigma Q_i \geq Q_т;\ H \geq H_т}$$

Amaliyotda ortiqcha suv uzatishning o‘zi ham energiya isrofiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun $\Sigma Q_i \geq Q_t$ sharti imkon qadar talabga yaqin bajarilishi, bosim esa tarmoqning minimal zarur qiymatidan oshirib yuborilmasligi kerak.

Nasosning nominal quvvatga nisbatan yuklanishi uning FIKini to‘liq ifodalamaydi. Elektr quvvati bilan birga uzatilgan suv hajmi va napor ham o‘lchanishi lozim. Nasos juda kichik sarfda ishlaganda yoki ish nuqtasi samarali diapazondan chetga chiqqanda solishtirma energiya sarfi oshishi mumkin. Boshqa tomondan, talab katta bo‘lgan va bitta agregat yetarli bo‘lmagan sharoitda qo‘shimcha nasosni ulash umumiy samaradorlikni yaxshilashi mumkin.



1-rasm. Talab o‘zgarishida bitta agregatga yuklash va agregatlarni bosqichma-bosqich ulash rejimlarining konseptual taqqoslanishi. Qiymatlar shartli, dala o‘lchovi emas.



2-rasm. Agregat yuklanishi va solishtirma elektr sarfi o‘rtasidagi shartli bog‘liqlik. Egri chiziq faqat tushuntirish uchun berilgan; haqiqiy shakl nasosning Q–H va Q–η xarakteristikalariga bog‘liq.

Solishtirma elektr sarfi ma’lum davrda iste’mol qilingan elektr energiyasini shu davrda uzatilgan suv hajmiga bo‘lish orqali aniqlanadi:

$$e = W_{эл} / V, \text{ kWh/m}^3$$

Yillik energiya tejalishini baholashda $\Delta W = (e_1 - e_2) \cdot V_y$ formulasi qo‘llanadi. Moliyaviy samara amaldagi tarif bilan hisoblanadi; texnik-iqtisodiy baholashda avtomatika, datchiklar, klapanlar, CHY va montaj xarajatlari ham kiritiladi.

Ko‘rsatkich	Formula	Birlik / maqsad
Umumiy suv sarfi	$Q\Sigma = \Sigma Q_i$ (bir xil naporda)	m^3/s yoki $m^3/soat$
Gidravlik quvvat	$Pr = \rho g Q \Sigma H / 1000$	kW (Q m^3/s bo‘lganda)
Umumiy FIK	$\eta\Sigma = Pr/P_{эл,\Sigma}$	— yoki %
Solishtirma elektr sarfi	$e = W_{эл}/V$	kWh/m^3
Nisbiy tejamkorlik	$S = (e_1 - e_2)/e_1 \times 100\%$	%
Yillik energiya tejalishi	$\Delta W = (e_1 - e_2)V_y$	kWh/yil

Optimal boshqaruv tamoyillari:

1. Talabni o‘lchash: suv sarfi va kollektor bosimini uzluksiz yoki belgilangan intervalda qayd etish.

2. Nasos kombinatsiyasini tanlash: mavjud agregatlarning xarakteristikalari asosida bitta, ikki yoki bir nechta nasos ishlaydigan diapazonlarni hisoblash.

3. Bosqichli boshqaruv: nasosni faqat qisqa muddatli tebranishlar sabab yoqib-o‘chirmaslik uchun ulash/o‘chirish chegaralari, vaqt kechikishi va minimal

ishlash/to‘xtash vaqti belgilash.

4. Ish soatlarini tenglashtirish: agregatlarning texnik holati va samaradorligi hisobga olingan holda yetakchi nasosni navbat bilan almashtirish.

5. Gidravlik himoya: qaytish klapanlari, minimal oqim, kavitatsiya, gidravlik zarba va motorning ruxsat etilgan yuklanishini nazorat qilish.

6. Natijani tasdiqlash: joriy etishdan oldin va keyin bir xil gidravlik sharoitlarda kWh/m³, suv hajmi, bosim va quvvatni taqqoslash.

Xulosa: Nasos agregatlarining parallel ishlash rejimini optimallashtirish talab etilgan suv sarfi va bosimni saqlagan holda elektr energiyasi sarfini kamaytirishning muhim usullaridan biridir. Bunda nasoslar soni faqat nominal unumdorlikka qarab emas, balki yig‘indi Q–H xarakteristikasi, tizim napori, har bir agregatning FIKi va umumiy elektr quvvati bo‘yicha tanlanishi lozim.

Eng maqbul boshqaruv strategiyasi talab past bo‘lganda ortiqcha agregatlarni ishlatmaslik, talab ortganda esa nasoslarni bosqichma-bosqich ulash va ularni samarali ish zonasida ushlab turishga asoslanadi. Biroq barcha stansiyalar uchun bir xil optimal nasoslar soni mavjud emas; natija nasos xarakteristikasi, statik napor va tarmoq qarshiligiga bog‘liq. Energiya tejashni ishonchli baholash uchun asosiy mezon bir xil gidravlik sharoitlarda aniqlangan solishtirma elektr energiyasi sarfi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. U.S. Department of Energy. Improving Pumping System Performance: A Sourcebook for Industry. 2nd ed. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2006.
2. Europump and Hydraulic Institute. Variable Speed Pumping: A Guide to Successful Applications. Oxford: Elsevier Advanced Technology, 2004.
3. Hydraulic Institute. Rotodynamic Pumps — Guideline for Operating Regions. ANSI/HI 9.6.3. Amaldagi nashr.

4. ISO 9906:2012. Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1, 2 and 3. Geneva: International Organization for Standardization, 2012.
5. IEC 61800-9-2. Adjustable speed electrical power drive systems — Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications. International Electrotechnical Commission.