

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI

UMIROV ASROR PARDAYEVICH

**MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDAGI ENERGETIK
TIZIMLARDAN NASOS STANSIYALAR SAMARADORLIGINI
OSHIRISHDA FOYDALANISH**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari
asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата доктора диссертации философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Umirov Asror Pardayevich

Муқобил энергия манбалари asosidagi energetik tizimlardan nasos stansiyalar samaradorligini oshirishda foydalanish..... 3

Умиров Асрор Пардаевич

Использование энергетических систем на основе альтернативных источников энергии для повышения эффективности насосных станций... 23

Umirov Asror Pardaeovich

The use of increasing the efficiency of pumping stations of energy systems based on alternative energy sources..... 45

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 49

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI

UMIROV ASROR PARDAYEVICH

**MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDAGI ENERGETIK
TIZIMLARDAN NASOS STANSIYALAR SAMARADORLIGINI
OSHIRISHDA FOYDALANISH**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari
asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Qarshi – 2024

Texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/T3332 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.qmii.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Urishev Bobaraim

texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Yuldoshev Isroil Abriyevich

texnika fanlari doktori, professor

Sadullayev Nasullo Nematovich

texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

**"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti"
Milliy tadqiqot universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.111.03 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil " 6 " 04 soat 19⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik shoh ko'chasi, 225 uy. Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti konferensiyalar zali. Tel: (75)-224-02-89, faks: (75) 224-13-95 (e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 100 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko'chasi, 225-uy. Tel: (75)-224-02-89, faks: (75) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil « 25 » 03 kuni tarqatildi.
(2024 yil « 25 » 03 dagi № 21 raqamli restr bayonnomasi



G.N.Uzoqov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

X.A.Davlonov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
Ilmiy kotibi, t.f.f.d., dotsent

J.S. Axatov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
qasbiy ilmiy seminar raisi vazifasini
vaqtincha bajaruvchi,
t.f.d., k.i.x.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda muqobil energiya manbalaridan foydalanish asosida nasos stansiyalarining energiya samaradorligini oshirish, energiya ta'minoti tizimida energiya tejankor texnologiyalarni joriy etish va nasos qurilmalarining ishonchligini ta'minlash masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo'yicha Xalqaro agentlikning ma'lumotlariga ko'ra hozirgi vaqtda sug'oriladigan yerlarning asosiy qismi jumladan, qishloq xo'jaligi sohasi rivojlanayotgan Hindiston, Afrika va Yaqin Sharq mamlakatlarida ham yangi qurilayotgan nasos qurilmalarining 75...80 foizida elektr energiya bilan ta'minlash uchun quyosh energiyasidan keng foydalanilmoqda¹. Shu sababli muqobil energiya manbalari asosidagi energetik tizimlardan nasos stansiyalari samaradorligini oshirishda foydalanish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda muqobil energiya manbalaridan jumladan, quyosh va shamol energiyasidan nasos stansiyalar energiya ta'minoti tizimida foydalanish samaradorligini oshirish, energiya xarajatlarini kamaytirish, ortiqcha energiyani akkumulyatsiyalash, optimal parametrlarni aniqlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda nasos stansiyasi yetkazib berayotgan suv tannarxini kamaytirish, suv ta'minoti ishonchligini oshirish, muqobil energiya manbalaridan maksimal foydalanish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga muqobil energiya manbalari asosidagi avtonom energiya tarmog'idan nasos stansiyalarning energiya ta'minotini amalga oshirishning funksional sxemalarini va tarmoqning energetik parametrlarini optimallashtirish, sug'orish tizimidagi nasos stansiyalarining energiya ta'minotida quyosh va shamol energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish dolzarb vazifalardan hisoblanadi.

Respublikamizda muqobil energiya manbalari asosidagi energetik tizimlardan nasos stansiyalar samaradorligini oshirishda foydalanish boyicha ilmiy tadqiqotlar o'tkazish va olingan natijalarni amaliyotga joriy etish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10 iyuldagi PF-6024-son "O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020 - 2030- yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmonida "...suv xo'jaligi nasos stansiyalarining energiya samaradorligini oshirish va foydalanish xarajatlarini kamaytirish, nasos stansiyalarida muqobil energiya manbalari jumladan, quyosh fotoelektr qurilmalardan foydalanishni yo'lga qo'yish..." buyicha ustuvor vazifalari belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda quyosh energiyasidan maksimal foydalanish uchun fotoelektrik qurilmaning kun davomidagi o'zgaruvchan quvvatiga nasos qurilmasi quvvatini moslab boshqarish, fotoelektrik qurilmaning optimal quvvatini tanlash, iste'moldan ortiqcha bo'lgan quyosh energiyasini akkumulyatsiyalashning samarali usullarini ishlab chiqish muhim vazifalardan hisoblanadi².

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son

¹ S. Senthil Kumar, Chidambaranathan Bibin, K. Akash, K. Aravindan, M. Kishore, G. Magesh Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach. Materialstoday: proceedings. Volume 33, part 1, 2020, pp 303 – 307. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.092>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10 iyuldagi "O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020 — 2030 yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-6024-son Qarori. <https://lex.uz/docs/4892953>.

“2022 – 2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, 2019 yil 22 avgustdagi PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. “Qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar, fotonika va boshqa zamonaviy ilg‘or texnologiyalar asosida qurilmalar va texnologiyalarni yaratish” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Muqobil energiya manbalari asosida ishlaydigan energetik qurilmalar, shu jumladan, sug‘orish tizimi, ichimlik suvi ta‘minotida qo‘llaniladigan nasos qurilmalarining tadqiqotlari bilan AQShning qayta tiklanuvchan energiya manbalari milliy laboratoriyasi (NREL), Sandiya milliy laboratoriyalari (Sandia National Laboratories), Buyuk Britaniyaning Sheffild, Nottingem universitetlari, Hindistonning milliy texnologiya instituti, qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo‘yicha Xalqaro agentlik (IRENA), Rossiya Federatsiyasining Moskva energetika, Sankt-Peterburg politexnika universitetlari va boshqa ilmiy muassasalardagi olimlar S.S. Chandel, Campana PE., Rawat R., Gopal C., Margeta J., Zhang C., Elia P., Vissarionov V.I., Yelistratov V.V., Karelin V. Y., Minayev A. V, Leznov B.S., Novoderejkin R.A., Cheng Li., Yang, Z., Pawel Olszewskilar shug‘ullanishgan.

Respublikamizda nasoslar ish rejimlarini rostdash masalalaridagi tadqiqotlar bilan o‘zbek olimlaridan R.A. Zaxidov, Tursunov M.N., Muxammadiyev M.M., Urishev B.U., Yuldoshev I.A., Tadjiyev U.A., Mamajonov M.M. va boshqalar shug‘ullanishgan.

Ushbu tadqiqotchilar ishlari natijalarining muhimligi va salmoqligini e‘tirof etgan holda ta‘kidlash mumkinki, quyosh energiyasidan kun davomida maksimal foydalanishni ta‘minlaydigan nasos qurilmalari ish rejimlarini fotoelektrik qurilmaning o‘zgaruvchan quvvatiga mos ravishda rostdash parametrlarini hisoblash metodikalarini va usullarini ishlab chiqish masalalari yetarlicha tadqiq qilinmagan. Shuningdek, sug‘orish tizimlaridagi nasos stansiyalarning energiya ta‘minotini qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi lokal energiya tarmoqlari orqali amalga oshirish va bu tarmoqlarning funksional, raqamli texnologiyalarga asoslangan avtomatik sxemalarini ishlab chiqish va iqtisodiy samaradorligini aniqlash masalalari ham yetarli darajada ko‘rib chiqilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Qarshi muhandislik –iqtisodiyot institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq 2021 – 2023 yillarga mo‘ljallangan “Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan sanoat, qishloq xo‘jaligi va maishiy-kommunal sohalarda samarali foydalanishning ilmiy-texnik va energiya tejamkor usullarini ishlab chiqish” mavzusidagi tadqiqot

yoʻnalishi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi muqobil energiya manbalari asosidagi energetik qurilmalar va tizimlardan nasos stansiyalarda foydalanish samaradorligini asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sugʻorish tizimidagi nasos stansiyalarining energiya taʼminotida muqobil energiya manbalaridan foydalanishning zamonaviy holatini tahlil qilish;

fotoelektrik nasos qurilmasining energetik parametrlari va ish rejimlarini hisoblashning grafoanalitik uslubiyatini ishlab chiqish;

fotoelektrik nasos qurilmasining tajribaviy nusxasini yaratish va unda eksperimental tadqiqotlarni bajarish;

muqobil energiya manbalari asosidagi lokal energiya tarmogʻidan nasos stansiyalarning energiya taʼminotini amalga oshirishning funksional sxemalarini va tarmoqning energetik parametrlarini aniqlashning uslubiyatini ishlab chiqish;

muqobil energiya manbalari asosidagi energetik qurilmalar va suv toʻplash havzasiga ega boʻlgan lokal energiya tarmogʻi texnologik jarayonining raqamlashtirilgan sxemasi ishlab chiqish;

sugʻorish tizimidagi nasos stansiyalarining energiya taʼminotida muqobil energiya manbalaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

Tadqiqotning obekti sifatida muqobil energiya manbalari asosidagi qurilmalar energiyasi bilan taʼminlanadigan sugʻorish tizimidagi nasos stansiyalar qabul qilingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida nasos stansiyalarning ish rejimlari, gidravlik xarakteristikalarini va energetik parametrlari, quyosh energiyasidan nasos agregatlarini elektr energiyasi bilan taʼminlashda fotoelektrik qurilmaning energetik parametrlari qabul qilingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida gidravlikaning quvurlarda energiya oʻzgarishini Bernulli tenglamalari asosida aniqlash, nasoslar ish rejimlari va parametrlarini hisoblashning miqdor oʻzgarishi qonuniyatlari, nasoslar ishchi xarakteristikalarini aniqlashning grafoanalitik, nasos qurilmalarining xarakteristikalarini tajribaviy tadqiq qilish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

quyosh nurlanish energiyasining oʻzgarishi, nasosning chegaraviy bosimlari va suv berish unumdorligi, sugʻorish muddati, beriladigan suv hajmi hamda quvurlar tizimi parametrlarini hisobga olgan holda fotoelektrik nasos qurilmasining maksimal quvvatini hisoblash usuli ishlab chiqilgan;

fotoelektrik qurilmaning kun davomidagi oʻzgaruvchan quvvati qiymatlariga mos keluvchi nasos ish rejimini ishchi gʻildirak aylanishlari chastotasini oʻzgartirish usuli bilan rostdash parametrlarini nasos statik bosimi oʻzgarishlarini hisobga olib aniqlashning grafoanalitik usuli ishlab chiqilgan;

nasosning foydali ish koeffitsiyenti, statik bosimi, quvurlar tizimi oʻlchamlari va bosim yoʻqolishi qiymatlarini hisobga olgan holda, fotoelektrik qurilmaning oʻzgaruvchan quvvati qiymatlariga mos keluvchi nasos suv berish unumdorligining optimal qiymatlarini hisoblash imkonini beradigan matematik model ishlab chiqilgan;

quyosh va shamol energetik qurilmalari ishlab chiqargan elektr energiyasi

asosida nasos qurilmasining elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojini qondirish va ortiqcha energiya akkumulyatsiyalanadigan lokal energetik tizimning funksional sxemasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

yuqori va pastki suv baklari, har xil aylanish chastotasiga ega bo'lgan nasos va quyosh panellaridan iborat fotoelektrik nasos qurilmasi yaratilgan;

muqobil energiya manbalari asosidagi va suv to'plash havzasiga ega bo'lgan majmuaning texnologik jarayonini boshqarish sxemasi ishlab chiqilgan;

fotoelektrik nasos qurilmasining maksimal quvvatini aniqlash bo'yicha EHM uchun dastur ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot ishlarining ishonchliligi umume'tirof etilgan zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanilganligi, eksperimental tajribalarning sinalgan usullar va vositalar asosida o'tkazilishi, olingan natijalarning hisobiy natijalarga adekvatligi bilan tasdiqlanadi. Dissertatsiyada keltirilgan ilmiy xulosalar, tavsiyalar va natijalar mazkur sohada ma'lum bo'lgan natijalarni inkor etmaydi, ularni to'ldiradi va foydalanish diapazonini kengaytiradi, yangi imkoniyatlarini yaratadi. Olingan natijalarni tayyorlash, tahlil qilish, ular ustida ishlash va ta'riflash zamonaviy ma'lumotlar bilan ishlash va statistik tahlil usullariga asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, olingan yangi natijalar sug'orish tizimidagi nasos stansiyalarni qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan elektr energiyasi bilan ta'minlashni ilmiy – texnik asoslash nazariyasi va amaliyotiga ma'lum darajada hissa qo'shadi.

Dissertatsiya ishida olingan natijalarning amaliy ahamiyati sifatida sug'orish tizimidagi nasos stansiyalarni muqobil energiya manbalari energiyasi bilan ta'minlash samaradorligini oshirish va nasos stansiyalarda energetik xarajatlarni kamaytirish usullari va sxemalarining ishlab chiqilganligini keltirish mumkin.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Muqobil energiya manbalari asosidagi energetik qurilmalardan nasos stansiyalar samaradorligini oshirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

quyosh nurlanish energiyasining o'zgarishi, nasosning chegaraviy bosimlari va suv berish unumdorligi, sug'orish tizimi uchun beriladigan suv hajmi, sug'orish muddatlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan fotoelektrik nasos qurilmasi Qashqadaryo viloyati Qamashi tumanidagi "Fazliddin sifat chorva" fermer xo'jaligida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining 2023-yil 12-iyuldagi №05/26-05/3411-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ekin maydonlarini sug'orish uchun foydalanilayotgan nasos qurilmalariga sarflanayotgan yillik energiya miqdoriga nisbatan 2 barobar iqtisodiy samaradorlikka erishilgan;

energiya ehtiyoji quyosh va shamol energetik qurilmalari asosida qoplanadigan, ortiqcha energiya akkumulyatsiyalanadigan lokal energetik tizimga ega bo'lgan fotoelektrik nasos qurilmasi Qashqadaryo viloyati Qamashi tumanidagi "Fazliddin sifat chorva" fermer xo'jaligida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining 2023-yil 12-iyuldagi №05/26-05/3411-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, tizim uchun sarflangan kapital xarajatlarning 4 yilda qoplanishiga hamda

yillik 40 ming m³ gaz tejash va atmosferaga 64,15 tonna CO₂ zararli gaz chiqishining kamayishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 7 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy va ilmiy-texnik anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan, shundan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 3 ta maqola, shu jumladan 1 ta xorijiy jurnalda, 2 ta respublika jurnallarida va 3 ta maqola Scopus bazasidagi anjumanlar to'plamlarida nashr etilgan, 3 ta EHM dasturiy mahsuloti uchun guvohnomalar olingan.

Tadqiqot hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya ishi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya ishining hajmi 117 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqotning obyekti va predmeti hamda uning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi, olingan natijalari, ilmiy va amaliy ahamiyati bayon qilingan. Tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, ishning aprobatsiyasi, chop qilingan ishlar, shuningdek dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Nasos stansiyalar energiya ta'minoti uchun muqobil energiya manbalaridan foydalanishdagi zamonaviy trendlar, muammolar, yutuqlar”** nomli birinchi bobida jahonda va O'zbekiston Respublikasidagi nasos stansiyalarda foydalanish masalalari bo'yicha adabiyotlar va ma'lumotlar tahlili natijasida ularda energiya harajatlarini tejash, uning iste'molini optimallashtirish hozirgi kundagi eng muhim masalalardan biri ekanligi, shuningdek bu masalaning asosiy yechimlaridan biri nasos stansiyalar energiya ta'minotida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ekanligi aniqlangan.

Bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlari tahlili shuni ko'rsatayaptiki, fotoelektrik – nasos qurilmalaridan foydalanishda ortiqcha energiyani akkumulyatsiya qilish tizimlarini qo'llash qayta tiklanuvchi energiyadan to'liq foydalanishni ta'minlash hisobiga iqtisodiy samarali hisoblanadi, ayniqsa energiyani akkumulyatsiyalash uchun suv rezervuarlaridan foydalanish katta samara beradi. Adabiyotlar tahlili nasos stansiyalarni ishonchli va arzon elektr energiyasi bilan ta'minlashda tarkibi asosan shamol va quyosh elektr stansiyalaridan tashkil topgan lokal tarmoqlardan foydalanish samarador ekanligini ko'rsatdi.

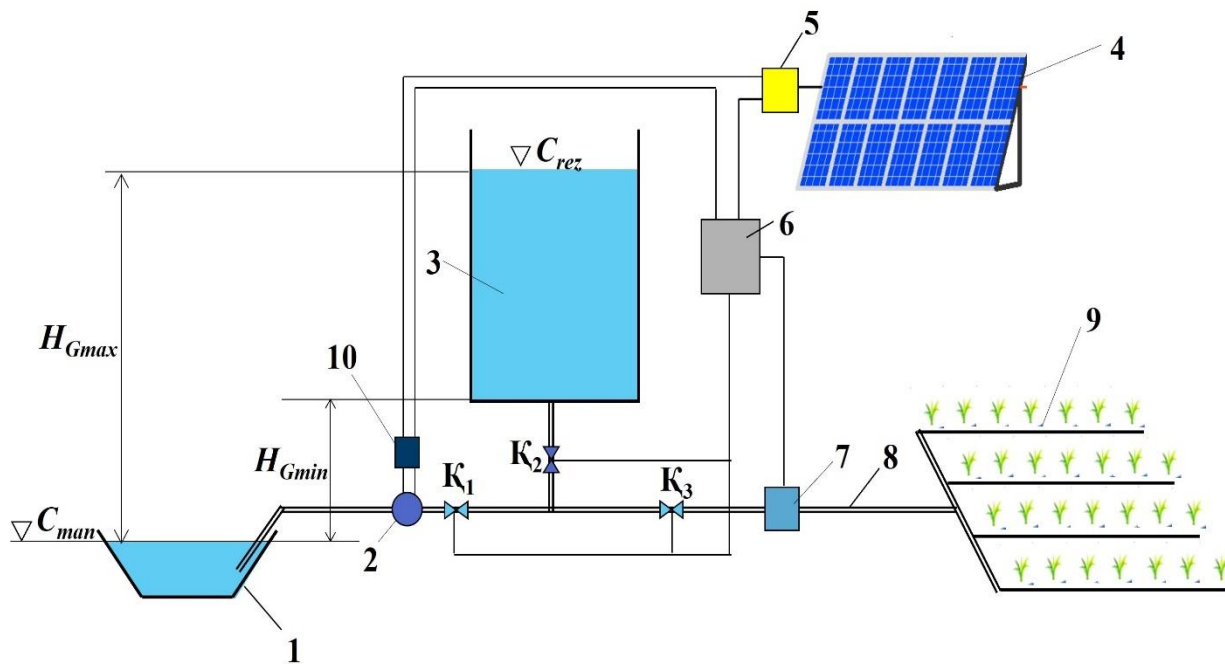
Tahlillar natijalari bir qator masalalar yechimlarini topish uchun ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish zarurligini ko'rsatdi, masalan, fotoelektrik qurilma quvvatiga nasos qurilmasi quvvatining optimal ravishda moslashishini ta'minlaydigan hamda quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash paytida nasos qurilmasining quvvati va napor qiymatlarining doimo o'zgarishi hisobga oluvchi fotoelektrik – nasos qurilmasi ish rejimlari va parametrlarini hisoblash uslubiyatini va dasturlarini ishlab chiqish,

nasos stansiyalarni lokal energetik tizimlar orqali ta'minlash sharoitida tizimning parametrlarini aniqlash uslubiyatini, funksional va boshqaruv sxemalarini ishlab chiqish masalalari yetarli darajada o'rganilmagan. Mazkur tahlillar asosida sug'orish tizimidagi nasos qurilmalarida quyosh energiyasidan samarali foydalanishni rivojlantirish tendensiyasidan kelib chiqib, dissertatsiyaning maqsadi va vazifalari shakllantirildi.

Dissertatsiyaning **“Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosidagi energetik va nasos qurilmalarining sxemalari, asosiy parametrlarini aniqlash”** nomli ikkinchi bobida qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi sug'orish tizimida qo'llaniladigan energetik va nasos qurilmalarining asosiy sxemalari, ularning parametrlari va ish rejimini aniqlashning grafoanalitik uslubiyati hamda mazkur uslubiyat bo'yicha bajarilgan hisoblar natijalari berilgan.

Sug'orish tizimida qo'llaniladigan kichik energetik qurilmalarda quyoshning energiyasini akkumulyatsiyalash tizimlari bo'yicha bajarilgan tahlillar natijalariga ko'ra energiyani gidravlik usulda akkumulyatsiyalash eng maqbul usul hisoblanadi. Mazkur usuldan foydalanish mo'ljallangan sug'orish tizimi uchun fotoelektrik energetik nasos qurilmasi (FENQ) sxemasi 1–rasmda keltirilgan.

Fotoelektrik qurilma (FEQ) quvvatidan maksimal foydalanish maqsadida energiyani to'plash, sug'orishni amalga oshirish muddatlari, nasos agregatining iste'mol quvvatini maksimal ravishda FEQ quvvatiga moslash maxsus metodika va dastur asosida hisoblab chiqiladi hamda qurilmani boshqarish amalga oshiriladi.



1–suv manbai; 2–nasos agregati; 3–suv to'plash rezervuari; 4–FEQ; 5–inverter; 6–boshqaruv blogi; 7–suv sarfini o'lchash, taqsimlash blogi; 8–suv berish quvuri; 9–ekin maydoni, 10 – nasos vali aylanishlari chastotasini o'zgartirish blogi.

1-rasm. Sug'orish tizimi uchun mo'ljallangan FENQ sxemasi

Sug'orish uchun zarur bo'lgan kunlik suv hajmi sug'orish maydoniga xos bo'lgan iqlim, tuproq turi, yer osti suvlarining joylashishi va ekin turiga bog'liq holda qabul qilinadigan sug'orish meyori asosida aniqlanadi

$$V = m \cdot \omega, m^3 \quad (1)$$

bunda m – sug‘orish meyor (bir marta sug‘orish uchun), m^3/ga ; ω -sug‘orish uchun belgilangan yer maydoni, ga .

V hajmdagi suvni rezervuarga haydab berishda nasos agregatiga kerak bo‘lgan energiya miqdori quyidagicha aniqlanadi

$$\mathcal{E}_N = 9,81 \int_{t_1}^{t_2} Q(t) H(t) \eta^{-1}(t) dt; \quad (2)$$

bunda t_1 va t_2 – nasos agregatining ishlash vaqtining boshlanishi va tugashi soatlari (bu vaqt quyosh faolligi soatlari bilan belgilanadi).

Nasosning t vaqtdagi to‘liq nabori qiymati quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$H(t) = H_G(t) + \Delta H(t) \quad (3)$$

bunda $\Delta H(t)$ - nasosning suv manбайдan suv rezervuarigacha bo‘lgan masofadagi quvurlar tizimida yo‘qolgan nabor qiymati va bu qiymat gidravlik hisoblar yordamida aniqlanadi.

$$\Delta H(t) = \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{g(t)_i^2}{2g} \quad (4)$$

bunda $\sum \xi$ – quvurlardagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari yig‘indisi, λ – quvurlardagi gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti, l – quvurlar uzunligi, d – quvurlar diametri, $g(t)$ – quvurdagi suv tezligi.

$Q(t)$ ning qiymatini nasos va quvurlar tizimi nabor xarakteristikasi tenglamalaridan foydalangan holda quyidagi bog‘lanish asosida aniqlandi.

$$Q(t) = k[H_0 - H_G(t)]^{0,5} \quad (5)$$

bunda, k – nasos qurilmasining suv oqish traktida, shu jumladan, quvurlarda gidravlik qarshiliklar qiymatlarini ifodalovchi koeffitsiyent

$$k = \frac{1}{(S_N + S_Q)^{0,5}} \quad (6)$$

S_N – nasos nabor xarakteristikasining koeffitsiyenti, S_Q – quvurlar tizimining gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, H_0 – nasos suv berish unumdorligi nolga teng (qulfak yopiq) bo‘lgan holdagi nabor qiymati.

S_Q qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$S_Q = \Delta H_{opt} / Q_{opt}^2 \quad (7)$$

Q_{opt} – nasos nabor xarakteristikasi bo‘yicha f.i.k. ning maksimal qiymatiga mos keluvchi suv berish unumdorligi qiymati, ΔH_{opt} qiymati Q_{opt} qiymati bo‘yicha (4) bog‘lanish orqali hisoblanadi.

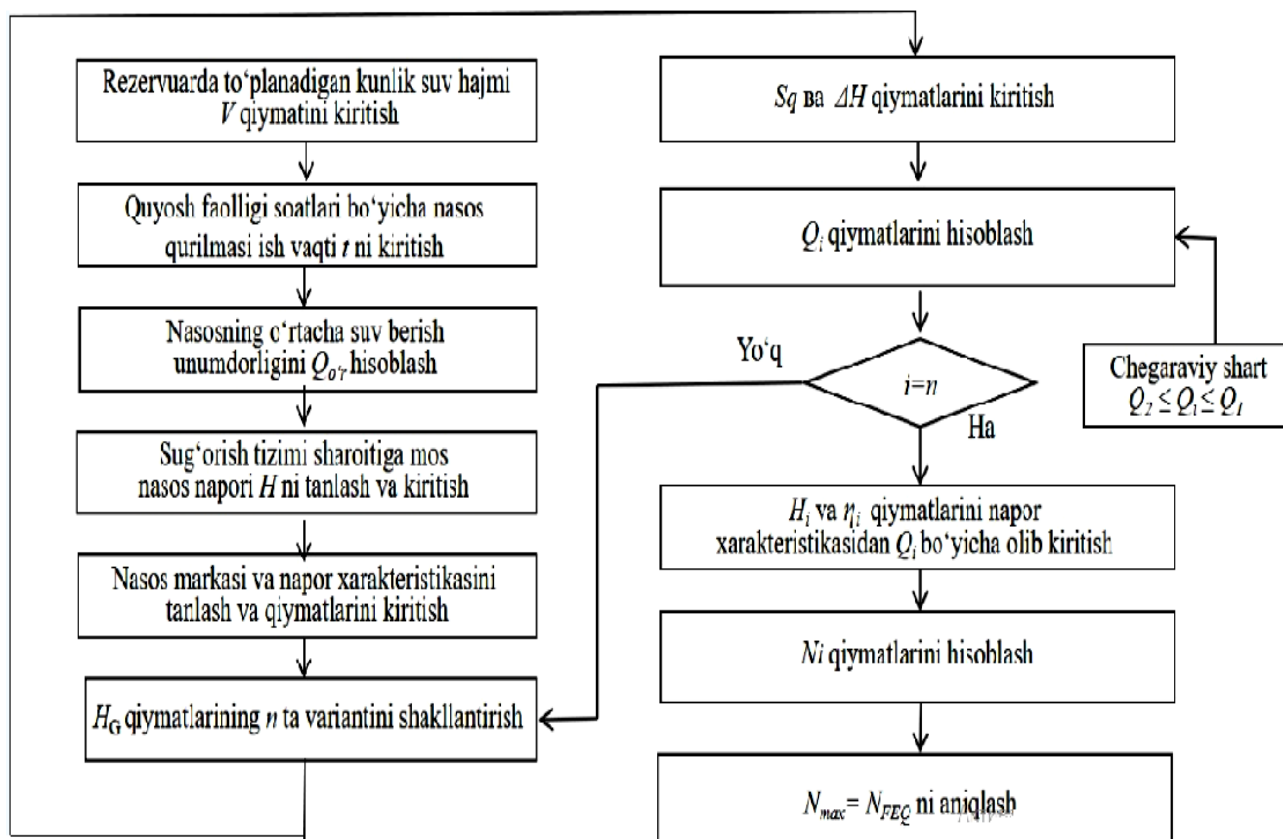
S_Q va H_0 qiymatlari B.S. Leznov metodikasi asosida nasos nabor xarakteristikasi grafigi bo‘yicha hisoblanadi.

Shunday qilib kunning t vaqtidagi nasos quvvatini $Q(t)$ va $H(t)$ qiymatlari asosida quyidagi tarzda aniqlanadi.

$$N_N(t) = 9,81 \cdot Q(t) \cdot H(t) / \eta(t) \quad (8)$$

N_N qiymatlarining ichida N_{Nmax} ga mos keluvchi FEQning maksimal quvvatini topish mumkin.

Mazkur metodika bo'yicha hisoblarning EHM uchun dasturi olingan (№ DGU 14479) va uning blok–sxemasi 2 – rasmda keltirildi.

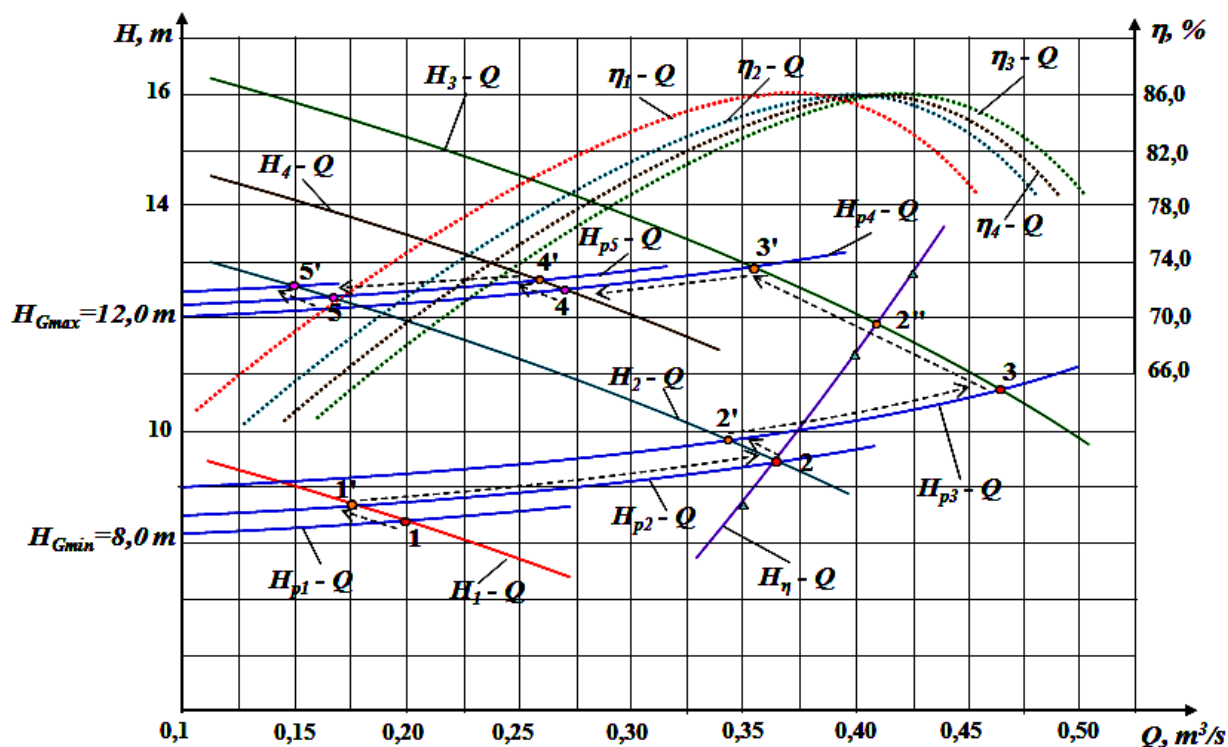


2–rasm. FEQning quvvatini hisoblash metodikasi blok-sxemasi

Quyosh energiyasidan maksimal foydalanishni ta'minlash uchun nasos quvvatini FEQ quvvatiga mos holda o'zgartirish (moslash) zarur bo'ladi, buni amalga oshirish uchun nasos vali aylanishlari sonini o'zgartirish usulini tanlaymiz. Val aylanishlari soni o'zgariganda nasoslar o'xshashligi qonuniyatlari asosida parametrlarning o'zgarishini qayta hisoblash uchun tavsiya etilgan tenglamalardan foydalanamiz. Hisoblarda olingan natijalar asosida nasos ish rejimining o'zgarishini grafik usul orqali ifodalandi (3 – rasm).

Yuqorida keltirilgan metodika bilan aniqlangan nasos qurilmasining maksimal quvvatiga mos keluvchi nasos tanlanib, uning ishchi xarakteristikasi ($H_3 - Q$ ba $\eta_3 - Q$) quriladi. Quyosh faolligi past bo'lgan vaqtlarda FEQ quvvatidan foydalanish uchun nasos vali aylanishlar soni kamaytiriladi va ushbu quvvatga mos keluvchi nasos parametrlari aniqlanadi hamda uning ishchi nuqtasi topiladi, masalan, bu holatga 1-ishchi nuqta mos keladi. Ushbu ishchi nuqtada nasos bir muddat ishlaganda yuqori suv rezervuarida suv sathi ko'tariladi, demak nasos nabori oshadi va ishchi nuqta 1' ga ўtadi. Bu vaqt ichida FEQ quvvati ham oshadi va bunga mos ravishda nasos vali aylanishlar sonini ham ko'paytirib, nasos quvvatini oshiramiz va 2-ishchi nuqtaga, undan keyin nabor oshishi hisobiga 2' - nuqtaga ega bo'lamiz. Quyosh faolligi maksimal bo'lganda nasos ishchi nuqtasi 3, rezervuar to'lgan vaqtda 3' holatini egallaydi. Kunning ikkinchi yarmida quyosh faolligi kamayganda yana nasos

vali aylanishlari sonini kamaytiramiz va 4 va 4' hamda 5 va 5' ishchi nuqtalariga ega bo'lamiz. Shu tariqa nasos ish rejimi FEQ ish rejimiga moslashtiriladi, bunda nasos ish rejimining ishchi nuqtalar oralig'ida o'zgarishi strelkali punktir chiziq bilan ko'rsatilgan.



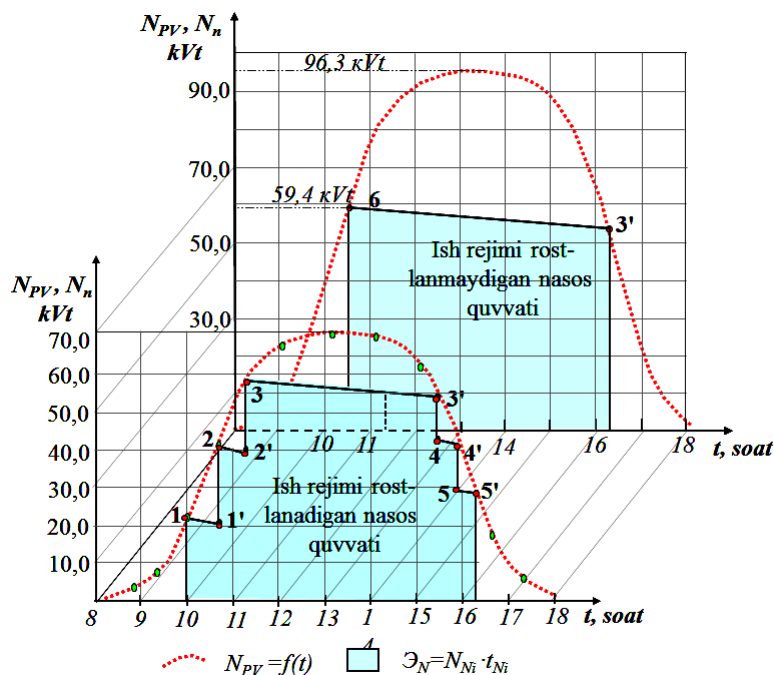
$H_3 - Q$ – nasosning pasportida berilgan napor xarakteristikasi; $\eta_3 - Q$ – nasosning pasportida berilgan f.i.k. xarakteristikasi; $H_1 - Q$, $H_2 - Q$, $H_4 - Q$ – nasosning aylanishlar chastotasi o'zgartirilganda yuzaga kelgan napor xarakteristikalari; $H_{p1} - Q$, $H_{p2} - Q$, $H_{p3} - Q$, $H_{p4} - Q$ va $H_{p5} - Q$ – quvurlar tizimining geometrik napor H_G qiymatlari o'zgarganda yuzaga kelgan napor xarakteristikasi; $\eta_1 - Q$, $\eta_2 - Q$, $\eta_4 - Q$ – f.i.k. ning nasos aylanishlar chastotasi o'zgarganda yuzaga kelgan xarakteristikalari; 3-nuqta nasosning nominal aylanishlar chastotasidagi ishchi nuqtasi; 1, 2, 4 – nasosning aylanishlar chastotasi o'zgargandagi ishchi nuqtalari; 1', 2', 3', 4' – nasosning H_G qiymatlari o'zgarganda yuzaga kelgan ishchi nuqtalari; $H_\eta - Q$ – teng qiymatli f.i.k. grafigi.

3 – rasm. Nasosning ish rejimi o'zgarishi grafiklari

Ushbu metodika bo'yicha nasos ish rejimini tashkil qilishning afzalligini misol sifatida bir marta sug'orish uchun zarur bo'lgan 9000 m³ suv miqdorini rezervuarda to'plash uchun kerak bo'ladigan energetik xarajatlar orqali aniqlaymiz. Agar ish rejimi rostanmaydigan (bir xil aylanishlar chastotasiga ega bo'lgan) nasosdan foydalanilsa, bu holda nasos faqat 6 va 3' ishchi nuqtalari oralig'ida H_G ning o'zgarishiga qarab ishlaydi, ya'ni 6 nuqtada 59,4 kVt, 3' nuqtada 54,9 kVt quvvatga ega bo'ladi va 5,9 soat davomida 9000 m³ suv miqdorini to'plash uchun 337 kVt·soat elektr energiyasini iste'mol qiladi va bu energiyani ishlab chiqarishda FEQning maksimal quvvati $N_{PV} = 96,3$ kVtni tashkil etadi (4 – rasm).

Ushbu rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, FEQ elektr energiyasining deyarli 40 % miqdori nasos qurilmasi tomonidan foydalanilmasdan qolmoqda. Agar nasos aylanishlar chastotasini o'zgartirish usulidan foydalanilsa, nasos quvvatini NPV ga moslash hisobidan 9000 m³ suv miqdorini to'plash uchun 314,48 kVt·soat elektr energiyasi kerak bo'ladi va bu energiyani ishlab chiqarishda FEQning maksimal

quvvati 70 kVtni tashkil etadi, bu esa FEQning 81 % energiyasidan foydalanish imkonini beradi (4-rasm).



4 – rasm. Nasos qurilmasi va FEQ quvvatlari grafigi

Yuqorida keltirilgan (8) formuladan ko‘rinib turibdiki $Q(t)$, $H(t)$ va $\eta(t)$ qiymatlarini $N_N(t) = N_{PV}(t)$ ta‘minlash uchun mos ravishda boshqarish, rostlash lozim. Ushbu jarayonning matematik modelini $H(t)$ uchun quvurlar tizimi napor xarakteristikasi tenglamasi $H_r = H_G + s \cdot Q^2$ dan, nasosning maksimal f.i.k. uchun $\eta = c \cdot Q - d \cdot Q^2$ tenglamasidan foydalanish asosida quyidagi bog‘lanish bilan ifodalash mumkin, ya‘ni

$$Q(t) = \frac{\sqrt{(N_{PV}(t) \cdot d)^2 - 384,94 \cdot s \cdot H_G(t) + 39,24 \cdot N_{PV}(t) \cdot c \cdot s - N_{PV}(t) \cdot d}}{19,62 \cdot s} \quad (9)$$

bunda, d , c nasosning f.i.k. grafigi koeffitsiyentlari, s - quvurlar tizimi gidravlik qarshilik koeffitsiyenti.

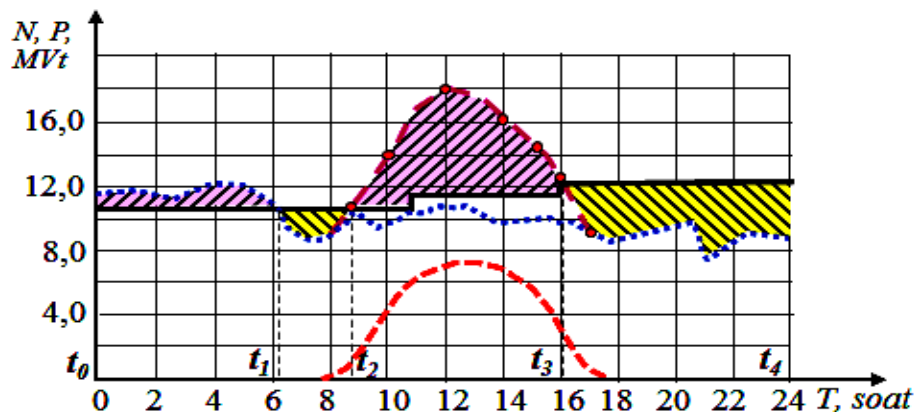
Ushbu tenglama FEQ ning t vaqtdagi quvvatidan foydalanib H_G balandlikka suv haydab berayotgan nasosning suv berish unumdorligini modellashtirish imkonini beradi.

Dissertatsiyaning “**Nasos stansiyalar samaradorligini oshirishda qayta tiklanuvchi energiya turlari asosidagi lokal (markazlashmagan) energetik tizimlardan foydalanish**” uchinchi bobida sug‘orish tizimidagi o‘rta va yirik nasos stansiya (NS)larni energiya bilan ta‘minlaydigan quyosh, shamol energetik qurilmalari va akkumulyatordan iborat bo‘lgan lokal energiya tizimi (LET)ning energetik parametrlarini hamda ish rejimlarini aniqlash uslubiyati va funksional sxemalari ishlab chiqilgan. Maksimal quvvati 18 MVt bo‘lgan mana shunday LETning kunlik ish rejimi grafigi 5 – rasmda berilgan.

Grafikdagi t_0 dan t_1 gacha vaqt oralig‘ida SHEQ ishlab chiqaradigan

energiyaning NS ehtiyojidan ortiq qismi akkumulyatsiyalanadi va bu jarayonni quyidagicha ifodalash mumkin

$$\mathcal{E}_{NS}(t_1 - t_0) = \int_{t_0}^{t_1} N_{SHEQ}(t)dt - \int_{t_0}^{t_1} N_{SHEQ}^{akk}(t)dt \quad (10).$$



- akkumulyatsiyalanadigan yoki markaziy energotizimga beriladigan energiya miqdori;
- akkumulyatsiyalangan zahiradan yoki markaziy energotizimdan olinadigan energiya miqdori;
- nasos stansiyasining o'rtacha kunlik energiya yuklamasi;
- FEQning kunlik energiya ishlab chiqarish grafigi;
- SHEQning kunlik energiya ishlab chiqarish grafigi;
- FEQ va SHEQning birgalikda energiya ishlab chiqarish grafigi

5 – rasm. SHEQ va FEQ ishlab chiqargan elektr energiyasi bilan nasos stansiyasini ta'minlovchi LET ish rejimi grafigi

Grafikning t_1 va t_2 oralig'ida agar SHEQ energiyasi yetarli bo'lmasa, akkumulyatsiyalangan energiyadan yoki markaziy energotizim (MET) dan NSni energiya bilan to'liq ta'minlash uchun foydalaniladi, ya'ni

$$\mathcal{E}_{NS}(t_2 - t_1) = \int_{t_1}^{t_2} N_{SHEQ}(t)dt + \int_{t_1}^{t_2} N_{akk}(t)dt \quad (11)$$

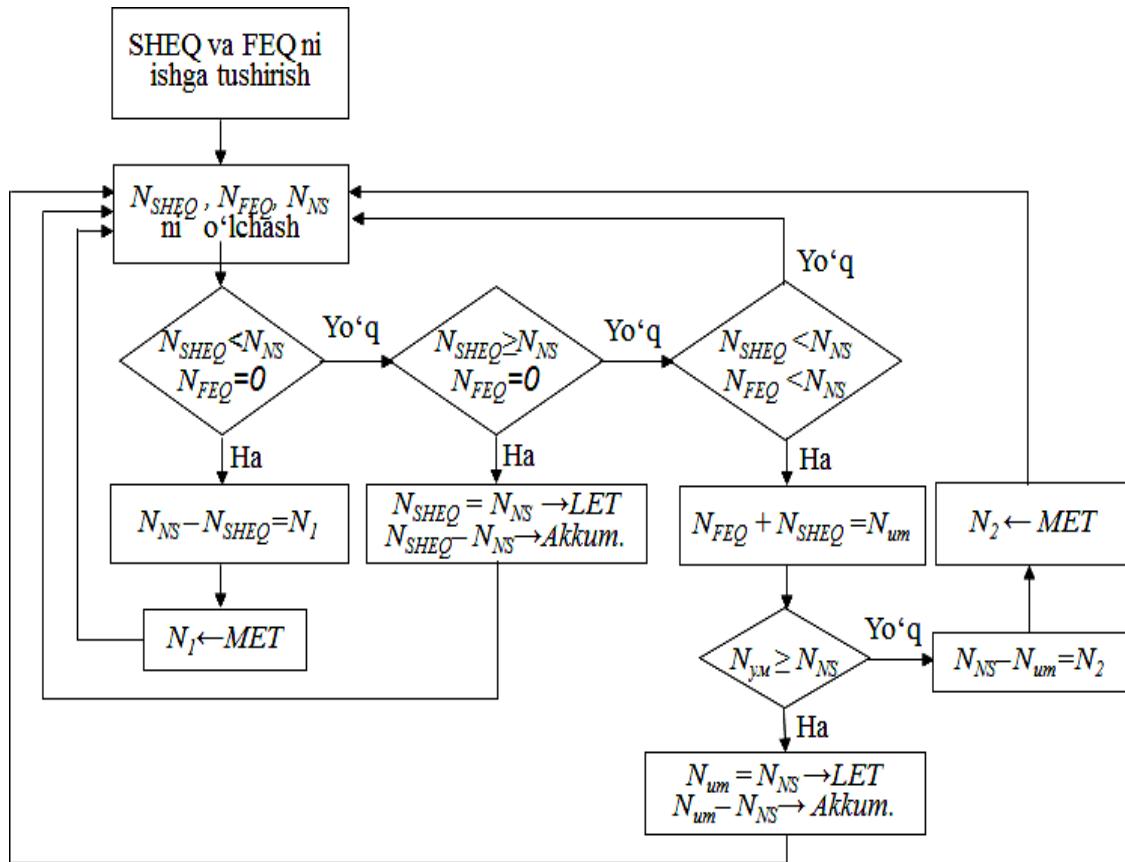
Grafikdagi t_2 dan t_3 gacha vaqt oralig'idagi quyosh faolligi davrida SHEQ va FEQning NS ehtiyojidan ortiq bo'lgan energiyasi akkumulyatsiyalanadi,

$$\mathcal{E}_{NS}(t_3 - t_2) = \int_{t_2}^{t_3} N_{SHEQ}(t)dt + \int_{t_2}^{t_3} N_{FEQ}(t)dt - \int_{t_2}^{t_3} N_{SHEQ+FEQ}^{akk}(t)dt \quad (12)$$

Ushbu to'plangan energiyadan t_3 dan t_4 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida foydalaniladi va buni quyidagi tarzda ifodalash mumkin

$$\mathcal{E}_{NS}(t_4 - t_3) = \int_{t_3}^{t_4} N_{SHEQ}(t)dt + \int_{t_3}^{t_4} N_{FEQ}(t)dt + \int_{t_3}^{t_4} N_{SHEQ+\Phi FEQ}^{akk}(t)dt \quad (13)$$

Yuqorida ish rejimi grafigi keltirilgan LETning funksional sxemasi 6 – rasmda beriladi.



6 – rasm. LETning funksional sxemasi

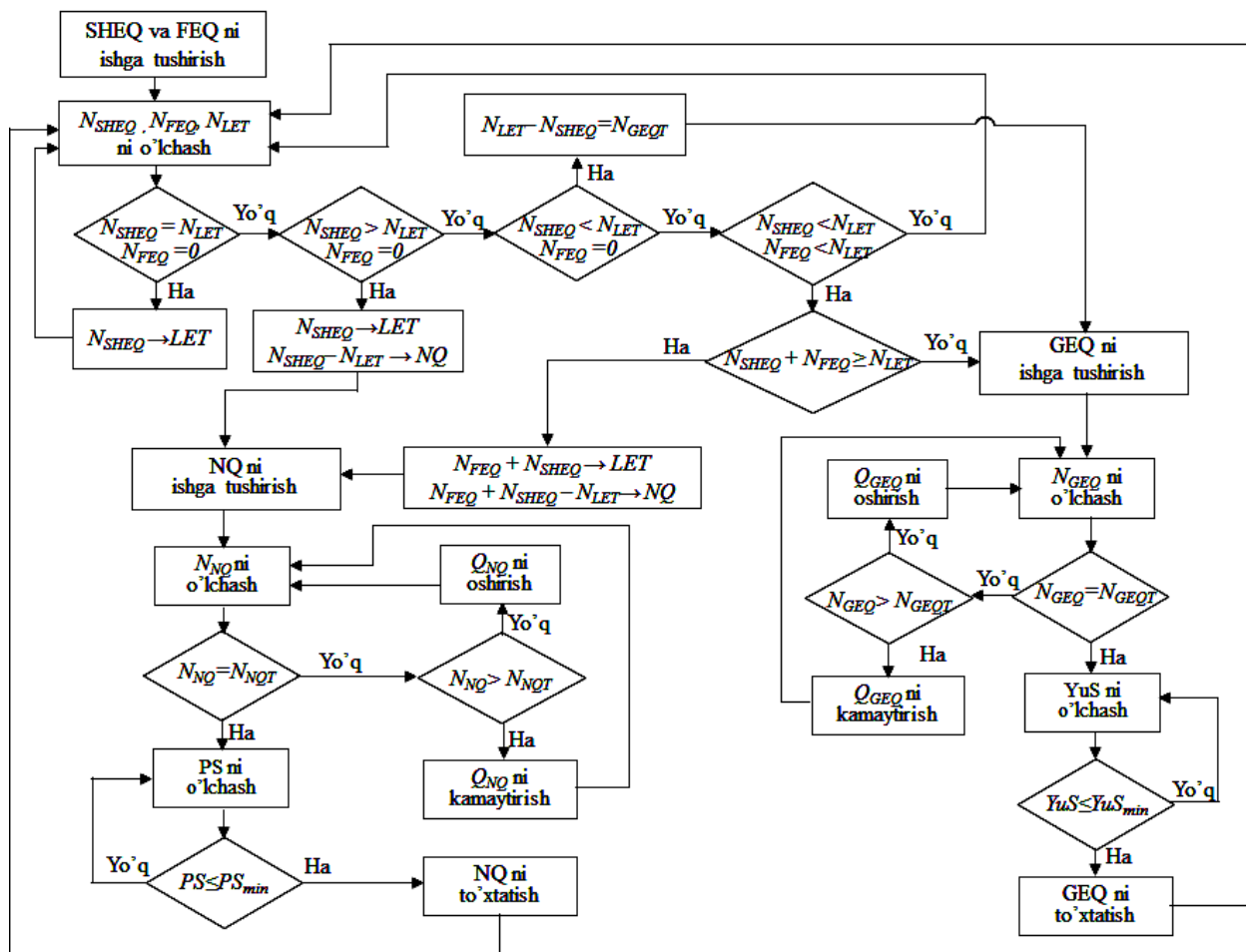
LETning ish rejimi uch bosqichdan iborat bo‘lib, birinchi va ikkinchi bosqichda quyosh nurlanishi bo‘lmagan holda SHEQning quvvati NS quvvati bilan taqqoslanib, yetmagan quvvatni METdan olish yoki ortiqcha quvvatni akkumulyatsiyalash masalasi hal qilinadi. Uchinchi bosqichda quyosh faolligi davrida SHEQ va FEQ quvvatlari yig‘ilib, bir qismi LET ehtiyoji uchun ishlatiladi va qolgan qismi akkumulyatsiyalanadi. Agar SHEQ va FEQ ning umumiy quvvati ham yetarli bo‘lmasa N_2 quvvat METdan olinadi.

LETda ortiqcha energiyani akkumulyatsiyalash uchun gidravlik usul, ya’ni yuqorida joylashgan havzada suv hajmini NS yordamida to‘plash va undan zarur bo‘lganda gidroenergetik qurilma (GEQ)ga berish orqali energiya ishlab chiqarish usuli taklif qilingan. Bu usulni qo‘llashda asosiy masalalardan biri yuqori havzada energiyani akkumulyatsiyalash uchun zarur bo‘lgan suv hajmini aniqlash hisoblanadi. Ushbu suv hajmini 5 – rasmda keltirilgan grafik uchun quyidagi tenglama bilan aniqlaymiz

$$V_{yM} = 367 \cdot \eta \left[\mathcal{E}_{NS}(t_1 - t_0) \int_{t_0}^{t_1} H_{NS}^{-1}(t) dt + \mathcal{E}_{NS}(t_3 - t_2) \int_{t_2}^{t_3} H_{NS}^{-1}(t) dt \right] \quad (14)$$

bunda $H_{NS}(t)$, η – NS napori va f.i.k.

SHEQ va FEQlar energiyasining bir qismi gidravlik usulda to‘planadigan ushbu LETning funksional sxemasi 5 – rasmda tasvirlangan LET ish rejimi grafigiga asosan 7 – rasmda keltirilgan.



7 – rasm. SHEQ va FEQlar energiyasining bir qismi gidravlik usulda to‘planadigan ushbu LETning funksional sxemasi

Mazkur sxemada energetik qurilmalarning quvvatlari N_{SHEQ} , N_{FEQ} , N_{LET} , N_{GEQ} , va N_{NQ} bo‘yicha ma’lum belgilangan diskret vaqtlar oralig‘ida o‘lchash amaliyoti amalga oshirilib, ishlab chiqarilgan energiya bilan iste‘molchilar talabini qondirish, ortiqchasini akkumulyatsiyalash, yetmaydigan qismini GEQ orqali ishlab chiqish operatsiyalarini belgilangan tartibda bajarish ko‘zda tutilgan.

SHEQning kecha-kunduz ishlash imkoni bo‘lganligi uchun sxemaning barcha taqqoslash bloklarida N_{SHEQ} ning N_{LET} ga nisbatan qiymati ko‘rib chiqiladi va taqqoslash natijalariga qarab energiyani akkumulyatsiyalash, ya’ni nasos qurilmasini ishga tushirish yoki yetishmaydigan energiyani qoplash uchun GEQni ishga tushirish masalasi hal qilinadi. Ushbu sxemada 5 – rasmdagi LET ish rejimiga ko‘ra $N_{FEQ} \geq N_{LET}$ holati mavjud emas, shu sababli bu variant ko‘rib chiqilmaydi.

Nasos qurilmasining quvvati N_{NQ} ni belgilangan talabga mos ravishda roslash bosim quvuridagi suv sarfi Q_{NQ} ni roslash orqali amalga oshiriladi. Bunda belgilangan talabga javob beradigan quvvat N_{NQ} hisoblanadi.

Pastki havzadagi suv sathi PS ning minimum qiymati nasos qurilmasini ishdan to‘xtatish uchun signal hisoblanadi.

LETda energiya yetishmovchiligi kuzatilgan vaqtlarda GEQni ishga tushirish, ya'ni yuqori suv havzasida to'plangan suvni GEQ orqali pastki suv havzasiga berish bo'yicha buyruq beriladi. Bu holatda ham $N_{LET} - N_{SHEQ}$ yoki $N_{LET} - (N_{SHEQ} - N_{FEQ})$ quvvati, ya'ni GEQ quvvati N_{GEQ} talab qilinayotgan quvvat N_{GEQT} ga mos bo'lishi uchun uning quvvati davriy ravishda o'lchanib, taqqoslanadi va quvurdagi suv sarfi Q_{GEQ} rostdash mexanizmlari yordamida mos ravishda rostlab boriladi. Yuqori suv havzasidagi suv sathi minimal qiymatga tushganda GEQ ishdan to'xtatiladi.

LET energetik qurilmalarining ortiqcha energiyasini akkumulyatsiyalash samaradorligini aniqlash bo'yicha bajarilgan hisoblarning natijalari quvvati 18 MVt bo'lgan LETda energiyani gidravlik akkumulyatsiyalash hozirgi kunda keng qo'llanilayotgan litiy – ion akkumulyatorlarga nisbatan 32...36 % iqtisodiy samara berishi, ya'ni har bir MVt-soat akkumulyatsiyalanadigan energiya uchun o'rtacha 100 dollar foyda keltirishi aniqlandi.

Asosiy energiya miqdorini markazlashgan energetik tizimdan oladigan va tarkibida qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi qurilmalar bo'lgan energiya tizimining samaradorligi Qarshi Bosh kanali nasos stansiyalari misolida aniqlandi.

Qarshi Bosh kanali nasos stansiyalari (QBKNS) kaskadining umumiy o'rnatilgan quvvati 450 MVt bo'lib, bir yilda 2,0...2,2 mlrd. kVt-soat elektr energiyani, ya'ni Respublika umumiy energiya iste'molining 3,0...3,5 % ini iste'mol qiladi. Energiya iste'moli katta bo'lganligi uchun kaskadga qarashli sug'orish maydonlarida suvning tannarxi Respublika bo'yicha o'rtacha tannarxga nisbatan 2 barobar ortiq qiymatga ega. Shu sababli QBKNSda energetik xarajatlarni kamaytirish juda muhim ahamiyatga ega.

QBKNS hududida yirik Talimarjon IES, loyihaviy hajmi 1,5 mlrd. m³ bo'lgan Talimarjon suv ombori mavjud, quyosh va shamol energiyasidan yetarli darajada foydalanish mumkin. Talimarjon suv omborining suv chiqarish inshootining maksimal suv sarfi 360 m³/sek va nabori o'rtacha 18 metrga teng bo'lib, bu inshootda GES qurilishi uchun yetarli imkoniyatlar bor va yil davomida suv omboridagi suv hajmiga qarab 38000...74000 MVt-soat elektr energiyasini ishlab chiqarish mumkin.

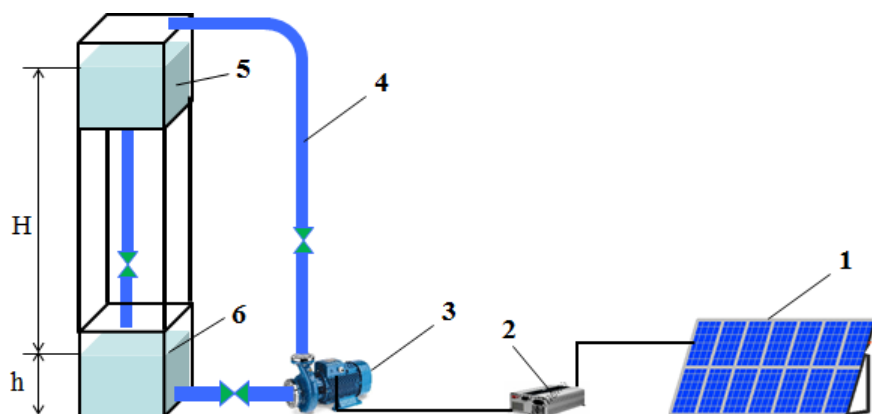
Ushbu tizimning yillik energiya taqsimoti QBKNS ning energiya iste'moli miqdori $\mathcal{E}_{NS} = 2201900$ MVt-soat (2021 yil uchun) bo'lgan holda, $\mathcal{E}_{IES} = 1542000$ MVt-soat, $\mathcal{E}_{FES} = 302000$ MVt-soat, $\mathcal{E}_{SHES} = 301900$ MVt-soat va $\mathcal{E}_{GES} = 56000$ MVt-soat ga teng qilib taqsimlandi, foiz hisobida IES 70 %, FES va SHES 13,7 % dan, GES 2,6 % elektr energiyani beradi. Bajarilgan hisoblar natijalari QBKNS energiya ta'minotiga mazkur diversifikatsiyalangan taqsimotni qo'llash natijasida faqat elektr energiyasi tariflarining farqi bo'yicha yiliga 52 mln. dollar foyda olish mumkinligini ko'rsatdi.

Dissertatsiyaning "**Fotoelektrik nasos qurilmasining tajribaviy tadqiqotlari va uning iqtisodiy samaradorligini aniqlash**" nomli to'rtinchi bobida laboratoriya tadqiqotlari va quyosh energiyasidan foydalanib sug'orish tizimidagi nasos stansiyalarni elektr energiyasi bilan ta'minlashning iqtisodiy samaradorligini aniqlash natijalari keltirilgan.

FENQ tajribaviy tadqiqotlarining maqsadi nasos ishchi g'ildiragining har xil aylanishlar chastotasida yuzaga keladigan iste'mol quvvati bilan quyosh nurlanishi davomidagi FEQ quvvati qiymatlari orasidagi mutanosib bog'lanishni aniqlash,

olingan natijalarning nazariy natijalarga mosligini tekshirishdan iborat.

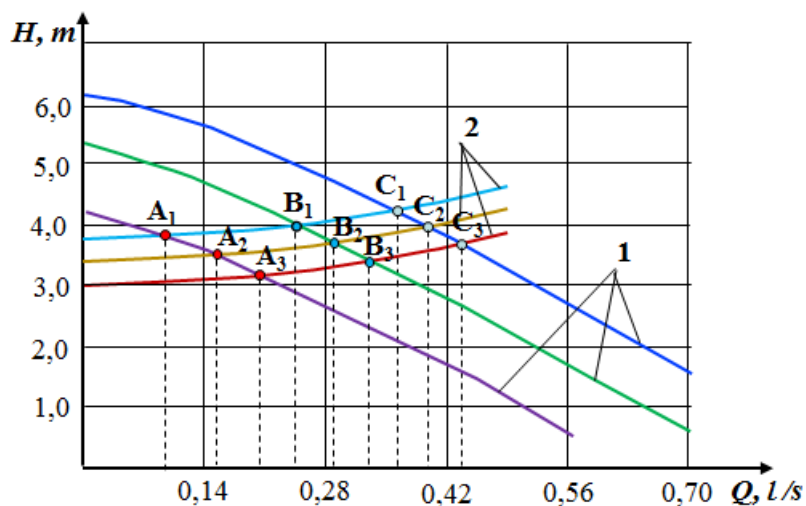
Tajribalarda qoʻllanilgan FENQ quyidagi asosiy qismlardan iborat: FEQ, inverter, elektrodvigatel, nasos, pastki va yuqori suv baklari (8-rasm).



- 1 – fotoelektrik modul;
 - 2 – inverter;
 - 3 – nasos agregati;
 - 4 – bosimli suv quvuri;
 - 5 – yuqori bak;
 - 6 – pastki bak.
- 8 – rasm. FENQ tajriba nusxasining sxemasi**

FEQdan berilgan elektr energiyasi inverter yordamida oʻzgaruvchan tokka aylantirilib nasos elektrodvigateliga beriladi va natijada nasos pastki bakdagi suvni yuqori bakka haydab beradi. Suv napori pyezometrlar, suv sarfi hajmiy usul bilan, FEQning elektrik parametrlari multimetr yordamida oʻlchandi. FEQ uchun maksimal quvvati 390 Vt, yuz maydoni maydoni 1,458 m² boʻlgan monokristall PV moduldan foydalanildi. Nasos qurilmasi uchun uch aylanishlar chastotasiga va 100 Vt maksimal quvvatga ega boʻlgan markazdan qochma sirkulyatsiya nasosi GRP 25-6-180 qoʻllanildi.

Ushbu qurilmada qoʻllanilgan nasosning ish rejimini aniqlash boʻyicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari 9 – rasmda keltirilgan.



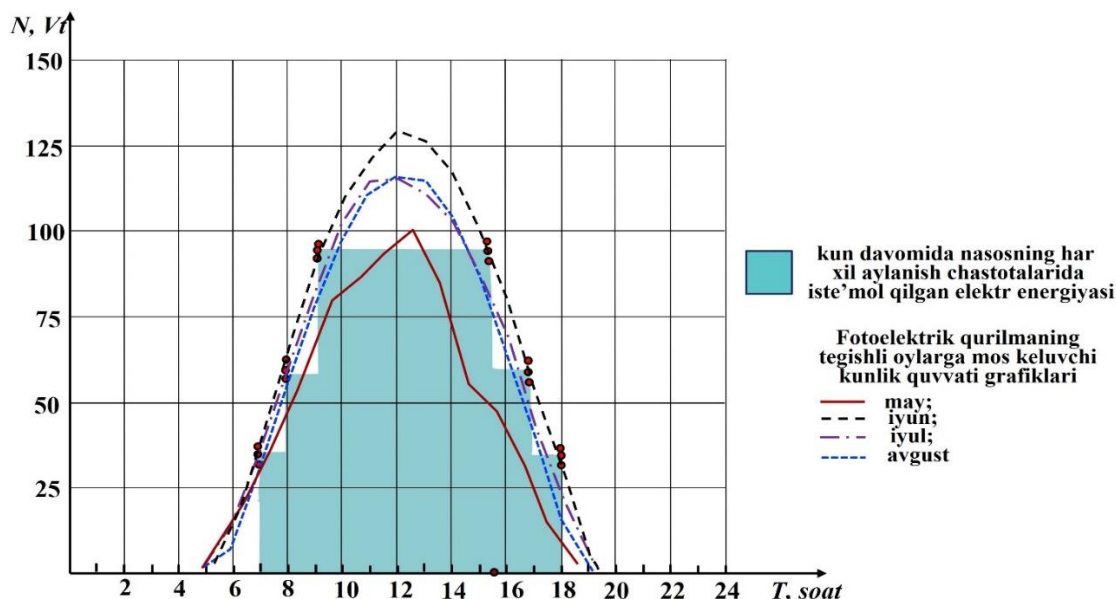
- 1 – nasos napor xarakteristikalarini $H_{1,2,3} - Q$;
- 2 – quvurlar tizimi napor xarakteristikalarini $H_{quv1,2,3} - Q$;
- $A_{1,2,3}$, $B_{1,2,3}$, $C_{1,2,3}$ – nasos ishchi nuqtalari.

9 – rasm. Nasos ish rejimi grafiklari

Grafiklarda nasosning 3000, 2700, 2400 ayl/min aylanish chastotalaridagi napor xarakteristikalarini va geometrik suv haydash balandligining 3,0, 3,3 va 4,3 metr qiymatlarida olingan ishchi nuqtalari berilgan. Ushbu nuqtalarga mos nasos quvvatini (8) formula bilan aniqlash mumkin. Natijalar nasos quvvatini 90...94 Vt (3000 ayl/min.), 56...64 Vt (2700 ayl/min.), 22,0...36,0 Vt (2400 ayl/min.) ga teng ekanligini koʻrsatdi. Nasos quvvatini tok kuchi va kuchlanish qiymatlarini oʻlchash orqali aniqlash natijalari ham yuqorida keltirilgan ishchi nuqtalar boʻyicha olingan

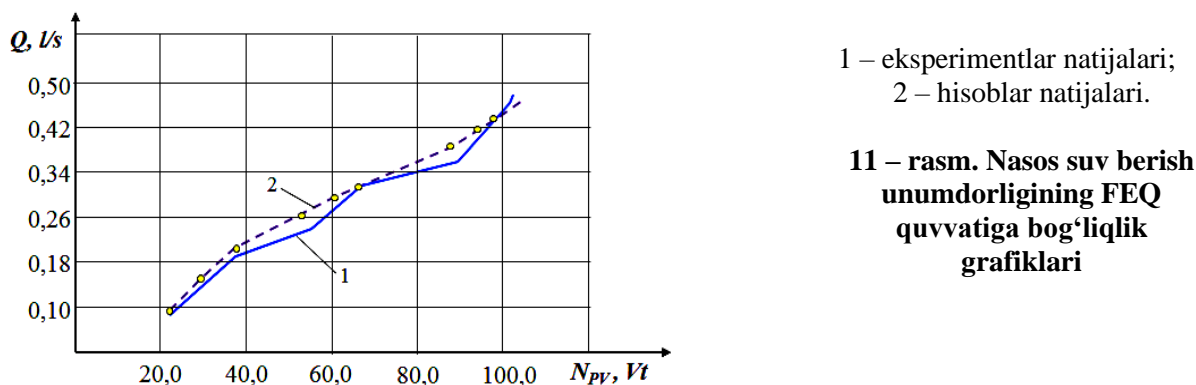
natijalarga deyarli teng ekanligini ko'rsatdi.

Tajribalar o'tkazilgan davrdagi (2022 yil may, iyun, iyul, avgust) aniqlangan FEQ quvvatlari qiymatlariga nasos iste'mol quvvatining mos kelish darajasini 10 – rasmda keltirilgan grafik orqali namoyish qilish mumkin. Grafikdan ko'rinib turibdiki, may – avgust oylarida tajribalarda aniqlangan FEQ quvvatining 70 % dan (iyun oyi) 94 % igacha (may) bo'lgan qiymatlaridan nasos quvvatlarini qondirish uchun foydalanish mumkin, buning asosiy sababi FEQ quvvati o'zgarishiga mos ravishda nasos ishchi g'ildiragi aylanishlari sonini o'zgartirish usuli qo'llanilganligi hisoblanadi.



10-rasm. Nasos iste'mol quvvati qiymatlarining FEQ quvvatiga mosligini aniqlash grafiklari

Nasos qurilmasi suv berish unumdorligining eksperimentlarda olingan natijalarining FEQ quvvati bog'liqlik darajasi (9) tenglama bo'yicha bajarilgan hisoblar natijalariga mosligini taqqoslash $Q=f(N_{PV})$ grafiklarini solishtirish orqali amalga oshirildi (11 – rasm).



1 – eksperimentlar natijalari;
2 – hisoblar natijalari.

11 – rasm. Nasos suv berish unumdorligining FEQ quvvatiga bog'liqlik grafiklari

Hisoblar natijalari bilan eksperimentlar natijalarining moslik darajasini aniqlash bo'yicha bajarilgan tahlillar oradagi farqning o'rta kvadrat og'ishi qiymati $S_{\bar{x}} = 0,0164$ ga va shunga asosan farqlarning tasodifiy xatoligi Styudent mezoni bo'yicha 0,038 ga tengligini ko'rsatdi.

Fotoelektrik nasos qurilmasining iqtisodiy samaradorligini aniqlashda hozirgi vaqtdagi iqtisodiy tahlillarni olib borishning zamonaviy usullari hisoblangan qurilmalarning xizmat muddati davomidagi qiymatini (LCC), sof joriy (keltirilgan) qiymat (NPV)ni, ishlab chiqarilgan energiyaning me'yorlashtirilgan (keltirilgan) qiymatini (LCOE) va xarajatlarni qoplash muddati (PP) ni hisoblash usullaridan foydalanildi. FENQning iqtisodiy samaradorligini zamonaviy dinamik usullar bilan hisoblash natijalari 1 – jadvalda keltirilgan.

1 - jadval

Qurilmalarning texnik – iqtisodiy parametrlarini taqqoslash

№	Texnik – iqtisodiy parametrlar	Miqdori	
		IES	FENQ
1	Energetik qurilmaning xizmat muddati, yil	20	20
2	Energetik qurilmaga sarf bo'lgan kapital xarajatlar (SS), ming so'm	1376375,0	662156,0
3	Nasos qurilmasi haydab bergan suv hajmi, V, m^3	1000000,0	1000000,0
4	Suv narxi, ming so'm	170600,0	170600,0
5	Ekspluatatsiya xarajatlari (MC), ming so'm	13764,0	6622,0
6	Qurilmaning yil davomida ishlab chiqargan elektr energiyasi miqdori (EC), kVt·soat	133651	133651
7	Sof foyda (RV), ming so'm	156836,0	163978
8	Bank me'yoriy foiz stavkasi (i)	0,15	0,15
9	Inflyatsiya darajasi (f)	11,0	11,0
10	Diskont stavkasi (d)	0,036	0,036
11	Kapitalni qaytarish koeffitsiyenti, CRF	0,071	0,071
12	Sof keltirilgan qiymat (NPV), ming so'm	832582,7	1647393,3
13	Me'yorlashtirilgan energiya qiymati, (LCOE) so'm/kVt·soat	834,0	401,0
14	Xarajatlarni qoplash muddati (RR), yil	8,8	4,0

Jadvalda keltirilgan hisoblar natijalari nasos qurilmalarini FEQ energiyasi bilan ta'minlash IESga nisbatan barcha iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha deyarli ikki barobar miqdorda iqtisodiy samara berishi mumkinligini ko'rsatdi, masalan, sof keltirilgan qiymat (NPV) miqdori bo'yicha 20 yil xizmat muddati davomida 1,97 barobar foyda olinadi, LCOE qiymati 2,08 barobar arzon, 64,15 tonna CO₂ zararli gaz chiqishining oldi olinadi, 40000 m³ dan ortiq gaz tejiladi, qoplash muddati 4 yilni tashkil qiladi.

Xulosalar

1. Ekinlarni sug'orish muddati davomida zarur bo'ladigan suv hajmi, nasosning chegaraviy naporlari va suv berishi unumdorligi qiymatlari, quvurlar tizimi parametrlarining o'zgarishi qonuniyatlari asosida fotoelektrik nasos qurilmasining maksimal quvvatini hisoblash metodikasi va dasturiy ta'minoti ishlab chiqildi.

2. Fotoelektrik qurilmaning o'zgaruvchan quvvati qiymatlariga mos keluvchi nasos ish rejimini ishchi g'ildirak aylanishlari chastotasini o'zgartirish usuli bilan rostlash parametrlarini nasos statik nabori o'zgarishlarini hisobga olib aniqlashning grafoanalitik usuli ishlab chiqildi. Mazkur usul bo'yicha bajarilgan hisoblar natijalari sug'orish maqsadida bir kunda 9000 m³ suvni to'plash uchun fotoelektrik

qurilmaning maksimal quvvati 70 kVtni tashkil etishi va bunda FEQ ishlab chiqaradigan energiyaning 81 % idan nasos qurilmasi ehtiyojlari uchun foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Bu ko'rsatkichlar ish rejimi rostlanmaydigan nasos qurilmasiga nisbatan quvvat bo'yicha 1,37 barobar, FEQ energiyasidan foydalanish bo'yicha 2,0 barobar samarador ekanligi aniqlandi.

3. Nasos foydali ish koeffitsiyenti, statik nabori, quvurlar tizimi o'lchamlari va napor yo'qolishi qiymatlarini hisobga olgan holda, fotoelektrik qurilmaning o'zgaruvchan quvvati qiymatlariga mos keluvchi nasos suv berish unumdorligining optimal qiymatlarini hisoblash imkonini beradigan matematik model olindi.

4. Nasos stansiyasini energiya bilan ta'minlashga mo'ljallangan, tarkibida quyosh, shamol va gidroto'plash elektr stansiyalari bo'lgan lokal energiya tizimining energetik parametrlarini, ish rejimlarini aniqlash uslubiyati hamda tizimdagi texnologik jarayonning funksional sxemalari ishlab chiqildi. Mazkur uslubiyat asosida bajarilgan hisoblar natijalari maksimal quvvati 18 MVt bo'lgan lokal energiya tizimida quyosh, shamol va gidroto'plash elektr stansiyalaridan foydalanish bir kunda 26552 dollar, jumladan energiyaning gidravlik akkumulyatsiyalash hozirgi kunda keng qo'llanilayotgan litiy – ion akkumulyatorlarga nisbatan 32...36 % iqtisodiy samara berishini ko'rsatdi.

5. Tarkibida quyosh, shamol va gidroelektr stansiyalar bo'lgan gibridd energiya tizimi samaradorligi Qarshi Bosh kanali nasos stansiyalarining energiya ta'minoti misolida ko'rib chiqildi. Hisoblar natijalari energiya ta'minoti issiqlik elektr stansiyasi uchun 70 %, quyosh, shamol va gidroelektr stansiyalar uchun mos ravishda, 13,7 %, 13,7 % va 2,6 % bo'lgan holatda faqat elektr energiyasi tariflarining farqi bo'yicha yiliga 52 mln. dollar foyda olish mumkinligini ko'rsatdi.

6. Fotoelektrik va nasos qurilmasining tajribaviy nusxasi yaratildi va unda bajarilgan tadqiqotlar natijalari nasos valilari aylanishlar chastotasini o'zgartirish orqali nasos parametrlarini fotoelektrik qurilma quvvatiga moslash natijasida uning kun davomida ishlab chiqarilgan energiyaning 70 % idan nasos agregatining ehtiyoji uchun foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Tadqiqotlar natijalari nasos suv berish unumdorligi bilan fotoelektrik qurilma quvvati orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik model bo'yicha olingan hisobiy natijalarga mos keladi.

7. Sug'orish tizimida qo'llaniladigan quvvati 100 kVt bo'lgan fotoelektrik va nasos qurilmasining iqtisodiy samaradorligini hisoblash natijalari nasos qurilmalarini an'anaviy usulda, ya'ni markazlashgan energotizim orqali energiya bilan ta'minlashga nisbatan ekin maydonlariga quyosh energiyasidan foydalanib suv yetkazib berish 2 barobar iqtisodiy samara berishi, kapital xarajatlar 4 yilda qoplanishi va bunda yiliga 40 ming m³ gaz tejalishi, atmosferaga 64,15 tonna CO₂ zararli chiqindi chiqishining oldini olish mumkinligini ko'rsatdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РbD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УМИРОВ АСРОР ПАРДАЕВИЧ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

05.05.06- Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (РbD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши– 2024

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2022.4.PhD/T3332

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте. Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета (www.qmii.uz) и на информационном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Уришев Бобарим
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Юлдашев Исраил Абриевич
доктор технических наук, профессор

Садуллаев Насулло Нематович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится «6» 04 2024 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте (Адрес: 180100, г.Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел.: (+99875)-224-02-89; факс: (+99875)-224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрировано №100). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. тел (+99875) 224-02-89), факс: (+99875)-224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «25» 03 2024 года.
(реестр протокола рассылки №21 от «25» 03 2024 года).


Г.Н. Узаков
Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.А. Давлонов
Заместитель секретаря Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

Ж.С. Ахатов
Второй заместитель председателя Научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире придается особое значение вопросам повышения энергоэффективности насосных станций на основе использования альтернативных источников энергии, внедрения в систему энергоснабжения энергосберегающих технологий и обеспечения надежности насосных установок. Согласно данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии, в настоящее время солнечная энергия широко используется при орошении основной части поливных земель, в частности, в Индии, странах Африки и Ближнего Востока, где наблюдается развитие сельскохозяйственной отрасли, электроснабжение 75...80 % вновь возводимых насосных установок осуществляется именно за счет солнечной энергии¹. По этой причине большое внимание уделяется вопросам использования энергетических систем на основе альтернативных источников энергии для повышения эффективности насосных станций.

В мире проводятся научные исследования, направленные на повышение эффективности использования в системе энергоснабжения насосных станций альтернативных источников энергии, в том числе солнечной и ветровой энергии, а также на снижение энергозатрат, накопление избыточной энергии, определение оптимальных параметров. В этом направлении приоритетными считаются исследования по снижению себестоимости воды, поставляемой насосной станцией, повышению надежности водоснабжения, максимальному использованию альтернативных источников энергии. Вместе с тем, одной из наиболее актуальных задач является оптимизация функциональных схем энергоснабжения насосных станций от автономной сети на основе альтернативных источников энергии и энергетических параметров данной сети, а также повышение эффективности использования солнечной и ветровой энергии при энергоснабжении насосных станций системы орошения.

В республике осуществляются широкомасштабные меры, направленные на проведение научных исследований по использованию энергетических систем на основе альтернативных источников энергии для повышения эффективности насосных станций и по внедрению полученных результатов в практику. В Указе Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года № ПФ-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», намечены приоритетные задачи по «...повышению энергоэффективности и уменьшению эксплуатационных затрат насосных станций...», «...налаживанию использования альтернативных источников энергии, в частности солнечных батарей...». При решении этих задач особое значение обретают задачи по адаптированному управлению мощностью насосных установок в соответствии с меняющейся в течение дня мощностью фотоэлектрической установки для максимального использования солнечной энергии, выбору оптимальной мощности фотоэлектрической установки и разработке эффективных способов аккумуляции избыточной солнечной энергии, превышающей потребление².

¹S. Senthil Kumar, Chidambaranathan Bibin, K. Akash, K. Aravindan, M. Kishore, G. Magesh Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach. Materialstoday: proceedings. Volume 33, part 1, 2020, pp 303 – 307. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.092>

²Указ Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» №ПФ-6024, <https://lex.uz/docs/4892946>

Данная диссертационная работа в определенной мере служит реализации задач, обозначенных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №ПФ-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и постановлении Президента от 22 августа 2019 года № ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии».

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологий, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Исследования энергетических установок, работающих на основе альтернативных источников энергии, в том числе насосных установок, используемых в системах орошения и питьевого водоснабжения, проводили ученые Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии США (NREL), Национальных лабораторий Сандии (Sandia National Laboratories), университетов Шеффилда и Ноттингема в Великобритании, Национального технологического института Индии, Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), Московского энергетического и Санкт-Петербургского политехнического университетов Российской Федерации и других научных учреждений S.S.Chandel, P.E.Campana, R.Rawat, C.Gopal, J. Margeta, C.Zhang, P. Elia, В.И.Виссарионов, В.В.Елистратов, В.Я Карелин, А.В.Минаев, Б.С.Лезнов, Р.А.Новодережкин, Cheng Li, Yang, Z., Pawel Olszewski.

В нашей республике исследованиями вопросов регулирования режимов работы насосов занимались Р.А.Захидов, М.Н.Турсунов, М.М.Мухаммадиев, Б.У.Уришев, И.А.Юлдашев, У.А.Таджиев, М.М.Мамажонов и другие.

Признавая значимость и весомость результатов работы этих исследователей, необходимо также отметить, что вопросы разработки методики и методов расчета параметров регулирования режимов работы насосных установок в соответствии с меняющейся мощностью фотоэлектрической установки, обеспечивающих максимальное использование солнечной энергии в течение суток, исследованы недостаточно. Вместе с тем, недостаточно изучены и вопросы осуществления энергоснабжения насосных станций, используемых в оросительных системах, посредством локальных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии, разработки их функциональных схем автоматизации, основанных на цифровых технологиях, а также определения их экономической эффективности.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Каршинского инженерно-экономического института в рамках рассчитанного на период 2021-

2023 годы направления исследований на тему «Разработка научно-технических и энергосберегающих методов эффективного использования возобновляемых источников энергии в промышленности, сельском хозяйстве и коммунально-бытовой сфере».

Цель исследования заключается в обосновании эффективности использования на насосных станциях энергетических установок и систем на основе альтернативных источников энергии.

Задачи исследования:

анализ современного состояния использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении насосных станций системы орошения;

разработка графоаналитической методики расчета энергетических параметров и режимов работы фотоэлектрической насосной установки;

создание опытного образца фотоэлектрической насосной установки и проведение на ней экспериментальных исследований;

разработка функциональных схем реализации энергоснабжения насосных станций от локальной энергосети на базе альтернативных источников энергии и методики определения энергетических параметров данной сети;

разработка цифровой схемы технологического процесса локальной энергосети, включающей в себя энергетические установки на базе альтернативных источников энергии и бассейн для накопления воды;

определение экономической эффективности использования альтернативных источников энергии в энергоснабжении насосных станций системы орошения.

Объектом исследования являются насосные станции системы орошения, энергоснабжение которых осуществляется при помощи установок на основе альтернативных источников энергии.

В качестве **предмета исследования** приняты режимы работы, гидравлические характеристики и энергетические параметры насосных станций, энергетические параметры фотоэлектрической установки при электроснабжении насосных агрегатов от солнечной энергии.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы методы определения изменения энергии в трубопроводах при помощи уравнения Бернулли, закон изменения величин при расчете режимов работы и параметров насосов, а также графоаналитические методы определения рабочих характеристик насоса и метод экспериментального исследования характеристик насосных установок.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан метод расчета максимальной мощности фотоэлектрической насосной установки с учетом изменения энергии солнечного излучения, предельного давления и производительности насоса, срока полива, объема поданной воды, а также параметров системы трубопроводов;

разработан графоаналитический метод определения параметров регулирования режима работы насоса в соответствии с меняющимися в течение суток значениями мощности фотоэлектрической установки путем изменения частоты вращения рабочего колеса с учетом изменений статического напора

насоса;

разработана математическая модель, позволяющая рассчитать оптимальные значения производительности насоса, соответствующие значениям меняющейся мощности фотоэлектрической установки, исходя из значений коэффициента полезного действия и статического напора насоса, размеров системы трубопроводов и потерь напора;

разработана функциональная схема локальной энергетической системы для удовлетворения за счет электрической энергии, вырабатываемой солнечной и ветровой энергетическими установками, потребности насосной установки в электроэнергии и накопления избыточной энергии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана фотоэлектрическая насосная установка, состоящая из верхнего и нижнего водяных баков, насоса с различной частотой вращения и солнечных панелей;

разработана схема управления технологическим процессом комплекса на основе альтернативных источников энергии, включающего в себя бассейн для накопления воды;

разработана программа для ЭВМ по определению максимальной мощности фотоэлектрической насосной установки.

Достоверность результатов исследования подтверждается применением общепризнанных современных методов исследования, проведением экспериментальных опытов на основе апробированных методов и средств, адекватностью полученных результатов расчетным результатам. Научные выводы, рекомендации и результаты, представленные в диссертации, не противоречат известным результатам в данной области, дополняют их и расширяют диапазон использования, создают новые возможности. Подготовка, анализ, обработка и классификация полученных результатов базируются на современных методах работы с данными и методах статистического анализа.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что полученные новые результаты в определенной степени вносят вклад в теорию и практику научно-технического обоснования электроснабжения насосных станций системы орошения на основе возобновляемых источников энергии.

Практическая значимость результатов, полученных в процессе выполнения диссертационной работы, состоит в разработке методов и схем повышения эффективности энергоснабжения насосных станций системы орошения при помощи возобновляемых источников энергии и в снижении энергетических затрат на насосных станциях.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по повышению эффективности насосных станций за счет использования энергетических установок на основе альтернативных источников энергии:

фотоэлектрическая насосная установка, разработанная с учетом таких факторов, как изменение энергии солнечного излучения, предельное давление и производительность насоса, объем воды, предоставляемой для системы

орошения, и сроки полива, внедрена в фермерском хозяйстве “Fazliddin sifat chorva” Камашинского района Кашкадарьинской области (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан от 12 июля 2023 года №05/26-05/3411). В результате достигнут двукратный экономический эффект по сравнению с количеством энергии, которая расходовалась в течение года на насосные установки, используемые для орошения посевных площадей;

фотоэлектрическая насосная установка, энергопотребление которой покрывается за счет солнечной и ветровой энергетических установок и которая имеет локальную энергосистему, аккумулирующую избыточную энергию, внедрена в фермерском хозяйстве “Fazliddin sifat chorva” Камашинского района Кашкадарьинской области (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан от 12 июля 2023 года №05/26-05/3411). В результате достигнуты окупаемость капитальных затрат в течение 4 лет, а также ежегодная экономия газа в объеме 40 тысяч м³ и сокращение выбросов CO₂ в атмосферу на 64,15 тысяч тонн.

Апробация результатов исследований. Основные результаты диссертационной работы были обсуждены на 7 международных и 2 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано в общей сложности 20 научных работ, из них 3 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 – в зарубежном, 2 – в республиканских журналах, еще 3 статьи опубликованы в сборниках материалов конференций, индексированных в базе SCOPUS. Получено 3 свидетельства на программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, охарактеризованы ее цели и задачи, показаны объект и предметы исследования, а также его соответствие приоритетным направлениям в развитии науки и технологий в нашей республике, описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследований на практике, апробации, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современные тренды, проблемы, достижения в использовании альтернативных источников энергии для энергоснабжения насосных станций»** приведен анализ литературы и данных по вопросам использования насосных станций в мире и Республике Узбекистан, который наглядно демонстрирует, что экономия энергии на этих установках, оптимизация ее потребления является одним из

важнейших вопросов сегодняшнего дня, а одним из основных решений проблемы энергоснабжения насосных станций является использование возобновляемых источников энергии.

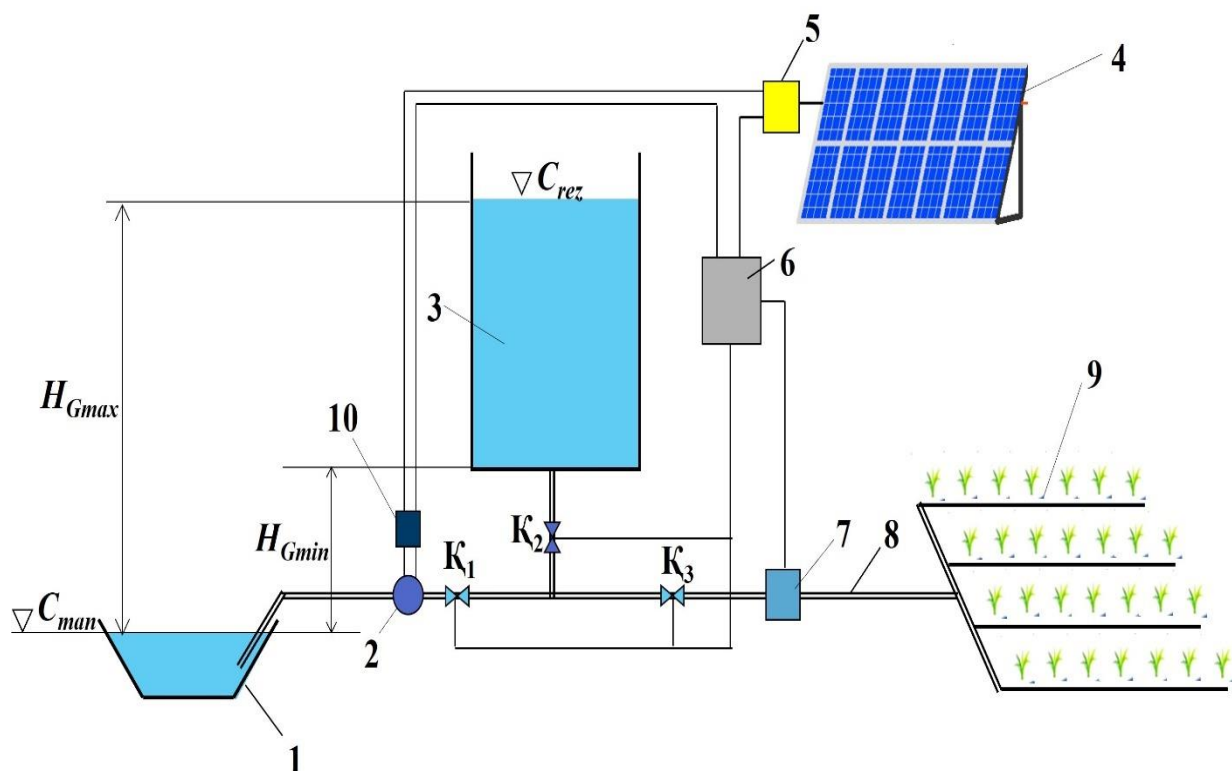
Анализ проведенных исследований и разработок показывает, что применение систем накопления избыточной энергии при использовании фотоэлектрических насосных установок экономически эффективно за счет обеспечения максимального использования возобновляемых источников энергии, и особенно большой эффект приносит использование для накопления энергии резервуаров для хранения воды. Анализ литературы показал, что при обеспечении насосных станций надежной и дешевой электроэнергией эффективно использовать локальные сети, состав которых в основном состоит из ветряных и солнечных электростанций.

Результаты анализа показали необходимость проведения научных исследований по поиску решений ряда вопросов. Например, недостаточно изученными остаются вопросы разработки методики и программ расчета режимов работы и параметров фотоэлектрической насосной установки, обеспечивающих оптимальное соответствие мощности насосных агрегатов мощности фотоэлектрических модулей, а также учитывающих постоянное изменение мощности насосной установки и значений напора при аккумуляции солнечной энергии, а также разработки методики определения параметров системы, функциональных схем управления технологическим процессом в условиях обеспечения станций энергией локальных энергосистем. На основе данного анализа, исходя из тенденции развития эффективного использования солнечной энергии в насосных установках системы орошения, сформулированы цели и задачи диссертации.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **“Определение схем и основных параметров энергетических и насосных установок на основе возобновляемых источников энергии”**, приведены схемы энергетических и насосных установок на основе возобновляемых источников энергии, используемых в системе орошения, а также графоаналитическая методика определения основных параметров установок и даны результаты расчетов, выполненных на основе данной методики.

Согласно результатам проведенного анализа систем аккумуляции солнечной энергии в небольших энергетических установках, применяемых в системе орошения, наиболее оптимальным методом является гидроаккумуляция энергии. Схема фотоэлектрической насосной установки (ФЭНУ) для оросительной системы, предназначенной для использования данного метода, показана на рисунке 1.

В целях максимального использования мощности фотоэлектрической установки (ФЭУ) на основе специальной методики и программы рассчитываются сроки накопления энергии и проведения оросительных работ, адаптации потребляемой мощности насосного агрегата к изменяемой мощности ФЭУ, а также осуществляется управление установкой.



1–источник воды; 2–насосная установка; 3–резервуар для сбора воды; 4–ФЭУ;
 5–инвертор; 6–блок управления; 7–блок измерения и распределения расхода воды;
 8–труба для подачи воды; 9- посевная площадь, 10 - блок изменения частоты вращения вала насоса

Рисунок 1. Схема ФЭНУ для оросительной системы

Суточный объем воды, необходимый для орошения, определяется исходя из оросительной нормы, которая принимается в зависимости от характерных для орошаемого участка климата, типа почвы, расположения грунтовых вод и типа посевной культуры

$$V = m \cdot \omega, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где m – оросительная норма (для одного полива), $\text{м}^3/\text{га}$; ω - площадь предназначенного для орошения земельного участка, га.

Количество энергии, необходимое насосному агрегату при перекачке объема воды V в резервуар, определяется следующим образом.

$$\mathcal{E}_n = 9,81 \int_{t_1}^{t_2} Q(t) H(t) \eta^{-1}(t) dt; \quad (2)$$

где t_1 и t_2 – часы начала и окончания времени работы насосного агрегата (это время определяется часами солнечной активности)

Значение полного напора насоса в момент t рассчитывается по формуле

$$H(t) = H_T(t) + \Delta H(t) \quad (3)$$

где $\Delta H(t)$ – значение потеряннного напора в системе трубопроводов на расстоянии от источника воды до водного резервуара насоса, это значение определяется с помощью гидравлических расчетов.

$$\Delta H(t) = \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{g(t)_i^2}{2g} \quad (4)$$

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в трубах, λ – коэффициент гидравлического трения в трубах, l – длина трубы, d – диаметр трубы, $g(t)$ – скорость воды в трубе.

Значение $Q(t)$ определяем на основе следующей зависимости, используя уравнения напорных характеристик насоса и трубопроводной системы

$$Q(t) = k[H_0 - H_{\Gamma}(t)]^{0.5} \quad (5)$$

где k – это коэффициент, отражающий значения гидравлических сопротивлений в проточном тракте насосной установки, в том числе в трубопроводах

$$k = \frac{1}{(S_n + S_k)^{0.5}} \quad (6)$$

S_n – коэффициент напорной характеристики насоса, S_k – коэффициент гидравлического сопротивления системы трубопроводов, H_0 – значение напора при нулевой (при закрытой задвижке) производительности насоса.

Значение S_k определяется по следующей формуле

$$S_k = \Delta H_{onm} / Q_{onm}^2 \quad (7)$$

Q_{onm} – значение производительности, соответствующее максимальному значению к.п.д. по напорной характеристике насоса, значение ΔH_{onm} рассчитывается по формуле (4) в зависимости от значения Q_{onm} .

Значения S_n и H_0 рассчитываются по графику напорной характеристики насоса на основе методики Б.С.Лезнова.

Таким образом, мощность насоса во время t сутки, определяем исходя из значений $Q(t)$ и $H(t)$ следующим образом.

$$N_H(t) = 9,81 \cdot Q(t) \cdot H(t) / \eta(t) \quad (8)$$

Среди значений $N_H(t)$ можно найти максимальную мощность ФЭУ, соответствующую N_{Hmax} .

Для осуществления расчетов по данной методике разработана программа для ЭВМ (№ DGU 14479), ее блок-схема приведена на рисунке 2.

Для обеспечения максимального использования солнечной энергии, необходимо изменить (адаптировать) мощность насоса в соответствии с мощностью ФЭУ, в связи с чем выбран метод изменения частоты вращения вала насоса. Для пересчета параметров насоса при изменении частоты вращения вала воспользуемся уравнениями, рекомендованными на основе законов подобия насосов. Исходя из результатов, полученных в ходе расчетов, представим изменение режима работы насоса графическим методом (рис.3). После определения на основе вышеуказанной методики максимальной мощности насосной установки выбирается соответствующий ей насос и строится его рабочая характеристика ($H_3 - Q$ и $\eta_3 - Q$).

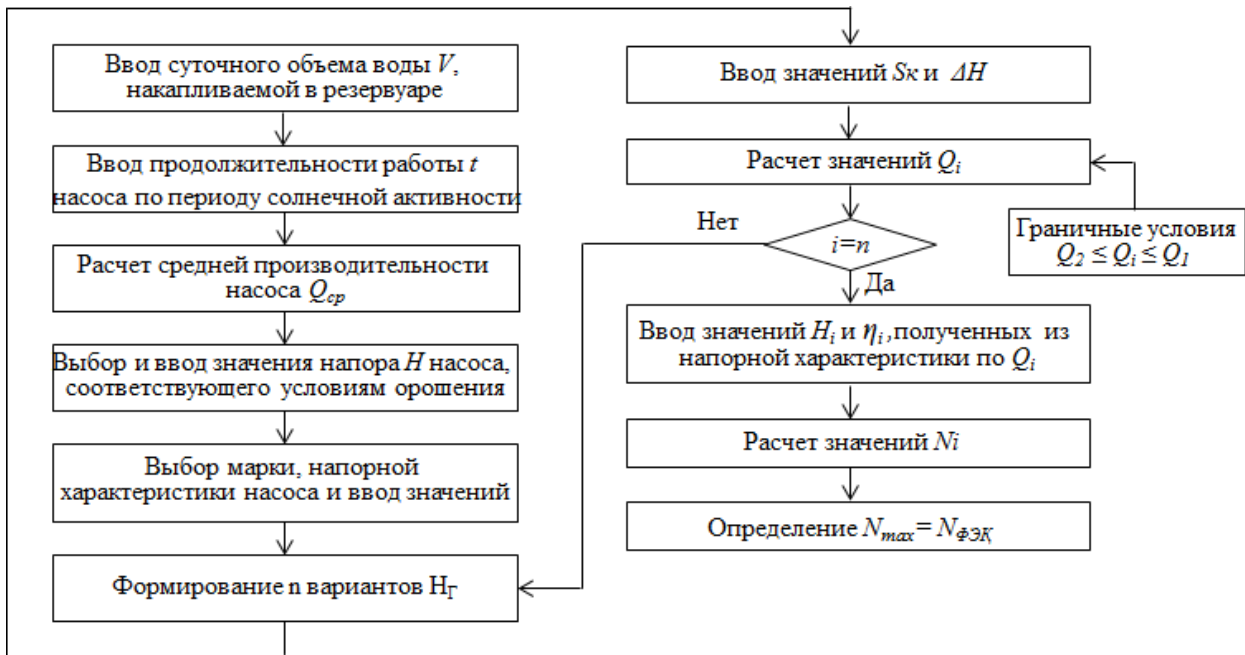
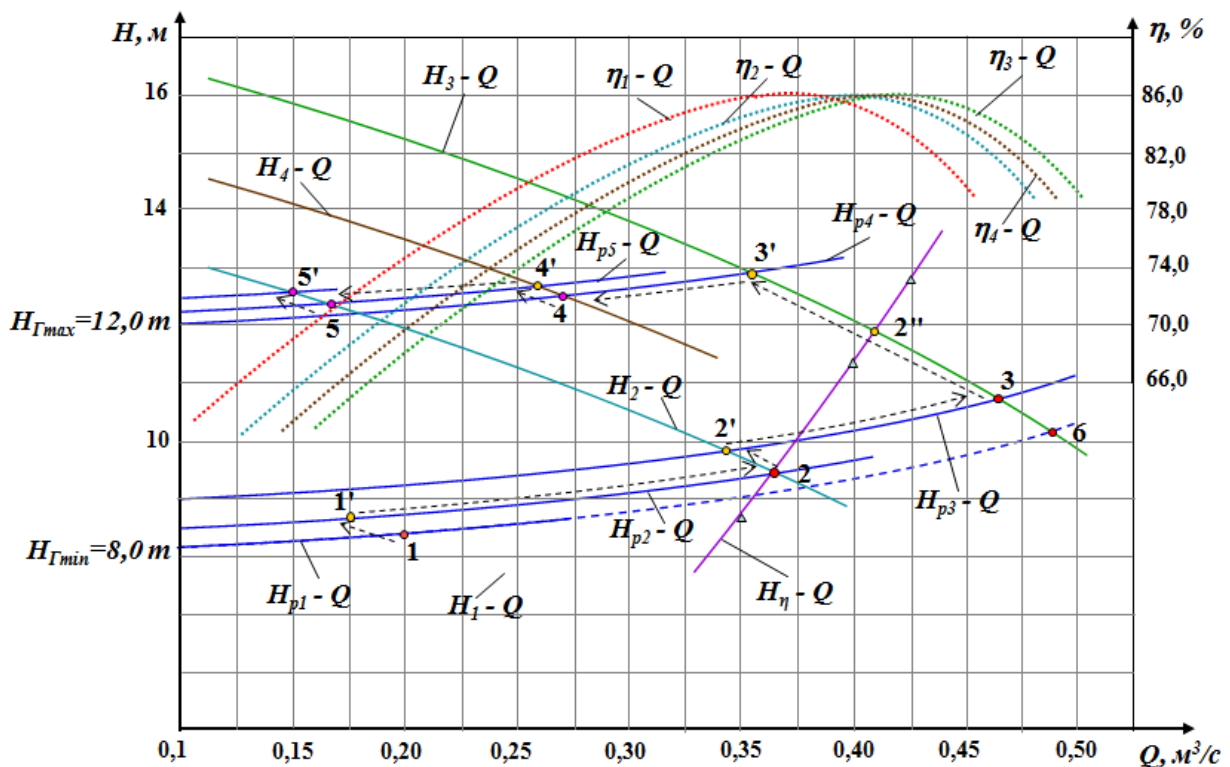


Рисунок 2. Блок-схема методики расчета мощности ФЭУ.



$H_3 - Q$ – напорная характеристика насоса, указанная в его паспорте; $\eta_3 - Q$ – характеристика к.п.д. насоса, указанная в его паспорте; $H_1 - Q$, $H_2 - Q$, $H_4 - Q$ – напорные характеристики, возникающие при изменении частоты вращения насоса; $H_{p1} - Q$, $H_{p2} - Q$, $H_{p3} - Q$, $H_{p4} - Q$ и $H_{p5} - Q$ – напорные характеристики трубопроводной системы, возникающие при изменении геометрических значений напора H_{Γ} ; $\eta_1 - Q$, $\eta_2 - Q$, $\eta_4 - Q$ – характеристика к.п.д. при возникновении изменений частоты вращений в насосе; 3-точка – рабочая точка при номинальной частоте вращения насоса; 1, 2, 4 – рабочие точки при изменении частоты вращения насоса; 1', 2', 3', 4' – рабочие точки, возникающие при изменении значений H_{Γ} ; $H_{\eta} - Q$ – график равнозначного к.п.д.

Рисунок 3. График изменения режима работы насоса

Для использования мощности ФЭУ в периоды низкой солнечной активности, обороты вала насоса уменьшаются, и определяются соответствующие этой мощности параметры насоса, а также определяется его рабочая точка, например, рабочая точка 1, которая соответствует этому состоянию. Когда насос в течение некоторого времени работает в этой рабочей точке, уровень воды в верхнем резервуаре повышается, вследствие чего напор насоса увеличивается, и рабочая точка перемещается на 1'. За это время мощность ФЭУ также увеличивается, и, соответственно, повышается частота вращения вала насоса, тем самым увеличивается мощность насоса и получаем рабочую точку 2, а затем точку 2' за счет увеличения напора. Таким образом, можно получить и рабочую точку насоса 3, когда солнечная активность максимальна, и соответственно точку 3', когда резервуар полностью заполнен. Во второй половине дня, когда солнечная активность снижается, мы снова уменьшаем обороты вала насоса и получаем рабочие точки 4 и 4', а также 5 и 5'. Таким образом, режим работы насоса адаптируется к режиму работы ФЭУ, а при этом происходящее изменение режима работы насоса между рабочими точками обозначено пунктирной линией со стрелкой.

Преимущество обеспечения режима работы насоса согласно вышеприведенной методике можно показать на примере накопления воды в резервуаре, необходимой для однократного полива. Если используется насос с нерегулируемым режимом работы (имеющий постоянную частоту вращения), то в этом случае насос будет работать только в зависимости от изменения H_{Γ} между рабочими точками 6 и 3', то есть будет иметь мощность 59,4 кВт в точке 6, а в точке 3' 54,9 кВт и потреблять 337 кВт·ч электроэнергии для накопления 9000 м³ воды в течение 5,9 часов. При этом максимальная мощность ФЭУ для производства этой энергии составит 96,3 кВт (рис.4).

Как видно из графика на рис. 4, почти 40 % электроэнергии ФЭУ остается неиспользованной насосной установкой. Если применяется метод изменения частоты вращения вала насоса, то за счет приведения мощности насоса в соответствие с величинами N_{PV} для накопления 9000 м³ воды потребуются 314,48 кВт·ч электроэнергии, а максимальная мощность ФЭУ при выработке этой энергии составляет 70 кВт, что позволяет использовать 81% энергии ФЭУ (рис.4).

Из приведенной выше формулы (8) следует, что для приведения значений $Q(t)$, $H(t)$ и $\eta(t)$ в соответствие с требованием $N_H(t) = N_{PV}(t)$, необходимо соответствующее управление и регулирование режима работы насоса. Используя уравнение напорной характеристики системы трубопроводов $H_p = H_{\Gamma} + s \cdot Q^2$ для $H(t)$, и уравнения $\eta = c \cdot Q - d \cdot Q^2$ для определения максимального к.п.д. насоса, математическую модель данного процесса можно представить в виде следующей зависимости:

$$Q(t) = \frac{\sqrt{(N_{PV}(t) \cdot d)^2 - 384,94 \cdot s \cdot H_{\Gamma}(t) + 39,24 \cdot N_{PV}(t) \cdot c \cdot s - N_{PV}(t) \cdot d}}{19,62 \cdot s} \quad (9)$$

где, d , c – это коэффициенты графика к.п.д. насоса, s – коэффициент

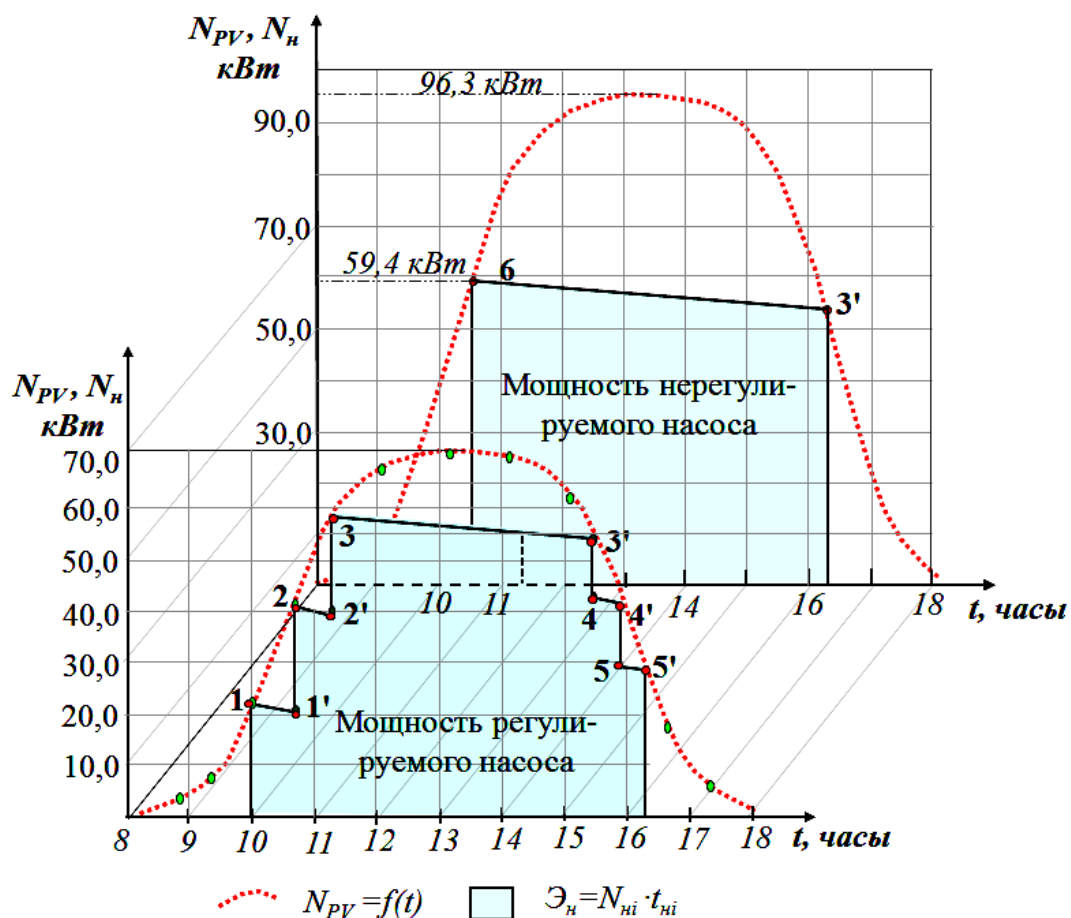


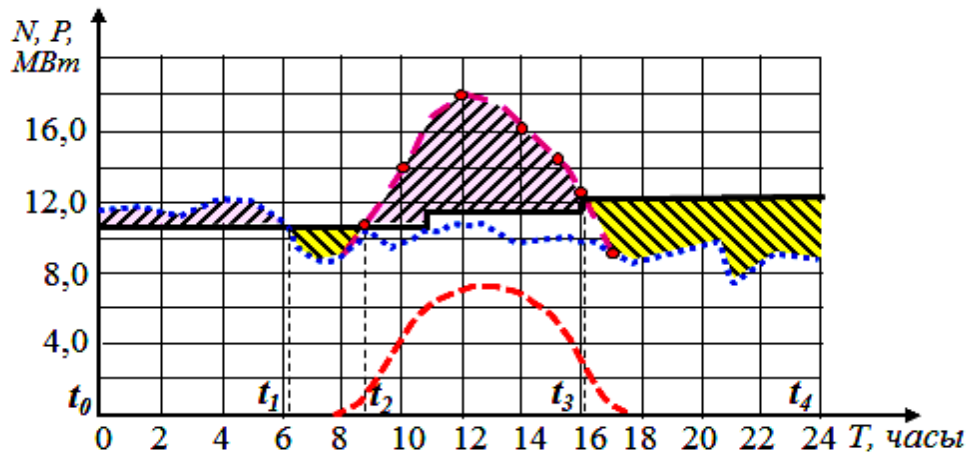
Рисунок 4. График мощностей насосной установки и ФЭУ

Это уравнение позволяет моделировать производительность насоса, подающего воду на высоту H_T , используя мощность ФЭУ N_{PV} в течение времени t .

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Использование локальных (децентрализованных) энергосистем на основе возобновляемых видов энергии для повышения эффективности насосных станций», изложены методика и функциональные схемы определения энергетических параметров и режимов работы локальной энергосистемы (ЛЭС), состоящей из солнечных, ветровых и энергоаккумулирующих энергетических установок, обеспечивающих энергией средние и крупные насосные станции (НС) оросительной системы. Суточный режим работы такой ЛЭС с максимальной мощностью 18 МВт представлен на рисунке 5.

Часть энергии, производимой ВЭУ в представленном на графике промежутке времени от t_0 до t_1 и превышающей потребности НС, аккумулируется, и этот процесс можно представить следующим образом

$$\mathcal{E}_{НС}(t_1 - t_0) = \int_{t_0}^{t_1} N_{ВЭУ}(t) dt - \int_{t_0}^{t_1} N_{ВЭУ}^{акк}(t) dt \quad (10).$$



- объем аккумулируемой, т.е. подаваемой для энергоснабжения насосной установки энергии;
- объем вырабатываемой в ГЭУ энергии;
- средняя энергетическая нагрузка насосной станции;
- график среднесуточной выработки электроэнергии ФЭУ;
- график среднесуточной выработки электроэнергии ВЭУ;
- график выработки суммарной электроэнергии ФЭУ и ВЭУ.

Рисунок 5. График работы ЛЭС, обеспечивающей насосную станцию электроэнергией, производимой ВЭУ и ФЭУ

Если в промежутке t_1 и t_2 , представленном на графике, энергии ВЭУ будет недостаточно, то для полного энергоснабжения НС будет использована аккумулированная энергия или в крайнем случае энергия централизованной энергосистемы, то есть

$$\mathcal{E}_{НС}(t_2 - t_1) = \int_{t_1}^{t_2} N_{ВЭУ}(t)dt + \int_{t_1}^{t_2} N_{акк}(t)dt \quad (11)$$

В промежутке t_2 и t_3 , т.е. в период солнечной активности энергия ВЭУ и ФЭУ, превышающая потребности НС, аккумулируется,

$$\mathcal{E}_{НС}(t_3 - t_2) = \int_{t_2}^{t_3} N_{ВЭУ}(t)dt + \int_{t_2}^{t_3} N_{ФЭУ}(t)dt - \int_{t_3}^{t_4} N_{ВЭУ+ФЭУ}^{акк}(t)dt \quad (12)$$

Аккумулированная таким образом энергия используется в промежутке времени от t_3 до t_4 и это можно выразить следующим образом

$$\mathcal{E}_{НС}(t_4 - t_3) = \int_{t_3}^{t_4} N_{ВЭУ}(t)dt + \int_{t_3}^{t_4} N_{ФЭУ}(t)dt + \int_{t_3}^{t_4} N_{ВЭУ+ФЭУ}^{акк}(t)dt \quad (13)$$

Функциональная схема ЛЭС, график режима работы которой был представлен вышеприведенными уравнениями, показана на рисунке 6.

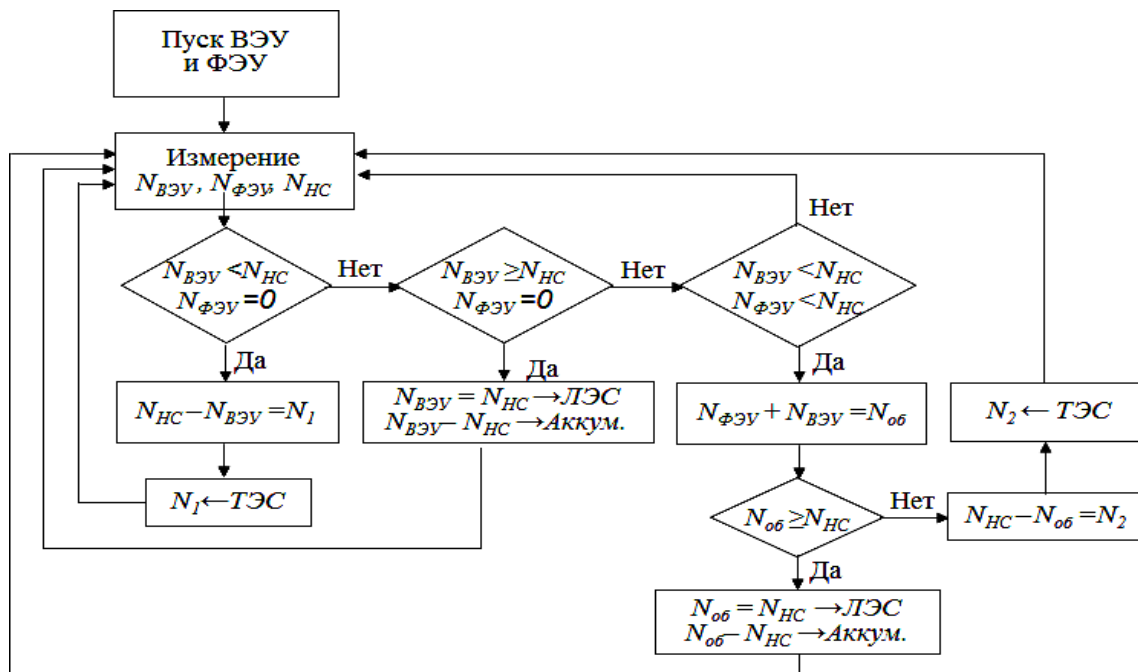


Рисунок 6. Функциональная схема ЛЭС.

Режим работы ЛЭС состоит из трех этапов, на первом и втором этапах при отсутствии солнечного излучения мощность ВЭУ сопоставляется с мощностью НС и решается вопрос изъятия недостающей мощности N_1 из централизованной энергосистемы, в основном из ТЭС или аккумуляирования избыточной мощности. На третьем этапе во время солнечной активности мощности ВЭУ и ФЭУ суммируются, часть используется для нужд ЛЭС, а оставшаяся часть – аккумуляируется. Если общей мощности ВЭУ и ФЭУ также недостаточно, то недостающая мощность N_2 поступает с ТЭС.

Для аккумуляирования в ЛЭС избыточной энергии был предложен гидравлический метод, который заключается в накоплении определенного объема воды в верхнем бассейне при помощи НС с целью выработки энергии в периодах ее недостаточности посредством подачи накопленной воды на гидроэнергетическую установку (ГЭУ). Одним из основных вопросов при применении этого метода является определение объема воды в верхнем бассейне, необходимого для аккумуляирования энергии. Данный объем воды можно определить при помощи следующего уравнения исходя из графика, показанного на рисунке 5

$$V_{\text{бас}} = 367 \cdot \eta \left[\mathcal{E}_{\text{НС}}(t_1 - t_0) \int_{t_0}^{t_1} H_{\text{НС}}^{-1}(t) dt + \mathcal{E}_{\text{НС}}(t_3 - t_2) \int_{t_2}^{t_3} H_{\text{НС}}^{-1}(t) dt \right] \quad (14)$$

где $H_{\text{НС}}(t)$, η – напор и к.п.д. НС.

Функциональная схема этой ЛЭС, в которой часть энергии ВЭУ и ФЭУ накапливается гидравлическим методом, на основе графике режима работы ЛЭС, представленного на рисунке 5, показана на рисунке 7.

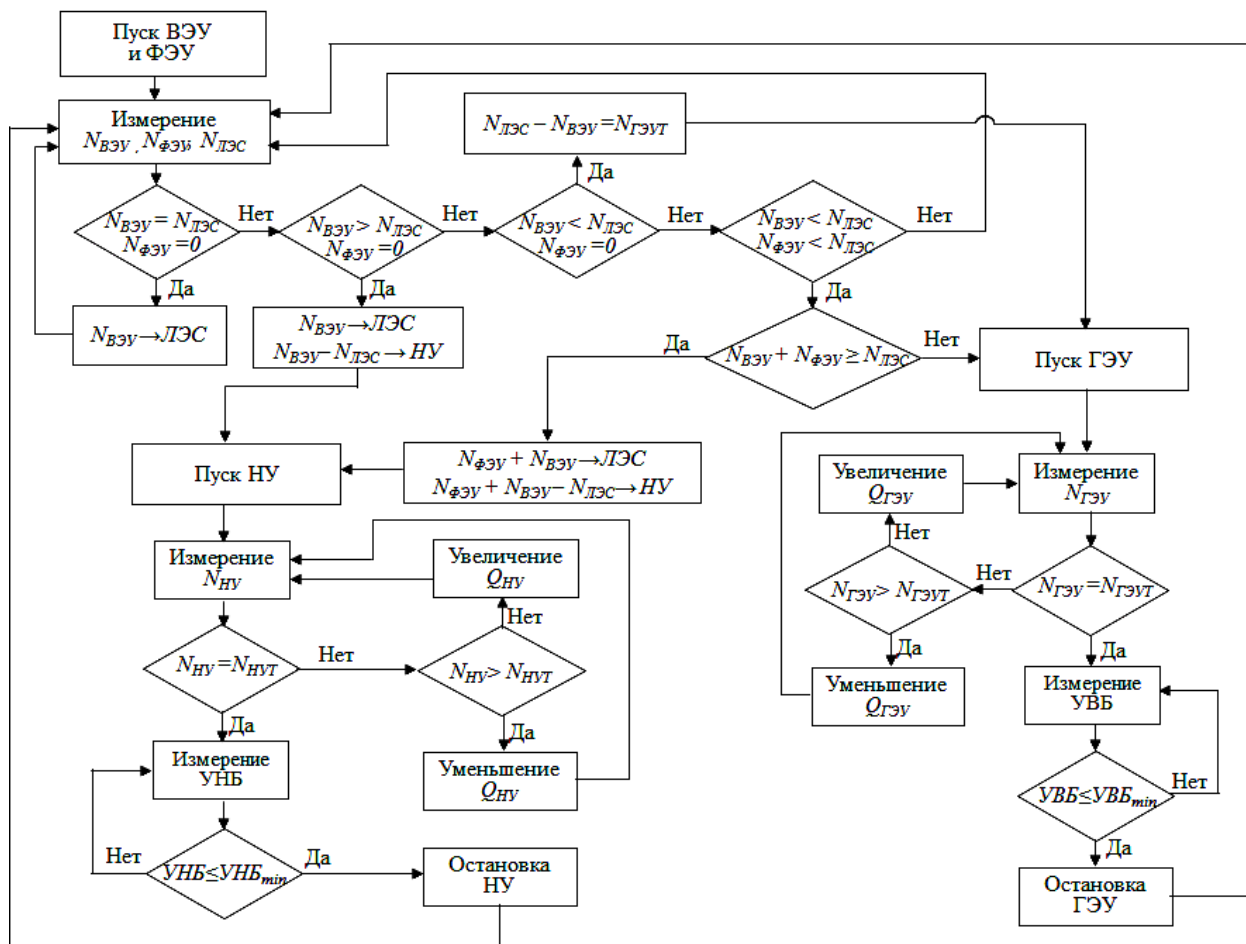


Рисунок 7. Функциональная схема ЛЭС, в которой часть энергии ВЭУ и ФЭУ накапливается гидравлическим методом

В данной схеме предусмотрена практика измерения мощности энергетических установок $N_{ВЭУ}$, $N_{ФЭУ}$, $N_{ЛЭС}$, $N_{ГЭУ}$ и $N_{НУ}$ через определенные дискретные промежутки времени, выполнения в установленном порядке операций по удовлетворению спроса ЛЭС, аккумулярованию излишков, выработке недостающей части энергии посредством ГЭУ.

Поскольку ВЭУ может работать круглосуточно, во всех блоках сравнения схемы значение $N_{ВЭУ}$ сравнивается с потребной мощностью $N_{ЛЭС}$ и, исходя из результатов сопоставления, решается вопрос о накоплении энергии, то есть о запуске насосной установки (НУ) или использовании ГЭУ для компенсации недостающей энергии. В данной схеме нет ситуации, когда в соответствии с режимом работы ЛЭС $N_{ФЭУ} \geq N_{ЛЭС}$, и поэтому данный вариант не рассматривается.

Регулирование мощности насосной установки $N_{НУ}$ по отношению к требуемой мощности $N_{НУТ}$ осуществляется путем регулирования расхода воды в напорном трубопроводе $Q_{НУ}$.

Минимальное значение уровня воды в нижнем бассейне $УНБ_{min}$ является сигналом для остановки работы насосной установки.

Когда в ЛЭС наблюдается нехватка энергии, поступает команда о запуске ГЭУ, то есть о подаче воды, накопившейся в верхнем бассейне, в турбины ГЭУ,

а далее в нижний бассейн. В данном случае, чтобы мощность ГЭУ соответствовало требуемой, определяемой как $N_{ГЭУТ} = N_{ЛЭС} - N_{ВЭУ}$ или $N_{ГЭУТ} = N_{ЛЭС} - (N_{ВЭУ} + N_{ФЭУ})$, ее мощность периодически измеряется и сравнивается, для чего расход воды в трубе $Q_{ГЭУ}$ соответствующим образом регулируется. Когда уровень воды в верхнем бассейне падает до минимального значения, работа ГЭУ останавливается.

Результаты выполненных расчетов по определению эффективности аккумулирования избыточной энергии энергоустановок ЛЭС показали, что гидравлическое аккумулирование энергии в ЛЭС мощностью 18 МВт даёт экономический эффект в 32...36 % по сравнению с широко применяемыми в настоящее время литий-ионными аккумуляторами, то есть приносит в среднем 100 долларов прибыли на каждый МВт-час энергии.

Эффективность энергосистемы, которая получает основное количество энергии от централизованной энергосистемы и включает в себя энергетические установки на базе возобновляемых источников энергии, была рассмотрена на примере насосных станций Каршинского магистрального канала.

Общая установленная мощность каскада насосных станций Каршинского магистрального канала (НСКМК) составляет 450 МВт, он потребляет 2,0...2,2 миллиарда киловатт-часов электроэнергии в год или 3,0...3,5 % от общего объема электроэнергии, потребляемой в республике. Из-за высокого энергопотребления себестоимость воды на орошаемых площадях, обслуживаемых этим каскадом, в 2 раза превышает среднюю себестоимость по республике. Поэтому снижение энергетических затрат на НСКМК имеет очень важное значение.

На территориях, прилегающих к НСКМК, где расположены крупная Талимарджанская ТЭС и Талимарджанское водохранилище, проектный объем которого составляет 1,5 млрд м³, в достаточной степени могут быть использованы солнечная и ветровая энергия. Максимальный расход воды водосбросного сооружения Талимарджанского водохранилища составляет 360 м³/сек, а напор воды равен в среднем 18 метрам, и эти данные свидетельствуют о наличии необходимых условий для строительства ГЭС, с помощью которой можно производить в зависимости от объема воды в водохранилище 38000...74000 МВт электроэнергии в год.

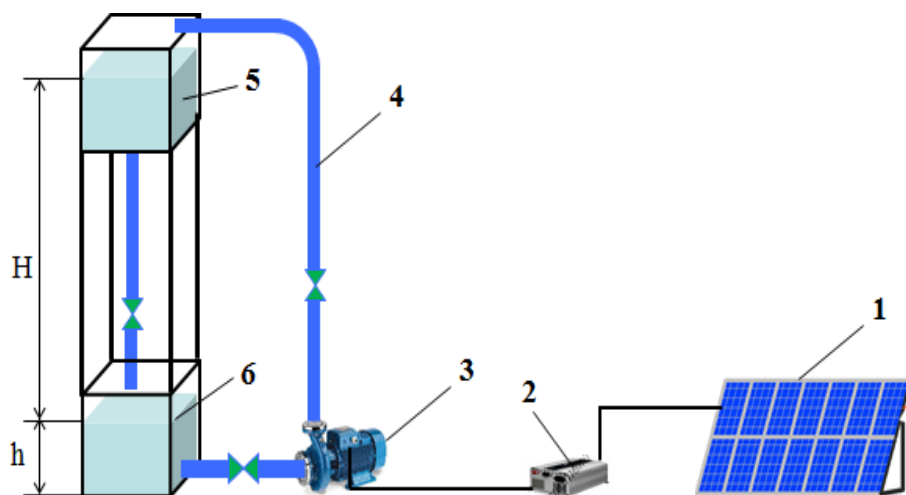
Если при годовом потреблении электроэнергии НСКМК $\mathcal{E}_{НС} = 2201900$ МВт-часов (в 2021 году), осуществить распределение данного объема между энергоустановками в таких значениях: $\mathcal{E}_{ТЭС} = 1542000$ МВт-часов, $\mathcal{E}_{ФЭС} = 302000$ МВт-часов, $\mathcal{E}_{ВЭС} = 301900$ МВт-часов и $\mathcal{E}_{ГЭС} = 56000$ МВт-часов, что в процентном соотношении составляет ТЭС 70%, ФЭУ и ВЭУ – по 13,7%, ГЭУ 2,6 % вырабатываемой электроэнергии. Результаты выполненных расчетов показали, что в результате применения данного диверсифицированного распределения в энергоснабжении НСКМК только за счет разницы тарифов на электроэнергию можно получить прибыль в размере 52 млн. долларов в год.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной **“Экспериментальные исследования фотоэлектрической насосной установки и определение ее экономической эффективности”**, приведены результаты лабораторных

исследований и расчетов экономической эффективности электроснабжения насосных станций системы орошения с использованием солнечной энергии.

Целью экспериментальных исследований ФЭНУ является установление пропорциональной зависимости между потребляемой мощностью рабочего колеса насоса при разной частоте вращения и значениями мощности ФЭУ, а также проверка соответствия полученных результатов теоретическим результатам.

Фотоэлектрическая насосная установка, использованная в экспериментах, состоит из следующих основных частей: ФЭУ, инвертор, электродвигатель, насос, нижний и верхний водяные баки (рисунок 8).



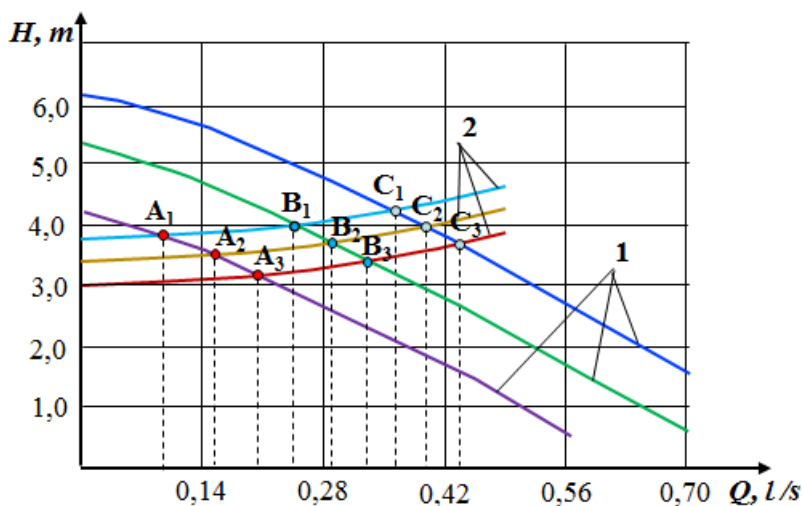
- 1-фотоэлектрический модуль;
- 2 – инвертор;
- 3 – насосный агрегат;
- 4 – напорный водовод;
- 5 – верхний бак;
- 6 – нижний бак.

Рисунок 8. Схема экспериментального образца ФЭНУ

Электроэнергия, поступающая с ФЭУ, при помощи инвертора преобразуется в переменный ток и подается на электродвигатель насоса, в результате чего насос перекачивает воду из нижнего бака в верхний. Напор воды измерялся пьезометрами, расход воды – объемным методом, электрические параметры ФЭУ – мультиметром. В качестве ФЭУ использовался монокристаллический фотоэлектрический модуль максимальной мощностью 390 Вт с площадью поверхности 1,458 м². В качестве насосной установки был использован центробежный циркуляционный насос ГРП 25-6-180 с тремя частотами вращения и максимальной мощностью 100 Вт.

Результаты исследований по определению режима работы насоса, применяемого в данном устройстве, представлены на рисунке 9.

На графиках приведены напорные характеристики насоса при частотах вращения 3000, 2700, 2400 об/мин и рабочие точки геометрической высоты подачи воды, полученные при значениях 3,0, 3,3 и 4,3 метра. Соответствующие этим точкам значения мощности насоса можно определить по формуле (8). Результаты показали, что мощность насоса составляет 90...94 Вт (3000 об/мин.), 56...64 Вт (2700 об/мин.), 22,0...36,0 Вт (2400 об/мин.). Определение мощности насоса путем измерения значений силы тока и напряжения также показали результаты, почти равные результатам, полученным по вышеупомянутым рабочим точкам.



1 – напорные характеристики насоса $H_{1,2,3}-Q$; 2 – напорные характеристики системы трубопроводов $H_{mp1,2,3}-Q$; $A_{1,2,3}, B_{1,2,3}, C_{1,2,3}$ – рабочие точки насоса.
Рисунок 9. Графики режима работы насоса

Степень соответствия потребляемой мощности насоса значениям установленных мощностей ФЭУ в период проведения экспериментов (май, июнь, июль, август 2022 г.) можно продемонстрировать при помощи графика, представленного на рисунке 10. Как видно из графика, выявленные в ходе экспериментов, проведенных в мае-августе, значения от 70% (в июне) до 94% (в мае) мощности ФЭУ, могут быть использованы для удовлетворения мощности насоса. Такие результаты были достигнуты, в основном, путем использования способа изменения частоты вращения рабочего колеса насоса в соответствии с изменением мощности ФЭУ.

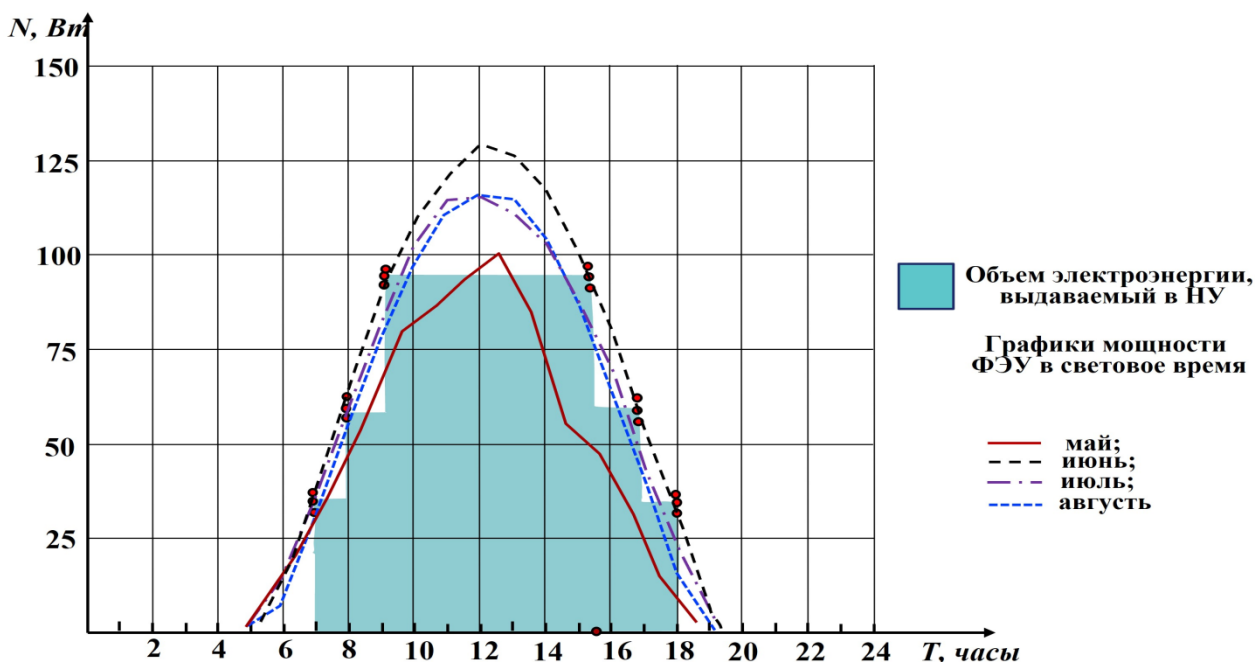
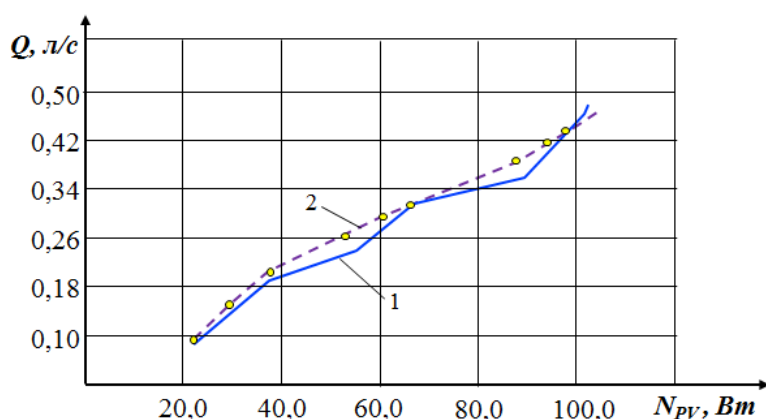


Рис.10. Графики мощностей насосной установки и ФЭУ

Сравнение соответствия полученных в ходе экспериментов результатов производительности подачи воды насосной установки результатам расчетов, выполненных по уравнению степени зависимости мощности ФЭУ (9), проводилось путем сопоставления графиков $Q=f(N_{PV})$ (рис.11).

Анализ, проведенный в целях определения степени соответствия результатов расчетов и результатов экспериментов, показал, что значение

среднеквадратичного отклонения разницы составляет $S_{\bar{x}} = 0,0164$ и исходя из этого случайная погрешность разниц по критерию Стьюдента равна 0,038.



1 – результаты экспериментов;
2 – результаты расчетов.

Рисунок 11. Графики зависимости производительности подачи воды насоса от мощности ФЭУ

При определении экономической эффективности фотоэлектрической насосной установки использованы такие современные методы проведения экономического анализа, как расчет стоимости установок с учетом срока службы (LCC), чистой приведенной (приведенной) стоимости (NPV), нормированной (приведенной) стоимости произведенной энергии (LCOE) и срока окупаемости затрат (PP). Результаты расчетов экономической эффективности ФЭНУ современными динамическими методами приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Сопоставление технико-экономических параметров установок

№	Технико-экономические параметры	Количество	
		ТЭС	ФЭНУ
1	Срок службы энергетической установки, лет	20	20
2	Капитальные затраты на энергетическую установку (CC), тысяч сумов	1376375,0	662156,0
3	Объем воды, перекаченной насосной установкой V, м ³	1000000,0	1000000,0
4	Цена на воду, тысяч сумов	170600,0	170600,0
5	Эксплуатационные расходы (MC), тысяч сумов	13764,0	6622,0
6	Количество энергии, произведенной установкой в течение года (EC), кВт-час	133651	133651
7	Чистая прибыль (RV), тысяч сумов	156836,0	163978
8	Нормированная процентная ставка банка (i)	0,15	0,15
9	Уровень инфляции (f)	11,0	11,0
10	Дисконтная ставка (d)	0,036	0,036
11	Коэффициент возврата капитала, CRF	0,071	0,071
12	Чистая приведенная стоимость (NPV), тысяч сумов	832582,7	1647393,3
13	Стоимость нормированной энергии (LCOE), сум/кВт-час	834,0	401,0
14	Срок окупаемости затрат (RR), лет	8,8	4,0

Представленные в таблице результаты расчетов показали, что экономический эффект энергоснабжения насосных установок за счет энергии ФЭУ может быть почти в два раза выше по сравнению с ТЭС по всем экономическим показателям. Например, по объему чистой приведенной стоимости (NPV) в течение 20-летнего срока службы будет получено в 1,97 раза

больше прибыли, значение *LCOE* будет в 2,08 раза ниже, также будет предотвращено 64,15 тонн выбросов вредных газов в атмосферу, сэкономлено свыше 40000 м³ газа, срок окупаемости составит 4 года.

Выводы

1. Разработана методика и программное обеспечение расчета максимальной мощности фотоэлектрической насосной установки на основе закономерностей изменения объема воды, необходимой в течение всего срока полива сельскохозяйственных культур, значений предельных напоров и производительности подачи воды насоса, параметров трубопроводной системы.

2. Разработан графоаналитический метод определения параметров регулирования режима работы насоса в соответствии с изменяющимися значениями мощности фотоэлектрического устройства методом изменения частоты вращения рабочего колеса с учетом изменений статического напора насоса. Результаты расчетов, выполненных данным методом, показали, что для накопления 9000 м³ воды в день в целях орошения максимальная мощность фотоэлектрической установки должна составлять 70 кВт, при этом для нужд насосной установки может быть использовано 81% энергии, производимой ФЭУ. Определено, что по сравнению с насосной установкой, режим работы которой не регулируется, эти показатели в 1,37 раз эффективнее по мощности и в 2 раза – по использованию энергии ФЭУ.

3. Получена математическая модель, позволяющая рассчитать оптимальные значения производительности подачи воды насосом, соответствующие значениям изменяющейся мощности фотоэлектрического устройства с учетом коэффициента полезного действия насоса, статического напора, размеров системы трубопроводов и значений потерь напора.

4. Разработаны методика определения энергетических параметров, режимов работы локальной энергосистемы, состоящей из солнечной, ветровой и гидроаккумулирующей электростанций, предназначенных для энергоснабжения насосной станции, а также функциональные схемы технологического процесса в системе. Результаты расчетов, выполненных на основе данной методики, показали, что экономический эффект от использования солнечной, ветровой и гидроаккумулирующей электростанций в локальной энергосистеме с максимальной мощностью 18 МВт составляет 26 552 доллара в день, и в частности, гидравлическое аккумулирование энергии эффективнее на 32...36 % по сравнению с широко используемыми в настоящее время литий-ионными аккумуляторами.

5. Эффективность гибридной энергетической системы, состоящей из солнечной, ветровой и гидроаккумулирующей электростанций, была рассмотрена на примере энергоснабжения Каршинского магистрального канала. Результаты расчетов показали, что при энергоснабжении данного объекта за счет распределения доли подаваемой энергии между теплоэлектростанцией на 70 %, солнечной и ветровой электростанциями по

13,7 %, а также гидроэлектростанцией на 2,6 %, только за счет разницы тарифов можно получить прибыль в размере 52 млн долларов в год.

6. Создана экспериментальная модель фотоэлектрической насосной установки, результаты проведенных на ней исследований показали, что в результате регулирования режимов работы насоса посредством изменения частоты вращения вала насоса в соответствии с мощностью фотоэлектрической установки, 70...94 % энергии, вырабатываемой установкой в течение суток, может быть использовано для нужд насосного агрегата. Результаты исследований соответствуют расчетным результатам, полученным при помощи математической модели, представляющей собой зависимость между производительностью насоса и мощностью фотоэлектрического устройства.

7. Результаты расчета экономической эффективности фотоэлектрической насосной установки мощностью 100 кВт, применяемой в системе орошения, показали, что по сравнению с энергоснабжением насосных установок из централизованной энергосистемы, подача воды на посевные площади с использованием солнечной энергии позволяет достичь в 2 раза больше экономического эффекта, капитальные затраты окупятся за 4 года, при этом экономия газа составит 40 тысяч м³ в год, будет предотвращен выброс в атмосферу 64,15 тонны CO₂.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT
KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE

UMIROV ASROR PARDAEVICH

**THE USE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF PUMPING STATIONS
OF ENERGY SYSTEMS BASED ON ALTERNATIVE ENERGY SOURCES**

05.05.06- Power plants on the basis of renewable energy

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
DISSERTATION IN TECHNICAL SCIENCES**

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2022.4.PhD/T3332.

The dissertation was prepared at the Karshi engineering economics institute.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) is placed on the website of Scientific council (www.qmii.uz) and on Information-educational portal «ZiyoNet» at the adress (www.ziyo.net).

Scientific adviser:

Urishev Bobaraim

doctor of technical sciences, professor

Official opponents

Yuldoshev Israil Abriyevich

doctor of technical sciences, professor

Sadullayev Nasullo Nematovich

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

"Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" National research university

The defense of dissertation will take place « 6 » 04 2024 at 14⁰⁰ at a meeting of the Scientific Council number PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at the Karshi engineering-economics institute (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street 225. Phone: (75)-224-02-89 / Fax: (75)-224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centrof the Karshi engineering-economics institute (registered with № 100), Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Karshi engineering-economics institute Phone: (75)-224-02-89 / Fax: (75)-224-13-95, (e-mail: kiei_info@edu.uz).

Abstract of dissertation sent out on « 25 » 03 2024

(mailing report № 21 on « 25 » 03 2024).


G.N. Uzakov
Member of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

X.A. Davlonov
Scientific secretary of the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of philosophy, of technical sciences, docent

J.S. Axatov
Chairman of Scientific Seminar under the scientific council for awarding of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to substantiate the effectiveness of using power plants and systems based on alternative energy sources at pumping stations.

The tasks of the research:

analysis of the current state of use of alternative energy sources in the energy supply of pumping stations of the irrigation system;

development of graphic-analytical methods for calculating energy parameters and operating modes of a photoelectric pumping unit;

creating a prototype of a photoelectric pumping unit and conducting experimental studies on it;

development of functional diagrams for the implementation of power supply to pumping stations from the local power grid based on alternative energy sources and methods for determining the energy parameters of this network;

development of a digital diagram of the technological process of a local energy network, including energy installations based on alternative energy sources and a pool for storing water;

determination of the economic efficiency of using alternative energy sources in the energy supply of pumping stations of the irrigation system.

The object of research is to substantiate the effectiveness of using power plants and systems based on alternative energy sources at pumping stations.

The scientific novelty of the dissertation work is as follows:

a method has been developed for calculating the maximum power of a photovoltaic pumping installation, taking into account changes in solar radiation energy, maximum pressure and pump performance, irrigation period, volume of water supplied, as well as parameters of the pipeline system;

a graphic-analytical method has been developed for determining the parameters for regulating the operating mode of the pump in accordance with the power values of the photovoltaic installation changing during the day by changing the rotation speed of the impeller, taking into account changes in the static pressure of the pump;

a mathematical model has been developed that makes it possible to calculate the optimal values of pump performance corresponding to the values of the changing power of a photovoltaic installation, based on the values of the efficiency and static pressure of the pump, the dimensions of the pipeline system and pressure losses;

A functional diagram of a local energy system has been developed to meet the electricity needs of the pumping unit and accumulate excess energy using electrical energy generated by solar and wind power plants.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results obtained on increasing the efficiency of pumping stations through the use of power plants based on alternative energy sources:

photovoltaic pumping installation, designed taking into account such factors as changes in solar radiation energy, maximum pressure and pump performance, the volume of water provided for the irrigation system, and irrigation timing, was implemented in the farm “Fazliddin sifat chorva” of the Kamashi district of the Kashkadarya region (Ministry reference Agriculture of the Republic of Uzbekistan

dated July 12, 2023 No. 05/26-05/3411). As a result, a double economic effect was achieved compared to the amount of energy that was spent during the year on pumping units used to irrigate crop areas;

a photovoltaic pumping installation, the energy consumption of which is covered by solar and wind power plants and which has a local energy system that accumulates excess energy, was implemented in the farm “Fazliddin sifat chorva” of the Kamashi district of the Kashkadarya region (Certificate of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan dated July 12, 2023 No. 05/26-05/3411). As a result, a return on capital costs was achieved within 4 years, as well as annual gas savings of 40 thousand m³ and a reduction in CO₂ emissions into the atmosphere by 64.15 thousand tons..

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 117 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Мухаммадиев М.М., Вардияшвили Аф.А., Уришев Б.У., Бейтуллаева Р.Х., Умиров А.П. Комбинированные энергетические установки малой мощности на базе возобновляемых источников энергии // Farg'ona Politexnika Instituti Ilmiy-texnika jurnali. -№2, Том 20, 2016. 77-81 betlar. (05.00.00; №20).

2. Уришев Б.У., Умиров А.П. Использование энергетического потенциала гидротехнических сооружений водохозяйственных систем // Energiya va resurs tejash muammolari. – №3, 2021. 347-353 б. (05.00.00; №21).

3. Urishev B., Umirov A. P., Kuvatov U. J., Urishova D. B. Determination of operating modes of photoelectric pump plants used in irrigation systems // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 10, Issue 8, August 2023. (05.00.00; №8).

II bo'lim (II часть; II part)

4. Уришев Б.У., Дониёров Т.О., Умиров А.П. Современная энергетика Узбекистана: Состояние и перспективы развития // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi, 2015. № 1(17). 32-36 betlar.

5. Уришев Б.У., Гаимназаров И.Х., Умиров А.П. Удельные показатели мирового потребления первичных энергоресурсов // Современные тенденции развития науки и технологий. – Белгород, 2015. 31-декабря. Часть III №9 г., с. 78-81.

6. Саъдуллаев А.Б., Мулканов Р.В., Умиров А.П., Бобакулов З.А. Влияние концентрации электроактивных компенсирующих примесей марганца на температурную область существования автоколебания тока типа температурно-электрической неустойчивости (ТЭН) // UNIVERSUM: т.н. Москва. 2022. С.253-255.

7. Уришев Б.У., Бейтуллаева Р.Х., Гайимназаров И.Х., Умиров А.П. Влияние регулирования водоподачи насосов на водноэнергетические параметры насосных станций // Актуальные вопросы технических наук: Материалы III междунар. науч. конф. - Пермь: 2015. - С.85 - 86.

8. Саъдуллаев А.Б., Умиров А.П., Бобакулов З.А. Влияние концентрации электроактивных атомов цинка на условия возбуждения автоколебания типа температурно-электрической неустойчивости тока (ТЭН) // International Science Group ISG-KONF.COM Stockholm, Sweden July 26-29, 2022. С.253-255.

9. Уришев Б.У., Бейтуллаева Р.Х., Умиров А.П. Основные параметры гидроаккумулирующей электрической станции малой мощности // Молодой учёный. Часть I №5(109) 2016. С.92-94.

10. Уришев Б.У., Бейтуллаева Р.Х., Умиров А.П. Оценка энергоэффективности использования насосных станций // TECHNICAL SCIENCE\ COLLOQUIUM-JOURNAL. 2019 у. №24(48). С.32-36.

11. Urishev B.U., Umirov A.P., Quvatov U.J., Jomurodova M.K. Qayta tiklanadigan energiya manbalariga asoslangan lokal energiya tizimlarining samaradorligini aniqlash // Muqobil energetika Ilmiy-texnik jurnali № 4(07) 2022. 97-102 betlar.

12. Уришев Б.У., Умиров А.П. Оценка и анализ энергоэкономических показателей и тенденций современной энергетики // “Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва оптемаллаштиришнинг долзарб муаммолари”. Халқаро илмий-техник конференция. Материаллари тўплами, Қарши: 2017. 253-258 бетлар.

13. Уришев Б.У., Умиров А.П. Использование энергетического потенциала гидротехнических сооружений // “Фан, Таълим ва ишлаб чиқариш интеграцияси” Республика илмий амалий конференция. Материаллари тўплами, Қарши: 2020. 346-347 бетлар.

14. Уришев Б.У., Умиров А.П., Тошбоев А.Р. Вопросы и возможности использования децентрализованных энергетических систем в Республике Узбекистан // “Қайта тикланадиган энергия манбалари: илмий тадқиқотлар, инновацион технологиялар ва ишланмалар”. Республика илмий-амалий анжуман. Қарши: 2020. 175-178 бетлар.

15. Urishev B., Beytullayeva R., Umirov A., Almardonov O.. Hydraulic energy storage of wind power plants. E3S Web of Conferences 264, 04053 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404053> CONMECHYDRO - 2021.

16. Urishev B, Kuvatov U, Doniyorov T, Umirov A. Hydraulic Storage of Solar Energy for Supplying Pumping Units with Drip Irrigation of Plants. *AIP Conf. Proc.* 2612, 020016 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0113641>

17. Urishev B.U., Umirov A.P., Kuvatov U.J., Urisheva.D. Fotoelektrik nasos qurilmalari komponentlarini va iqtisodiy samaradorligini aniqlash // “ Mikro va nanotexnologiya, yangi materiallar olishning zamonaviy holati va istiqbollari” Xalqoro konferensiya. Toshkent: 2023-yil. 395-398 betlar.

18. Urishev B., Tashatov A.K., Umirov A.P. “Sug’orish tizimidagi nasos va fotoelektrik qurilmalarning maksimal quvvatini hisoblash” // EHM dasturi rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma, № DGU 14479, 11.01.2022.

19. Sa’dullayev A.B., Umirov A.P. “Avtomatik boishqariladigan avtonom fotoelektrik ta’minoti tizimi” // EHM dasturi rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma, № DGU 19044, 07.10.2022.

20. Ishqobilov F.X., Umirov A.P. “Iste’molchilar energiya ta’minotida noan’anaviy energiya manbalarini qo‘llash orqali energiya tejalishini hisoblash” // EHM dasturi rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma, № DGU 14242, 14.12.2021.

Avtoreferat “Innovatsion texnologiyalar” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va uning o‘zbek, rus, ingliz (tezis) tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi.
18.03.2024 yil

Bosishga ruxsat etildi: 18.03.2024 yil.
Bichimi 60x84¹/₁₆, “Times New Roman”
Garniturida raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3,12 Adadi: 80 nusxa.
Buyurtma: №27
QarMII “INTELLEKT” nashriyoti MIUda chop etilgan.
Qarshi shahri, Mustaqillik ko‘chasi, 225-uy.

