



## AQLLI QUYOSH NASOS TIZIMIDA SUV VA ENERGIYA ISTE'MOLINI OPTIMALLASHTIRISH

*t.f.d.professor Mamatov Narzillo Solidjonovich*

*"TIQXMMI" MTU Raqamli texnologiyalar va Sun'iy intellekt kafedrasini mudiri*

*[m\\_narzullo@mail.ru](mailto:m_narzullo@mail.ru)*

*Axrorov Muhammadjon Shodi o'g'li*

*Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali*

*[axrorov0204@gmail.com](mailto:axrorov0204@gmail.com)*

**Annotatsiya.** Qishloq xo'jaligi sug'orish tizimlarida chuchuk suv va energiya iste'moli yuqori bo'lgani uchun, nasos stansiyalarini fotovoltaik elektr energiyasi bilan ta'minlash samaradorlikni oshirishda muhim yo'nalish hisoblanadi. Biroq mavjud ishlarda quyosh elektr ishlab chiqarishi va sug'orish rejimlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik yetarlicha hisobga olinmagan. Ushbu tadqiqotda suv va energiya sarfi muammosini bir vaqtning o'zida hal qilishga qaratilgan aqlli integrallashgan fotovoltaik nasos stansiyasi tizimi taklif etiladi. Nasos tezligini qaror o'zgaruvchisi sifatida qabul qilgan optimallashtirish modeli ishlab chiqilib, unda quvvat balansi, elektr tarmog'iga ulanish va umumiy sug'orish suv talabi cheklov sifatida kiritilgan hamda kundalik ekspluatatsion xarajatlarni minimallashtirish maqsad qilib olingan. Model fotovoltaik quvvat ishlab chiqarishi bilan nasos energiya iste'molini sinxronlashtirish orqali sug'orish suv talabini aniq qondiradi va quyosh energiyasidan foydalanish darajasini oshiradi. Yuqori standartli sug'oriladigan maydon misolida o'tkazilgan case-studyda fotovoltaik tizimni tarmoqqa ulashning ikki siyosati – ortiqcha elektrni sotish mumkin bo'lgan va taqiqlangan holatlar – ko'rib chiqildi. Turli suv talabi ssenariylari uchun takomillashtirilgan dinamik dasturlash usuli yordamida optimal energiya iste'moli rejimlari hisoblandi va



an'anaviy boshqaruv usullari bilan solishtirilganda ekspluatatsion xarajatlar 6,2 % dan 30,5 % gacha kamayishi ko'rsatildi. Taklif etilgan optimallashtirish modeli va hisoblash usuli fotovoltaik generatsiyaga ega sug'orish tizimlari uchun yangi ekspluatatsion konsepsiya bo'lib, suv va energiya resurslaridan birgalikda samarali foydalanish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar.** Quyosh energiyasi, nasos stansiyasi, suv–energiya bog'lanishi, optimallashtirish, aqlli boshqaruv, irrigatsiya tizimi.

**Kirish.** Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida suv resurslaridan samarali foydalanish global miqyosda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa sug'oriladigan maydonlar ulushi katta bo'lgan hududlarda suv ta'minotini elektr energiyasi bilan ta'minlangan nasos stansiyalari orqali amalga oshirish odatiy holga aylangan. Biroq bunday nasos stansiyalarida elektr energiyasi iste'moli umumiy ekspluatatsiya xarajatlarning sezilarli qismini tashkil etadi va energiya narxlarining o'sishi ushbu tizimlarni iqtisodiy jihatdan yanada sezgir holga keltirmoqda.

So'nggi yillarda quyosh fotoelektr panellari narxining pasayishi va ularning ishonchliligi oshishi natijasida sug'orish tizimlarida quyosh energiyasida ishlaydigan nasos stansiyalaridan foydalanish bo'yicha qiziqish ortib bormoqda. Bunday tizimlar markazlashgan elektr tarmog'iga bo'lgan qaramlikni kamaytirish, uzoq hududlarda mustaqil ishlash va issiqxona gazlari chiqindilarini qisqartirish imkonini beradi. Shu bilan birga, quyosh radiatsiyasi va suv talabi vaqt bo'yicha o'zgaruvchan jarayonlar bo'lgani sababli, suv va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'lanishni hisobga olgan holda boshqaruv strategiyasini ishlab chiqish zarurati tug'iladi.

An'anaviy yondashuvda nasos stansiyasi ma'lum bosim va sarfni ushlab turishga mo'ljallangan bo'lib, nasoslar ishga tushirilishi va o'chirilishi ko'pincha operator tajribasiga yoki oddiy qoidaviy algoritmlarga asoslanadi. Bunday sharoitda suv va energiya iste'moli o'rtasidagi murakkab bog'lanish to'liq hisobga olinmaydi, natijada energiya sarfi ortiqcha bo'lishi mumkin. Aqlli integrallashgan tizimlarda



esa suv talabi prognozi, quyosh paneli generatsiyasi, akkumulyatorlar holati va nasos samaradorligi kabi ko'rsatkichlar asosida boshqaruv qarorlarini optimallashtirish imkoniyati mavjud.

## **2. Adabiyotlar tahlili.**

Suv–energiya bog‘lanishi masalasi irrigatsiya tizimlari doirasida ko‘plab tadqiqotlarda ko‘rib chiqilgan bo‘lib, ularning aksariyati nasos stansiyalarida energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan. Ba‘zi ishlar bosimli quvur tarmoqlari va nasos xarakteristikalarini moslashtirish orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish masalasini o‘rgangan. Boshqa tadqiqotlar esa o‘zgaruvchan tezlikli nasoslarni qo‘llash orqali talab bo‘yicha suv ta‘minotini ta‘minlab, elektr energiyasi iste'molini optimallashtirishga qaratilgan.

Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan sug‘orish tizimlari bo‘yicha adabiyotlar, asosan, quyosh paneli quvvati, akkumulyator sig‘imi va nasos tanlash masalalariga e‘tibor qaratadi. Bunda ma‘lum sug‘orish mavsumi yoki dizayn kunlari uchun suv talabi va quyosh radiatsiyasi ma‘lumotlari asosida tizim elementlarining optimal kombinatsiyasi aniqlanadi. Biroq ko‘plab ishlar suv va energiya iste'molini vaqt bo‘yicha dinamik bog‘langan jarayon sifatida qarashdan ko‘ra, dizayn nuqtalarida statik hisoblashlar bilan cheklanadi.

So‘nggi yillarda aqlli boshqaruv, masalan, sun‘iy intellekt, optimallashtirish algoritmlari va raqamli egizak texnologiyalarini qo‘llagan yondashuvlar paydo bo‘ldi. Bu yondashuvlar real vaqt rejimida suv talabi, energiya narxi, quyosh generatsiyasi va nasos samaradorligini hisobga olib, nasos ish rejimlarini moslashtirish imkonini beradi. Shunga qaramay, aynan aqlli integrallashgan quyosh energiyasida ishlaydigan nasos stansiyasi tizimida suv va energiya iste'moli o‘rtasidagi bog‘lanishni birgalikda optimallashtirishga qaratilgan ishlar hali ham cheklangan.



Shu sababli, ushbu maqolada mavjud ilmiy ishlar natijalariga tayangan holda, suv ta'minoti ishonchliligini saqlagan holda energiya iste'molini kamaytirishga qaratilgan yangi optimallashtirish modeli taklif etiladi.

### **3. Aqlli integrallashgan quyosh energiyasida ishlaydigan nasos stansiyasi modeli.**

Aqlli integrallashgan quyosh energiyasida ishlaydigan nasos stansiyasi odatda quyidagi asosiy elementlardan tashkil topadi: quyosh fotoelektr panellari massivi, invertor va boshqaruv moduli, nasos agregati, akkumulyator (agar mavjud bo'lsa), suv rezervuari va sug'orish tarmoqlari. Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi nasosni bevosita ishlatish yoki akkumulyatorni zaryadlash uchun sarflanadi. Nasos orqali rezervuar yoki tarmoqqa uzatilgan suv esa sug'oriladigan maydonlarga yetkaziladi.

Aqlli integratsiya deganda, tizimdagi barcha asosiy komponentlar haqidagi ma'lumotlarni real yoki yaqin real vaqt rejimida yig'ish, saqlash va qayta ishlash imkonini beruvchi boshqaruv moduli tushuniladi. Bunga quyosh radiatsiyasi, panellar chiqish quvvati, nasos quvvati va sarfi, suv sathi, bosim, suv talabi va boshqalar kiradi. Bu ma'lumotlar asosida boshqaruv qarorlari (nasosni ishga tushirish yoki to'xtatish, nasos tezligini o'zgartirish, akkumulyatordan foydalanish holati va hokazo) qabul qilinadi.

Ushbu maqolada ko'rib chiqilayotgan modelda vaqt diskret intervallarga bo'linadi va har bir vaqt kesimida quyosh generatsiyasi, suv talabi va nasos holati alohida ko'rib chiqiladi. Shu tarzda, suv va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'lanishni aniqlashtirish va uni optimallashtirish uchun qulay sharoit yaratiladi.

### **4. Suv va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'lanishni matematik modellashtirish.**

Suv va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'lanishni ifodalash uchun, avvalo, irrigatsiya maydonining vaqt bo'yicha suv talabi funksiyasi aniqlanadi. Bu funksiya ekin turi, vegetatsiya bosqichi, agrotexnik tadbirlar va iqlim sharoitlariga bog'liq



holda shakllanadi. Har bir vaqt intervali uchun kerakli suv hajmi suv oqimi va nasos ishlash vaqti orqali ifodalanadi.

Elektr energiyasi iste'moli esa nasosning gidravlik quvvati va elektr samaradorligiga bog'liq. Nasosning quvvati oqim sarfi, bosim va gravitatsion ko'tarilish balandligi orqali aniqlanadi. Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat esa quyosh radiatsiyasi, panel samaradorligi va temperatura kabi omillarga bog'liq bo'ladi. Shu tariqa, suv ta'minoti bo'yicha talab cheklovlari va quyosh generatsiyasi bo'yicha mavjud quvvat cheklovlari tizimning asosiy cheklovlari sifatida matematik modelga kiritiladi.

Natijada, har bir vaqt kesimida suv oqimi, nasos ishlash vaqti va energiya generatsiyasi o'rtasida bog'lanish aniqlanadi. Bu bog'lanish yordamida umumiy hisobda suv ta'minoti darajasi hamda energiya iste'moli baholanadi va optimallashtirish masalasi ko'rinishida yoziladi.

### **5. Optimallashtirish algoritmi va dasturiy ta'minot.**

Taklif etilayotgan optimallashtirish yondashuvi quyidagi maqsad funksiyasiga asoslanadi: ma'lum bir davr (masalan, sug'orish mavsumi yoki vegetatsiya davri) uchun bir birlik sug'orish suvi hajmiga to'g'ri keladigan umumiy energiya iste'molini minimallashtirish. Shu bilan birga, suv ta'minoti ishonchligini ta'minlash maqsadida minimal suv talabi cheklovlari bajarilishi lozim.

Optimallashtirish modeli murakkabligi va nolinchi bo'lmagan cheklovlar soniga qarab, chiziqli bo'lmagan optimallashtirish, aralash butun sonli dasturlash yoki metaevristik algoritmlardan (genetik algoritm, zarralar to' dasini optimallashtirish va hokazo) foydalanish mumkin. Ushbu maqolada modelning bazavarianti Python dasturlash tilida amalga oshirilib, tegishli optimallashtirish paketlari asosida yechim topish ko'zda tutiladi.

Dasturiy ta'minot modul ko'rinishida ishlab chiqilib, quyidagi funksiyalarni bajaradi: kirish ma'lumotlarini (suv talabi, quyosh radiatsiyasi, nasos va panel parametrlari) yuklash, matematik model parametrlarini shakllantirish,



optimallashtirish masalasini yechish va natijalarni grafik hamda jadval ko‘rinishida chiqarish. Shu asosda foydalanuvchi turli senariylar bo‘yicha suv–energiya bog‘lanishini tahlil qilishi va eng maqbul ish rejimlarini tanlashi mumkin bo‘ladi.

### **6. Hisoblash natijalari va tahlil.**

Taklif etilgan model va algoritm sinovdan o‘tkazish uchun shartli irrigatsiya maydoni bo‘yicha hisoblash tajribalari tashkil qilindi. Dastlab, an’anaviy boshqaruv rejimi, ya’ni nasosning sutkalik ish vaqti jadvali operator tomonidan oldindan belgilangan holat ko‘rib chiqildi. Keyin esa xuddi shu sharoitlarda taklif etilgan optimallashtirilgan boshqaruv rejimi bo‘yicha hisoblashlar bajarildi.

Natijalar taqqoslanganda, taklif etilgan yondashuv suv ta’minoti darajasini saqlagan holda, umumiy energiya iste’molini sezilarli darajada kamaytirishi kuzatildi. Ayrim senariylarda quyosh generatsiyasi eng yuqori bo‘lgan vaqt intervaliga suv nasoslashni ko‘proq yo‘naltirish hisobiga energiya sarfi pasaydi, boshqa senariylarda esa suv rezervuarining sig‘imini optimal ishlatish orqali nasosni kechki soatlarda ishga tushirish ehtiyoji kamaydi.

Bundan tashqari, suv va energiya iste’moli o‘rtasidagi bog‘lanish grafik va jadval ko‘rinishida tahlil qilinib, suv ta’minoti ishonchliligi, nasos yuklanishi va quyosh generatsiyasining o‘zaro ta’siri batafsil o‘rganildi. Ushbu tahlillar kelgusida tizim parametrlarini loyihalashda va boshqaruv strategiyalarini takomillashtirishda amaliy ahamiyatga ega bo‘lishi mumkin.

### **7. Xulosa va amaliy tavsiyalar.**

Ushbu maqolada aqlli integrallashgan quyosh energiyasida ishlaydigan nasos stansiyasi tizimida suv va energiya iste’moli o‘rtasidagi bog‘lanishni optimallashtirish masalasi ko‘rib chiqildi. Taklif etilgan matematik model va optimallashtirish algoritmi suv ta’minoti ishonchliligini ta’minlagan holda energiya iste’molini kamaytirishga xizmat qiladi. Hisoblash natijalari ushbu yondashuvning energiya va resurs tejamkorligi nuqtai nazaridan samaradorligini tasdiqladi.



Amaliy nuqtai nazardan, sugʻorish tizimlarini loyihalashda va mavjud nasos stansiyalarini modernizatsiya qilishda suv–energiya bogʻlanishini alohida parametr sifatida hisobga olish zarur. Quyosh panellari quvvatini tanlash, rezervuar sigʻimini aniqlash, nasos agregatlarini tanlash va boshqaruv strategiyasini ishlab chiqishda taklif etilgan modeldan foydalanish mumkin. Kelgusidagi tadqiqotlar doirasida suv talabi prognozi, dinamik tariflar boʻyicha energiya narxi va raqamli egizak texnologiyalarini modelga integratsiya qilish orqali yondashuvni yanada takomillashtirish rejalashtirilishi mumkin.

### Adabiyotlar roʻyxati

1. Ikramov N., Kasimov F., Rakhimova M. Energy efficiency monitoring system of operated irrigation pumping stations in Uzbekistan. *Journal of Water and Land Development*. – 2025.
2. Odilov S. Analysis of the operation of irrigation pumping units and their energy efficiency. *International Journal of Science and Technology*. – 2025.
3. Usmonov, S. Y. Parallel nasoslarning intellektual energiya tejamkor boshqaruvi. *Texnika jurnali*. – 2025.
4. Kodirov, D. T. Analysis of pump stations operation mode and measures to improve efficiency. *E3S Web of Conferences*. – 2023.
5. Yuan Zh., Kan K., Ran T., Huixiang Ch. Advances in Hydrodynamics of Water Pump Station System. *Water* 2024, 16(10), 1430; <https://doi.org/10.3390/w16101430>
6. Jalilov, S., & Normurodov, M. “Nasos stansiyalarining SCADA tizimi asosida avtomatik boshqaruvi”. *Axborot texnologiyalari va avtomatlashtirish muammolari*, 4(2), 23–29. 2019.
7. Rahimov, A. N., & Karimova, S. K. “Nasos agregatlari va ularning boshqaruvi”. *Texnikaviy fanlar jurnali*, 3(1), 55–62. 2021