

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

---

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**MAMEDOV RASUL AKIF-OGLI**

**PAST BOSIMLI SUV OQIMLARIGA MOSLASHTIRILGAN  
SAMARADOR MIKRO GIDROELEKTR STANSIYASINI ISHLAB  
CHIQISH**

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

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

**Qarshi – 2023**

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

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

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

**Mamedov Rasul Akif-ogli**

Past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan samarador mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish ..... 3

**Мамедов Расул Акиф-огли**

Разработка эффективной микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам..... 25

**Mamedov Rasul Akif-ogli**

Development of an efficient micro-hydro power plant adapted to low-pressure watercourses..... 47

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 51

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

---

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**MAMEDOV RASUL AKIF-OGLI**

**PAST BOSIMLI SUV OQIMLARIGA MOSLASHTIRILGAN  
SAMARADOR MIKRO GIDROELEKTR STANSIYASINI ISHLAB  
CHIQISH**

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

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

**Qarshi – 2023**

**Texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.3.PhD/T1636 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiya Buxoro muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (kiei\_info@edu.uz) va “Ziyonet” Axborot ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Sadullayev Nasullo Nematovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Toirov Olimjon Zuvurovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Urishev Bobaraim**  
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 2023 yil “13” 07 soat 930 dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225 uy. Tel: (75) 224-02-89, faks: (75) 224-13-95 e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz)).

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

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil “26” 06 kuni tarqatildi.  
(2023 yil “26” 06 dagi № 14 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

**B.Urishev**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi,

t.f.d., professor

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati.** Jahonda energetika sohasida, jumladan, markazlashgan elektr ta'minotidan uzoqda joylashgan kichik quvvatli lokal iste'molchilar energiya ta'minotining ishonchliligini oshirish, uzluksizligini ta'minlashda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. "Yevropa ittifoqining energetika sohasini rivojlantirish strategiyasida 2020 yildan 2030 yilgacha bo'lgan davrda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish ulushini 20 foizdan 32 foizga oshirish<sup>1</sup>, xususan, kichik quvvatli gidroenergetik qurilmalarning o'rnatilgan quvvatini 171 GWga yetkazish rejalashtirilgan<sup>2</sup>". Bu borada, past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda o'zgaruvchan va past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish, energetik, gidrologik va konstruktiv parametrlarini asoslash hamda samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada past bosimli kichik daryo va irrigatsiya kanallariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish, konstruktiv va ish rejim parametrlarini modellashtirish, suv energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini oshirishda gidroenergetik qurilmalarning optimal parametrlarini aniqlash algoritmlarini ishlab chiqish, ularning asosiy energetik parametrlarini asoslash hamda amaliyotga joriy qilishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamiz chekka hududlaridagi lokal iste'molchilarning energiya ta'minoti tizimida qayta tiklanadigan energiya manbalari qurilmalaridan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish, jumladan, kichik daryo va irrigatsiya kanallariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyalarni ishlab chiqish bo'yicha keng qamrovli ishlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 10 dekabrda PQ-44-son qarorida "... yangi quvvatlar tashkil etishni jadallashtirish hamda amaldagi ishlab chiqarish quvvatlarini bosqichma-bosqich modernizatsiya qilish orqali 2030 yilda respublikadagi gidroelektr stansiyalari quvvatini 3 416 MVt ga yetkazish<sup>3</sup>..." bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish, jumladan, past bosimli suv oqimlarida moslashtirilgan samarador mikro gidroelektr stansiyalarni yaratishning ilmiy-texnik yechimlarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 22 avgustdagi PQ-4422-son "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora tadbirlari to'g'risida"gi, 9 aprel 2021 yildagi PQ-5063-son "O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi va vodorod

<sup>1</sup> International Renewable Energy Agency. URL: // <https://www.irena.org/europe>

<sup>2</sup> Small Hydropower Market (Capacity: 0-10 MW and Above 10 MW) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast, 2020-2030. URL: // <https://www.transparencymarketresearch.com/small-hydropower-market.html>

<sup>3</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 10 dekabrda PQ-44-son «Gidroenergetikani yanada rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi qarori

energetikasini rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika va fan texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar 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.** Lokal iste‘molchilarning elektr energiyasi ta‘minoti tizimida mikro gidroelektr stansiyalardan foydalanishni rivojlantirish, past bosimli suv oqimlarida ishlovchi mikro gidroelektr stansiyalarni yaratish va samaradorligini oshirishning ilmiy-texnik yechimlarini ishlab chiqish bo‘yicha mashhur olimlar G. Myuller, D. Adanta, M. Xartn, D.M. Nyurnberg, E. Kuarantaa, S. Bach, P.P. Bezrukix, V.V. Yelistratov, N.K. Malinin, P.P. Svit, B.B. Kajinskiy, A.D. Obozov, E.V. Solomin, S.G. Obuxov, R.A. Zahidov, Q.R. Allayev, M.M. Muhammadiyev, B.U. Urishev, D.B. Qodirov, O.O. Bozarovlar katta hissa qo‘shgan.

Erishilgan muvaffaqiyatlarga qaramasdan, sathi o‘zgaruvchan, past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan, qalqib turuvchilarga ega bo‘lgan, mikro gidroelektr stansiyalarning samaradorligini oshirishda suv g‘ildiragi parraklarining suv oqimi bilan ta‘sirlashish kuchlarini kamaytirishda parraklarning optimal o‘rnatilish burchagini aniqlash, kichik aylanish tezlikli takomillashtirilgan elektr generatorlarini qo‘llash bo‘yicha tadqiqotlar yetarlicha o‘rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Buxoro muhandislik-texnologiya institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq № OT-F2-62 “Sanoat korxonasi intellektual elektr tarmog‘ini umumlashgan samaradorlik ko‘rsatkichi asosida yaratish nazariyasini rivojlantirish” mavzusidagi fundamental loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** lokal iste‘molchilar uchun o‘zgaruvchan sathli, past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish va parametrlarini asoslashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

Buxoro viloyati irrigatsiya kanallarining suv energiyasi resurslar salohiyatini baholash va mikro gidroelektr stansiyalarni foydalanish imkoniyatlarini asoslash;

mikro gidroelektr stansiyalarni konstruktiv o‘lchamlari va energetik parametrlarining suv oqimi tezligiga bog‘liqligini tavsiflovchi matematik modelini ishlab chiqish va tadqiqot qilish;

sathi o‘zgaruvchan, past bosimli suv oqimlarda samarador ishlovchi mikro gidroelektr stansiyasining tajriba nusxasini ishlab chiqish;

mikro gidroelektr stansiyasi samaradorligini oshirishda charxpalak parraklarning suvdan chiqishdagi optimal burchagini aniqlash algoritmini ishlab chiqish;

elektr energiyasi uzluksizligi ta'minlash va ishonchliligini oshirishda mikro gidroelektr stansiyasiga takomillashtirilgan elektr generatorlarni qo'llash asoslarini ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlarini aniqlash, ekologik hamda joriy etishdagi iqtisodiy samaradorligini baholash.

**Tadqiqotning ob'yekti** sifatida past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasi va uning texnologik ish jarayoni olingan.

**Tadqiqotning predmeti** past bosimli suv oqimlarida ishlovchi mikro gidroelektr stansiyalari, charxpalak parraklarini optimal joylashgan burchaklarini aniqlash geometrik qonuniyatlari, mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirish jarayonlaridan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida matematik modellashtirish, tajriba ma'lumotlarni qayta ishlashda matematik statistika, mexanika va elektr texnikasi nazariy asoslari, qurilma energetik parametrlarining suv oqimi o'zgarishiga bog'liqligini tajribaviy tadqiqot qilish va tajriba natijalarini qayta ishlash usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

gidrodinamik qarshilik kuchlarini kamaytirish uchun suv g'ildiragining parraklari maqbul burchak ostida joylashtirilgan, induktor va yakori bir-biriga qarama-qarshi aylanadigan elektr generatorining konstruksiyasini suvning bosimi va sarfi o'zgarishini hisobga olgan holda qalqib turuvchi asos bilan takomillashtirish orqali ishlash samaradorligini 1,5...2 % gacha oshirish imkoniga ega bo'lgan gidroenergetik qurilma ishlab chiqilgan;

past bosimli suv oqimlarida ishlaydigan gidroenergetik qurilmani suv g'ildiragining geometrik va gidrodinamik tenglamalari asosida suv sarfi, suv g'ildiragining parraklari soni va qalinligi, tashqi diametri, aylanishlar soni va suv oqimining tezligini hisobga olib, suv g'ildiragining foydali ish koeffitsiyentini aniqlash imkonini beradigan matematik model takomillashtirilgan;

suv g'ildiragining optimal parametrlarini aniqlash algoritmi asosida mikro gidroelektr stansiyasi suv g'ildiragining o'zgaruvchan suv oqimlarida yuqori mexanik moment va barqaror aylanish tezligiga erishish maqsadida suv g'ildiragi parraklarining maqbul o'rnatilish burchagini aniqlash imkonini beradigan dasturiy ta'minoti ishlab chiqilgan;

past bosimli suv oqimlarda ishlaydigan mikro gidroelektr stansiyasining suv oqimi tezligi, parraklar soni, suv g'ildiragining aylanishlar soni, charxpalak parraklarini optimal joylashgan burchaklarini hisobga olgan holda quvvati, ishlab chiqaradigan elektr energiyasi miqdorini va foydali ish koeffitsientlarini aniqlash imkonini beradigan emperik bog'liqlik olingan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:** markazlashtirilgan elektr ta'minotidan uzoqda joylashgan lokal iste'molchilar uchun past bosimli suv oqimlarida samarador ishlovchi mikro gidroelektr stansiyasi ishlab chiqilgan;

takomillashgan elektr generatorning induktor va yakori bir-biriga nisbatan qarama-qarshi tomonga aylanishidan qurilma hajmining ixchamlashishi, energiya va resurs sarflarining kamayishi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, tajriba natijalarini qayta ishlash va tekshirishda matematik modellashtirish usullarining qo'llanilganligi, tajribalarning tabiiy sharoitda o'tkazilganligi, nazariy va eksperimental tadqiqotlarning o'zaro adekvatligi, bajarilgan tadqiqotlar asosida ishlab chiqilgan past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasi sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan asoslanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Buxoro viloyati irrigatsiya kanallarining suv energiyasi resurslar salohiyatini baholash algoritmi asosida, past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyaning parametrlari asoslanganligi hamda olingan matematik modellar va analitik bog'lanishlarni boshqa turdosh qurilmalarning parametrlarini asoslashda qo'llash mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyasi irrigatsiya kanallarining suv energiyasi salohiyati yuqori bo'lgan hududlarda talab darajasida ishlashi, bunda yoqilg'i-energetik resurslar xarajatlarini kamaytirishi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Sathi o'zgaruvchan, past bosimli suv oqimlarga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish, parametrlarini asoslash hamda joriy etish bo'yicha olingan natijalar asosida:

kichik daryo va irrigatsiya kanallariga moslashtirilgan, past bosimli suv oqimlarda ishlovchi gidroenergetik qurilma uchun O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi Intellektual mulk agentligining foydali modeliga patent olingan (№FAP01884, 07.03.2022 y.). Natijada qurilmaning past bosimli suv oqimlarda ishlash samaradorligi (FIK)ni 1,5...2 % gacha oshirish imkoniyati yaratilgan;

past bosimli suv oqimlarida samarali ishlash imkonini beradigan induktor va yakori bir-biriga nisbatan teskari aylanuvchi elektr generatorning konstruksiyasi takomillashtirilgan ("O'zbekgidroenergo" AJning 2022 yil 13 oktyabrdagi 04-35/2854-son ma'lumotnomasi). Natijada, suv oqimi tezligi 1...4 m/s bo'lgan oraliqda elektr energiyasini ishlab chiqarish 20...25% ga oshirish imkoniyati yaratilib, energiya iste'moli ishonchliligi va uzluksizligi ta'minlanishiga erishilgan;

ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyasini Buxoro viloyati Buxoro tumanidagi «Buxoro Chorvo Omad» fermer xo'jaligida joriy etilgan ("O'zbekgidroenergo" AJning 2022 yil 13 oktyabrdagi 04-35/2854-son ma'lumotnomasi). Natijada, 1,5 kW quvvatli mikro gidroelektr stansiyasi yordamida yiliga 12000 kW·h elektr energiyasi ishlab chiqarildi, ichki yonuv generatoriga nisbatan yillik iqtisodiy samaradorlik 39,6 mln. so'mni va 6,6 tonna tabiiy yoqilg'ini tejash imkoniyati yaratilgan.



**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari 6 ta ilmiy-amaliy anjumanlarda shu jumladan, 3 ta xalqaro va 3 ta respublika anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlar 8 ta maqola, jumladan 5 tasi Respublika va 3 tasi horijiy jurnallarda nashr qilingan, O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligining EHM uchun 3 ta dasturiy mahsulotiga mualliflik guvohnomasi hamda foydali modelga 1 ta patent olingan.

**Dissertatsiya tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 119 betni tashkil etgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, ob'ekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy va mahalliy ilmiy tadqiqotlar sharhi keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

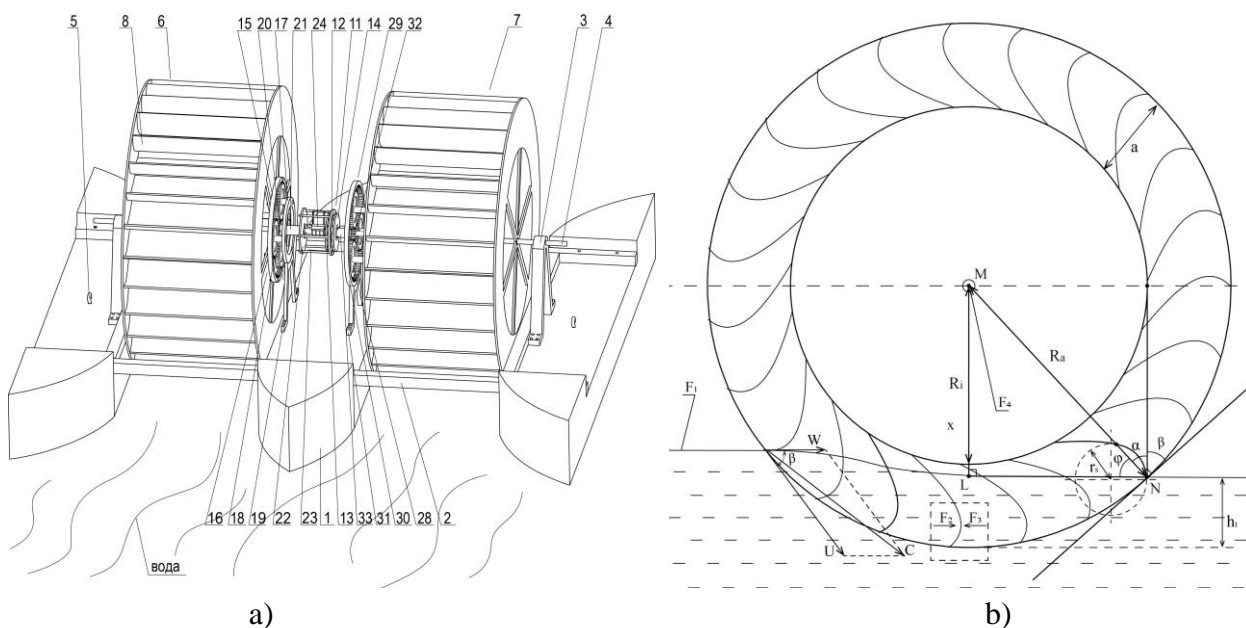
Dissertatsiyaning "**Mikro gidroelektr stansiyalaridan foydalanishning hozirgi holati va rivojlanish tendentsiyalari**" deb nomlangan birinchi bobida jahonda va O'zbekistonda mikro gidroelektr stansiyalaridan foydalanishning hozirgi holati va rivojlanish tendentsiyalari, suv energiyasi resurslar salohiyatini baholash, past bosimli suv oqimlarda ishlovchi mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish va samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar, konstruktiv yechimlar tahlili natijalari, lokal iste'molchilarning elektr energiyasi uzluksizligini ta'minlash va ishonchliligini oshirishda mikro gidroelektr stansiyalaridan foydalanish imkoniyatlari, mikro gidroelektr stansiyalarda ko'p qutbli elektr generatorlarni qo'llash tahlillari keltirilgan. Erishilgan muvaffaqiyatlarga qaramasdan, sathi o'zgaruvchan, past bosimli suv oqimlarga moslashtirilgan, qalqib turuvchilarga ega bo'lgan, mikro gidroelektr stansiyalarning past bosimli suv oqimlarida samaradorligini oshirishda, suv g'ildiragi parraklarining suv oqimi bilan ta'sirlashish kuchlarini kamaytirishda parraklarning optimal o'rnatilish burchagini aniqlashda, kichik aylanish tezlikli takomillashtirilgan elektr generatorlarni parametrlarini asoslashda dissertatsiyaning maqsad va vazifalari shakillantirildi.

Dissertatsiyaning "**Mikro gidroelektr stansiyalarning konstruktiv va ish rejim parametrlarining nazariy tadqiqoti**" deb nomlangan ikkinchi bobida suv energiyasi resurslar salohiyatini baholash uslubiyoti, past bosimli suv oqimlarida ishlovchi mikro gidroelektr stansiyaning konstruktiv o'lchamlari va energetik

parametrlarining suv oqimi tezligi o'zgarishiga bog'liqlik matematik modellari, suv g'ildiragi parraklari suv bilan ta'sirlashish burchagining optimal qiymatini aniqlashning nazariy hisobi, suv oqimi sathi o'zgarishini inobatga olib qalqib turuvchilarning konstruktiv o'lchamlarini aniqlash usuli, mikro gidroelektr stansiyasiga qo'llanilgan mexanik uzatmalar hamda takomillashtirilgan ko'p qutbli elektr generatorning matematik ifodalari keltirilgan.

Past bosimli suv oqimlarga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasi suv g'ildiragining suv oqimi parametrlariga (tezlik, suv sarfi, zichlik, suv sathini o'zgarishi) bog'liqlik uslubiyotini keltirib o'tamiz.

Sathi o'zgaruvchan past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro GES uchun aniqlangan talablardan kelib chiqqan holda, 1 (a) rasmda ishlab chiqilgan qalqib turuvchilarga ega bo'lgan mikro GESning umumiy ko'rinishi keltirilgan (№ FAP 01884). 1 (b)-rasmda mikro GESning suv g'ildiragining geometrik o'lchamlari, parraklar harakatiga to'sqinlik qiluvchi qarshilik kuchlari, shuningdek, suv g'ildiragining mexanik harakatining suv oqimi tezligiga bog'liqlik qonuniyatlarini keltirilgan.



1 - ponton; 2 – metall rama; 3 - opora; 4 – gorizonlar val; 5 - ilgak; 6,7 – suv g'ildiraklari; 8 - parraklar; 9,10 - silindrsimon podshipniklar; 11 – past tezlikli magnitoelektrik generator; 12 - yakor; 13,14 - induktor; 16,29 – planetar reduktor; 21,33 – flanesli ulanishlar; 22 – metall disk, 24 – shetkalar bilan kontakt xalqalar

**1-rasm. Gidroenergetik qurilmaning umumiy ko'rinishi (a), suv g'ildiragining geometrik parametrlarining suv oqimiga bog'liqligi (b)**

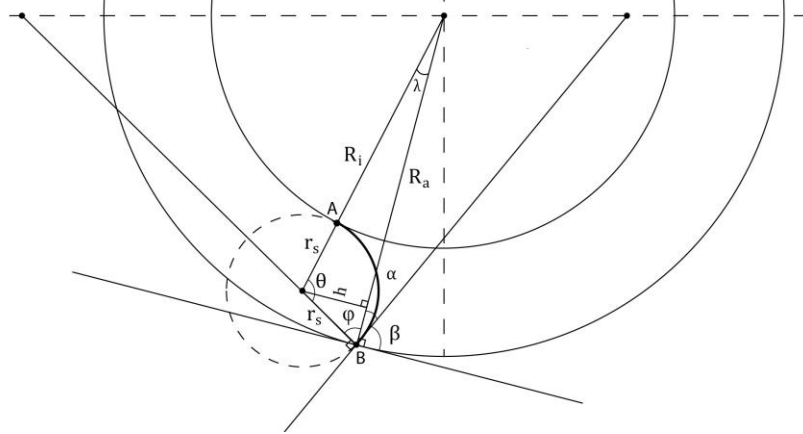
Suv g'ildiragi parraklarining suv bilan ta'sirlashish burchagining gidroenergetik qurilmaning konstruktiv parametrlari va parraklarning suvga botish chuqurligi bog'liqligining matematik ifodasi:

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 90^\circ \\ \varphi + \alpha = 90^\circ \\ \alpha = 90^\circ - \beta \\ \alpha = 90^\circ - \varphi \\ \varphi = \beta \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x = R_a - h_t \\ \sin \alpha = \frac{x}{R_a} = \frac{R_a - h_t}{R_a} \\ \cos \beta = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h_t}{D_a}\right)^2} h_t \\ h_t = R_a - R_a \sin \beta \\ a = \frac{D_a - D_i}{2} \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda,  $R_a$ - suv g'ildiragining tashqi diametri, m;  $x$  - MNL uchburchagining katet uzunligi, m;  $h_t$ - parrakning suvga botish chuqurligi, m;  $D_a$ - suv g'ildiragining tashqi diametri, m;  $D_i$ - suv g'ildiragining ichki diametri, m;  $a$ - parrakning balandligi, m.

Suv g'ildiragi parrakning geometrik joylashuvi sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



**2-rasm. Suv g'ildiragi parraklarining geometrik joylashuvi sxemasi**

2-rasmdagi uchburchak ABC dagi  $\angle B$  dan kosinuslar teoremasiga asosan  $r_s$  ning burchak  $\beta$  ga bog'liqligini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz

$$\begin{cases} R_i^2 + 2R_i r_s + r_s^2 = r_s^2 + R_a^2 - 2r_s R_a \cos \beta \\ r_s = \frac{R_a^2 - R_i^2}{(R_i + R_a \cos \beta)} \end{cases} \quad (3)$$

bu yerda,  $r_s$  - hisoblash doirasi radiusi, m.

Suv g'ildiragi parrakning KB yoy uzunligini quyidagi matematik ifoda orqali aniqlaymiz:

$$L_{KB} = \frac{\pi r_s}{180^\circ} \cdot \theta, \quad (4)$$

bu yerda,  $\theta$  - ABC uchburchakning  $\angle A$  burchagi.

2-rasmdagi uchburchak ABC dan burchak  $\varphi = \beta$  dan kelib chiqib, quyidagi bog'liqliklarni keltirib chiqaramiz:

$$\begin{cases} \sin \beta = \frac{h}{r_s} \\ \sin \lambda = \frac{\sin \beta \cdot r_s}{r_s + R_i} \end{cases} \quad (5)$$

$\theta$  burchakning aylana radiusi  $r_s$  va  $\beta$  burchakka bog'liqligi quyidagi soddalashtirilgan ifodalar orqali aniqlaymiz:

$$\begin{cases} \theta = 180^\circ - (\beta + \lambda) \\ \theta = 180^\circ - \left( \beta + \arcsin \left( \frac{\sin \beta \cdot r_s}{r_s + R_i} \right) \right) \end{cases} \quad (6)$$

Suv charxpalagi parraginging KB yoy uzunligi quyidagi matematik ifoda orqali aniqlaymiz:

$$L_{KB} = \frac{\pi r_s}{180^\circ} \cdot \left[ 180^\circ - \left( \beta + \arcsin \left( \frac{\sin \beta \cdot r_s}{r_s + R_i} \right) \right) \right], \quad (7)$$

Suv charxpalagi parraginging yuzasini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$S_{parrak} = L_{KB} \cdot b, \quad (8)$$

bu yerda,  $b$  – parrak kengligi.

Suv g'ildiragining tashqi va ichki diametrlari orasidagi minimal masofa "a", tashqi diametri va suv oqimiga bog'liq bo'lgan qiymat nemis olimi Xarten Mattias tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda aniqlangan. Bunda  $Q \leq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  suv oqimi bilan "a" qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$a = \frac{D_a}{5} \quad (9)$$

Suv g'ildiragining aylanma tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U = 2,33 \cdot \sqrt{H} = 2,33 \cdot \sqrt{\frac{V^2}{2 \cdot g}} \quad (10)$$

Suv g'ildiragining aylanish tezligi uning diametri va aylana tezligi bo'yicha hisoblanadi:

$$n = \frac{60 \cdot U}{D_a \cdot \pi} \quad (11)$$

Suv g'ildiragining burchak tezligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\omega_M = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{60} \quad (12)$$

bu yerda,  $n$  – suv g'ildiragining daqiqasiga aylanishlar soni, ayl/min;

Suv g'ildiragi parraklar sonini aniqlash formulasi quyidagicha:

$$Z = \frac{D_a \cdot \pi}{t} \quad (13)$$

bu yerda,  $t$  – parraklar orasidagi masofa, [0.2-0.35 m].

Parraklarning suvga botish chuqurligi  $h_t$ , parraklarga ta'sir etuvchi suv oqimi  $Q$ , parraklar soni  $Z$ , tashqi radius  $R$ , aylanish tezligi  $n$ , parraklarning qalinligi  $b_{sch}$  va  $B$  suv g'ildiragi parraklarining kengligi nemis olimi Dirk Nuembergning ilmiy tadqiqotida aniqlangan:

$$h_t = \left( R_a - \frac{1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z}{2\pi} \right) - \sqrt{\left( R_a - \frac{1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z}{2\pi} \right)^2 - \frac{Q \cdot 60}{n \cdot b \cdot \pi}}, \quad (14)$$

bu yerda:  $Z$  – parraklar soni,  $b_{sch}$  – parraklar qalinligi.

(2) folmuladagi parrakning suvga botish chuqurligi  $h_t$  va (14) ifodalarni tenglashtirib, suv oqimining sarfi qurilmaning parametrlariga bog'liqligi tenglamasi quyidagicha:

$$Q = \frac{n \cdot b \cdot \left( (\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot \left( \frac{D_a - D_a \cdot \sin \beta}{2} \right) - \pi \cdot \left( \frac{D_a - D_a \cdot \sin \beta}{2} \right)^2 \right)}{60}, \quad (15)$$

Suv charxpalagi hosil qiluvchi mexanik momentning konstruksiya va suv oqimi parametrlariga bog'liqlik matematik ifodasi quyidagicha:

$$M_M = \frac{N \cdot R_a \cdot k \cdot n \cdot b \cdot (V - U) \cdot [(\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta) - \pi \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta)^2]}{60} \quad (16)$$

bu yerda:  $k$  – gidravlik isroflar koeffitsiyenti,  $N$  – suv bilan to‘liq ta’sirlashgan parraklar soni.

Suv charxpalagining mexanik quvvati quyidagi matematik ifoda orqali aniqlanadi:

$$P_M = M_M \cdot \omega_M \quad (17)$$

Suv g‘ildiragining foydali ish koeffitsiyenti  $\eta_M$ , parraklarga tegadigan suv sarfi  $Q$ , parraklar soni  $Z$ , tashqi diametr  $R_a$ , suv g‘ildiragining aylanish tezligi  $n$ , parraklar qalinligi  $b_{sch}$  va suv oqim tezligi  $V$  quyidagi soddalashgan matematik ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta_M = N \cdot R_a \cdot \omega_M \cdot k \cdot n \cdot B \cdot (V - U) \cdot \frac{(\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta) - \pi \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta)^2}{30 \cdot V^3 \cdot S \cdot a} \quad (18)$$

Doimiy magnitlardan tashkil topgan uch fazali generatorning elektromagnit quvvatini hisoblash quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P_3 = \frac{3}{2} \omega [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q, \quad (19)$$

Generatorning “p” juft qutblar sonidan iborat elektromexanik momenti quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$M_3 = \frac{3}{2} p [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q, \quad (20)$$

Elektr generatorining yakor va induktorining qarama-qarshi tomonga aylanishining elektromagnit tezligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\omega = p \cdot (\omega_{M1} + \omega_{M2}), \quad (21)$$

bu yerda  $p$  - qutblar juftlari soni.

Dinamik modellashtirishda quyidagi ifodadan foydalanildi:

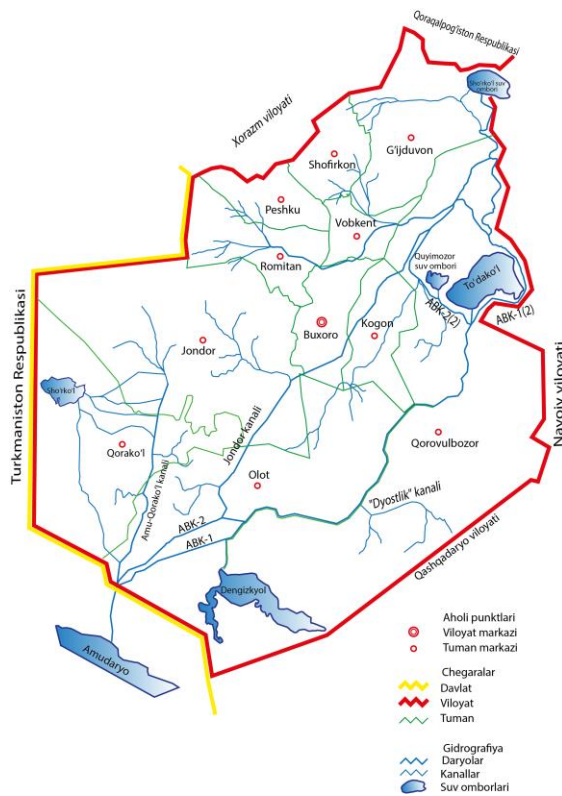
$$J \frac{d\omega_M}{dt} = M_M - M_3 - k\omega_M \quad (22)$$

bu yerda  $J$  - induktorning massa momentining inertsiyasi  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ,  $M_m$  va  $M_e$  - generatorning mexanik va elektromagnit momentlari,  $N \cdot \text{m}$ ;  $k$  - ishqalanish koeffitsiyenti,  $\omega_m$  - generatorning burchak tezligi,  $\text{rad/s}$ .

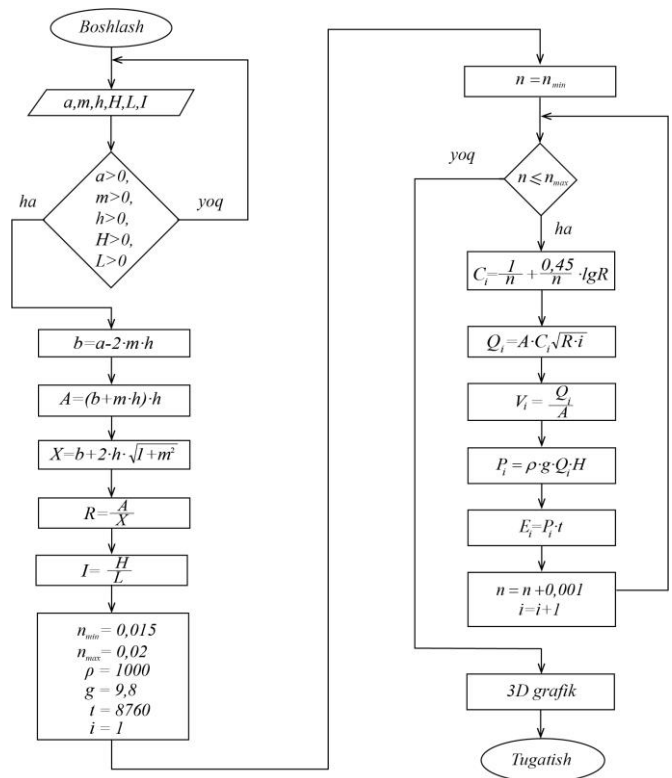
Dissertasiyaning “**Mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish, analitik va eksperimental tadqiqoti**” deb nomlangan uchinchi bobida Buxoro viloyatidagi irrigasiya kanallarining suv energiyasi resurslar salohiyatini baholash, past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish va konstruktiv maqbul o‘lchamlarini aniqlash hamda takomillashtirilgan ko‘p qutbli elektr generator chiqish parametrlarining suv oqimi tezligiga bog‘liqlik analitik va eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan.

3-rasmda Amu-Buxoro mashina kanali boshqarmasidan olingan chiziqli sxema yordamida qurilgan Buxoro viloyatining magistral va xo‘jaliklararo kanallarining sxemasi hamda “Google Earth Pro” ilovasi asosida sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalangan holda olingan ma’lumotlar keltirilgan.

4-rasmda “Shezi” koeffitsiyentini aniqlash orqali trapetsiyasimon sug‘orish kanallarining gidroenergetik resurslar salohiyatini baholashning ishlab chiqilgan algoritmi ko‘rsatilgan.



3-rasm. Buxoro viloyati magistral va xo'jaliklararo kanallar sxemasi



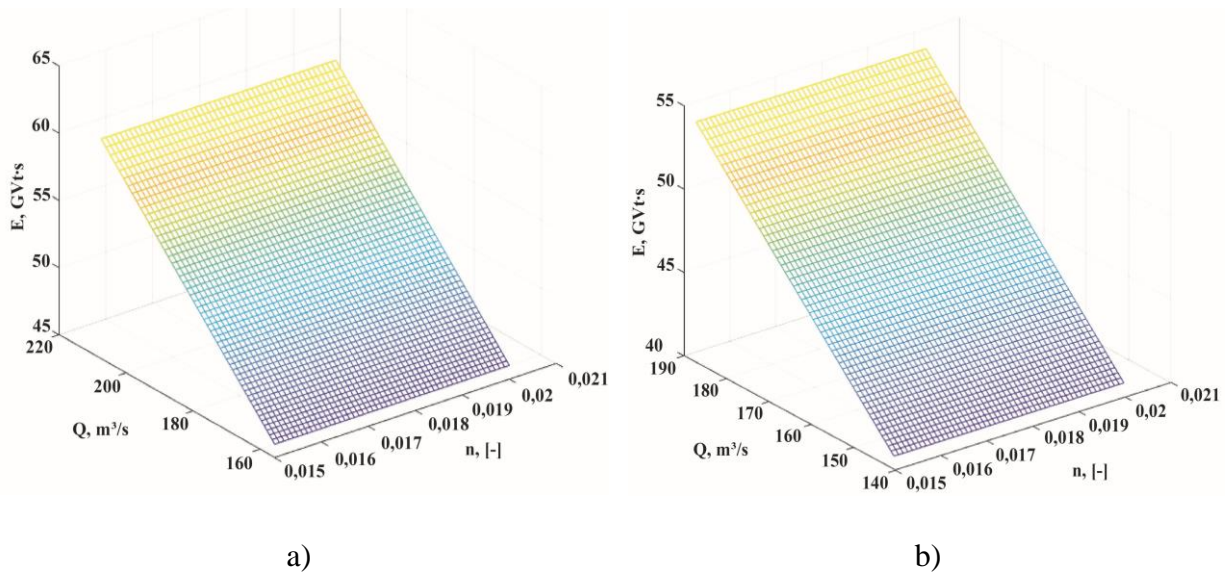
4-rasm. Sug'orish kanallarining gidroenergetik resurslar salohiyati baholash algoritmi

Amu-Buxoro mashina kanalining sug'orish tizimi uchun yalpi gidroenergetik salohiyatini baholash, unga ko'ra 1-jadvalda kanal tubi bo'ylab eni, suv oqimi tezligi, ko'ndalang kesimi va yalpi gidroenergetik resurslar salohiyatining hisoblangan qiymatlari keltirilgan.

1-jadval  
Yalpi gidroenergetik resurslar salohiyatini baholash natijalari

Kanal nomi	Amu-Qorako'l kanali	ABK-1	ABK-2	Amu-Buxoro kanal	Jondor kanali	Qorovulbozor kanali	ABK-1 (2)	ABK-2 (2)	To'dako'l kanali
Asosi bo'ylab kanal kengligi, (m)	19,5	34,1	36,5	43	14,4	5,6	18,9	25,1	11,5
Oqim tezligi, m/s	0,61	0,76	0,78	0,83	0,57	0,4	0,66	0,75	0,55
Kanal kesimi, m <sup>2</sup>	85,5	184,4	200,1	211,6	63,8	21,5	93,2	158,3	55,7
Quvvat, MVt	0,95	4,65	5,25	7,24	1,46	0,14	0,83	2,25	0,08

5 (a) va 5 (b) rasmlarda Matlab dasturida olingan sug'orish kanallari uchun suv sarfi, suv oqimi energiyasining g'adir-budirlik koeffitsientiga bog'liqligi grafiklari keltirilgan. ABK-1 va ABK-2 sug'orish kanallarining suv oqimining energiyasi mos ravishda 58 GW·h va 54 GW·h, suv sarfi esa mos ravishda 220 m<sup>3</sup>/s va 190 m<sup>3</sup>/s ni tashkil qilgan.



**5-rasm. Suv sarfi, suv oqimi energiyasining sug'orish kanalining g'adir-budirlik koeffitsientiga bog'liqligi grafiklari**

Mikro gidroelektr stansiyaning maksimal samaradorligi (FIK)ga erishish optimallik mezoni sifatida ishlatiladi:

$$\eta(\beta, Q) = \frac{P_M}{P_K} \rightarrow \max \quad (23)$$

Quyidagi shartlar qabul qilindi:

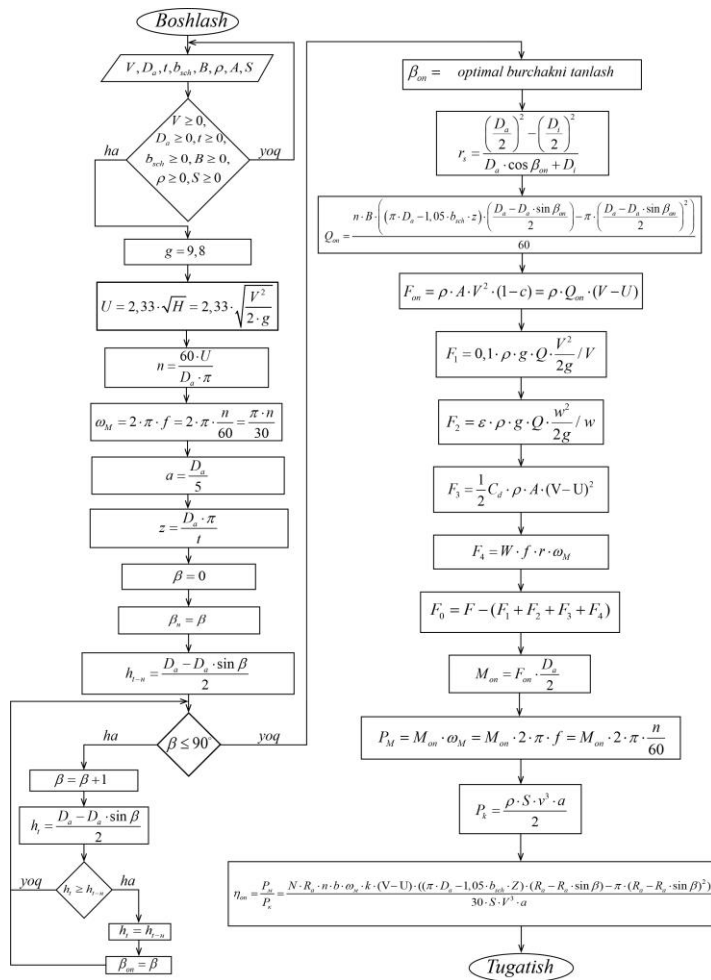
$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq V \leq 4 \text{ m/s} \\ 0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ \text{ grad} \\ a \geq h_t, D_a = 1\text{m}, D_{in} = 0,6 \text{ m} \\ Q \leq 0,5 \rightarrow a = \frac{D_a}{6} \\ 0,5 \leq Q \leq 1 \rightarrow a = \frac{D_a}{5} \\ Q \geq 1 \rightarrow a = \frac{D_a}{4} \end{array} \right.$$

6-rasmda suv g'ildiragining optimal parametrlarini aniqlash uchun ishlab chiqilgan algoritmni keltirilgan. Ushbu algoritm parraklarning suv bilan ta'sirlashish optimal burchagini, parraklar sonini, suv sarfini, mexanik quvvat, kinetik quvvat va suv g'ildiragining foydali ish koeffitsientini aniqlash imkonini beradi.

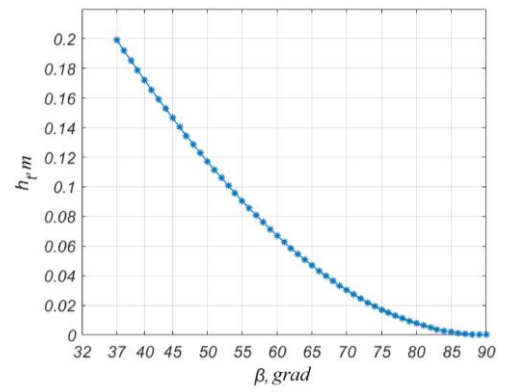
7-rasmda parraklarning suvga botirish chuqurligi  $h$  parrakning suv bilan ta'sirlashish  $\beta$  burchagining bog'liqligi keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$  bo'lganida, parrakning suvga botish chuqurligi qiymati  $h_t=0,2$  m ga teng bo'lib, uning maksimal qiymati hisoblanadi.

8-rasmda suv g'ildiragi  $n$  aylanish tezligining suv oqimi  $V$  tezligiga bog'liqligi keltirilgan. 10-rasmda keltirilgan egri chiziq suv oqimi tezligining oshishi bilan suv g'ildiragining aylanish tezligini ortishini ko'rsatadi, unga ko'ra suv oqimi tezligi  $V = 4$  m/s bo'lganda, suv g'ildiragining aylanish tezligi 40 ayl/min ni tashkil qiladi.

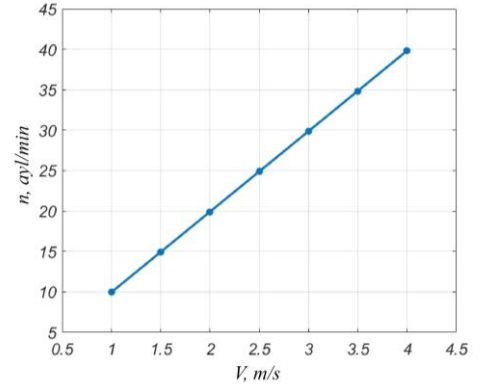




6-rasm. Suv g'ildiragining optimal parametrlarini aniqlash algoritmi



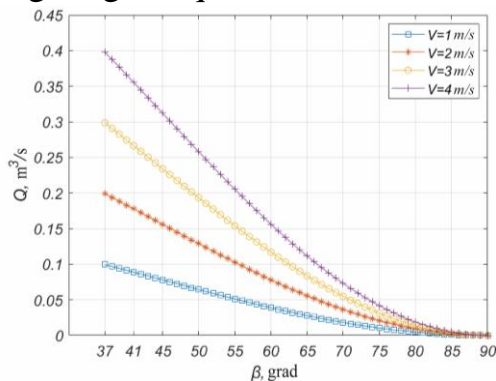
7-rasm. Parraklarning suvga botirish chuqurligi h\_t parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagining bog'liqligi



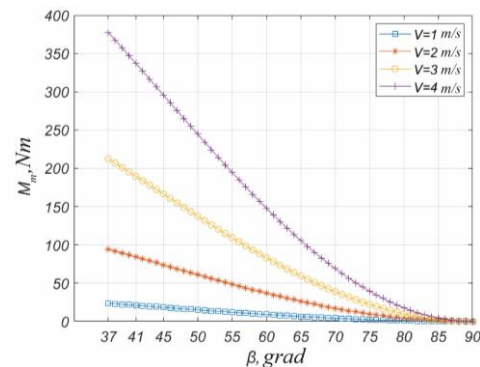
8-rasm. Suv g'ildiragining aylanish tezligining suv oqimi tezligiga bog'liqligi grafigi

9-rasmda suv sarfi Q ning parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta$  bog'liqligini tavsiflovchi egri chiziqlar keltirilgan. Aniqlanishicha, suv oqimi tezligi 4 m/s va parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$  bo'lganda, suv oqimining sarfi qiymati maksimal bo'lib,  $Q=0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  ni tashkil qiladi.

10-rasmda parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagiga mexanik momentning bog'liqligi graflarini ko'rsatadigan egri chiziqlar keltirilgan. Parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$  bo'lganda, mexanik momentning maksimal qiymatiga erishilganligi aniqlandi.



9-rasm. Suv oqimi tezligining parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagiga bog'liqligi graflari

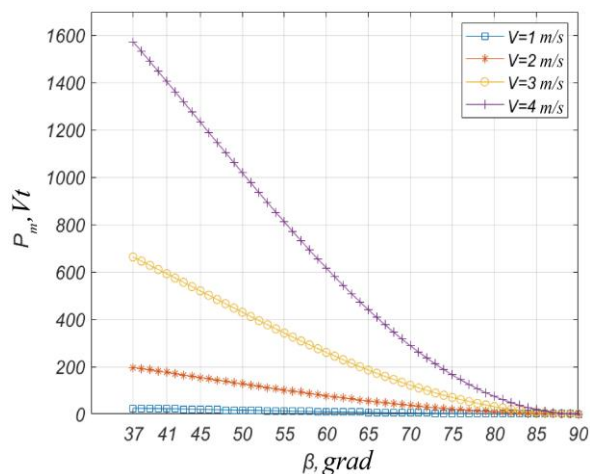


10-rasm. Mexanik momentning tezligining parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagiga bog'liqligi graflari

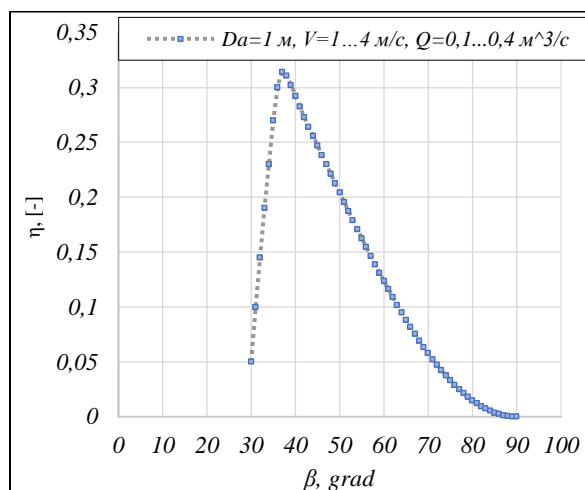


11-rasmda mexanik quvvat  $P_m$  ning parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta$  bog'liqligini tavsiflovchi egri chiziqlar keltirilgan. Nazariy hisob-kitoblarga asoslanib, parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$  ga teng bo'lganida mexanik quvvat maksimal qiymatga erishib 1580 W ni tashkil etdi.

12-rasmda suv g'ildiragi foydali ish koeffitsiyentining parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta$  bog'liqligini tavsiflovchi egri chiziqlar keltirilgan. Aniqlandiki, parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$  ga teng bo'lganda suv g'ildiragining foydali ish koeffitsiyenti 32% ni tashkil qiladi.



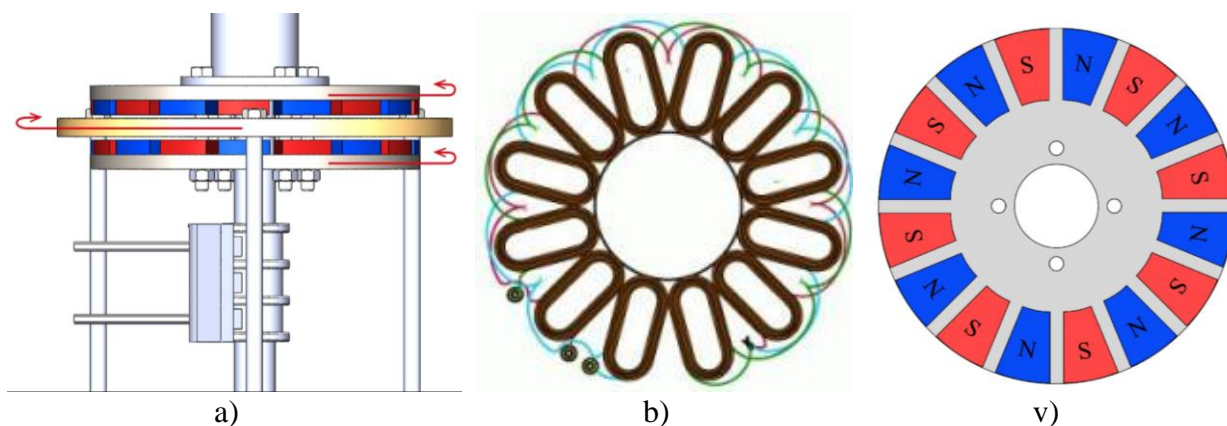
**11-rasm. Mexanik quvvatning parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi bog'liqligi grafiklari**



**12-rasm. Foydali ish koeffitsiyentining parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagi bog'liqligi grafiklari**

Past bosimli suv oqimlarida gidroenergetik qurilmalarining samaradorligini oshirish uchun yakor va induktori qarama-qarshi tomonga aylanuvchi, doimiy magnitlardan tashkil topgan past tezlikli elektr generatori ishlab chiqildi.

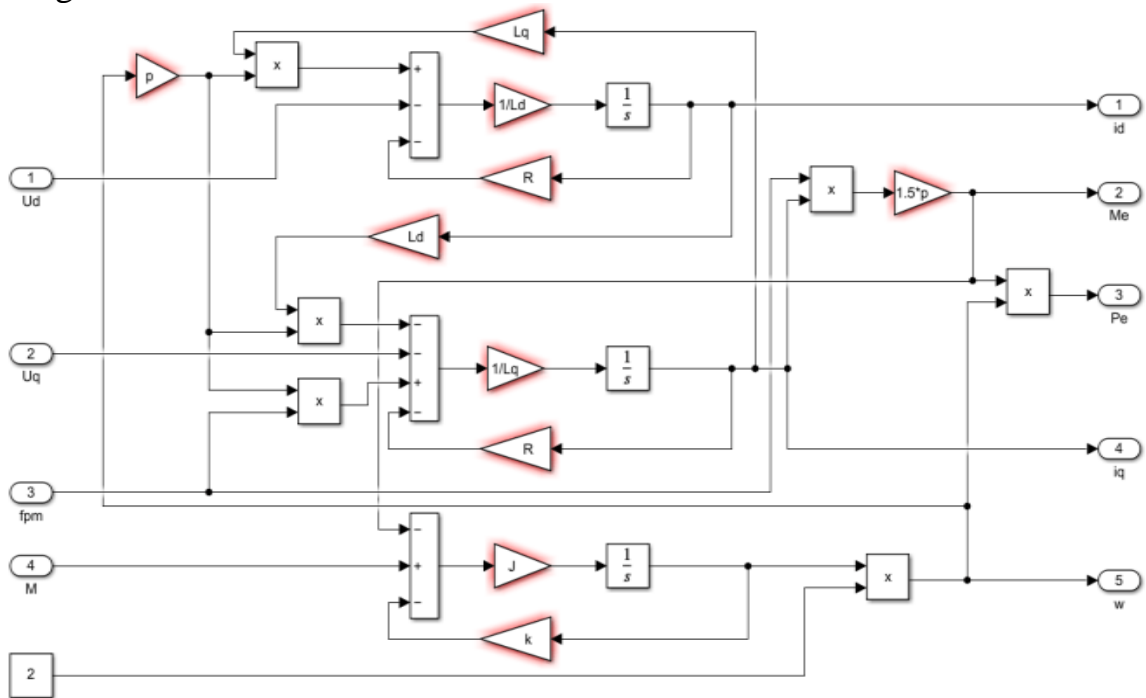
13 (a) rasmda elektr generatorning uch o'lchamli ko'rinishi, 13 (b) generator yakori chulg'aming ulanish usuli, 13 (v) generator induktori magnitlarning joylashuvi keltirilgan. Elektr generatorning har bir fazasi 4 ta ketma-ket ulangan chulg'amdan tashkil topib yulduzcha usulida ulangan. Elektr generator induktorida 16 juft qutb doimiy magnitlar mavjud.



a – elektr generatorning umumiy ko'rinishi; b – yakor chulg'aming ulanish sxemasi; v – elektr generator induktorining tashqi ko'rinishi

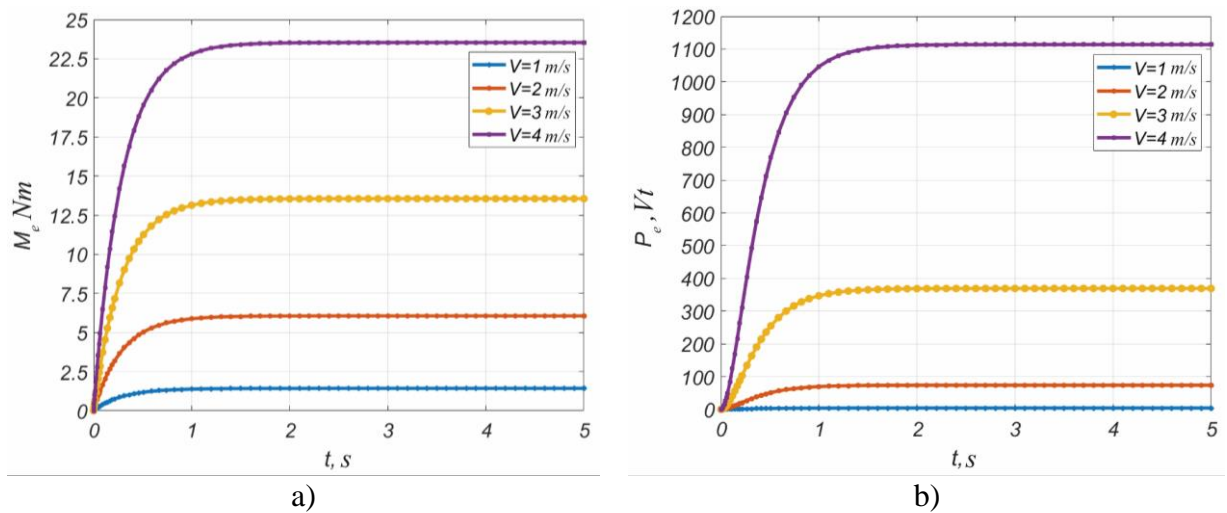
**13-rasm. Elektr generator tuzilishi**

14-rasmda Matlab/Simulink paketida ishlab chiqilgan yakor va induktori qarama-qarshi tomonga aylanuvchi elektr generatorning imitatsion modeli keltirilgan.



14-rasm. Matlab/Simulink paketida qurilgan elektr generatorning imitatsion modeli

15-rasmda Matlab/Simulink dasturi yordamida olingan suv g'ildiragining dinamik rejimdagi chiqish parametrlarining 1...4 m/s oralig'ida suv oqimi tezligining o'zgarishiga bog'liqligi grafiklari keltirilgan.



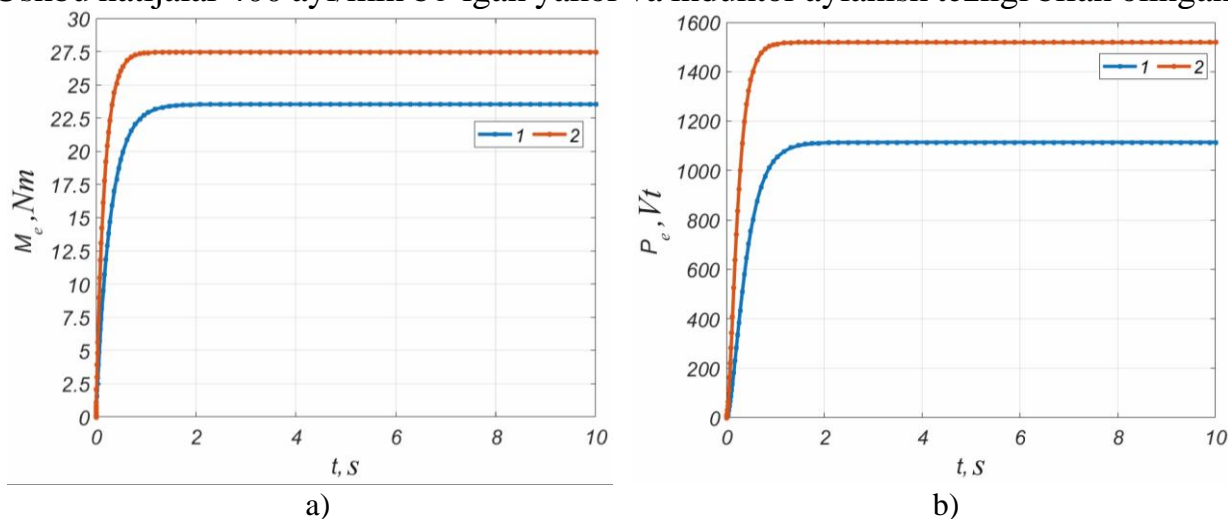
a) elektromexanik moment; b) elektromagnit quvvat

15-rasm. Dinamik rejimdagi suv g'ildiragining chiqish parametrlarining suv oqimi tezligiga bog'liqligi grafiklari

16 (a) - rasmda ikkita elektr generatorining mexanik momenti qiymatlarini taqqoslaydigan grafikni ko'rsatadi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, yakori va induktori teskari aylanadigan elektr generatorining elektromagnit momenti qo'zg'almas yakor holatiga nisbatan 20% ga oshgan.

16 (b) - rasmda ikkita generatorning elektromagnit quvvati qiymatlarini taqqoslaydigan grafikni keltirilgan. Shuningdek, yakor va induktori teskari

aylanadigan elektr generatorining elektromagnit quvvati qiymatlarini qo'zg'almas yakor holati bilan solishtirganda 1090 W dan 1530 W gacha oshganligi aniqlandi. Ushbu natijalar 400 ayl/min bo'lgan yakor va induktor aylanish tezligi bilan olingan.



**16-rasm. Dinamik rejimda ikkita elektr generatorining chiqish parametrlarining qiyosiy grafiklari**

17 (a) - rasmda GR-21-M1 gidrometrik vertushka yordamida Quyimozor kanalida suv oqimi tezligini o'lchash jarayoni keltirilgan. 17 (b) - rasmda past bosimli suv oqimlariga moslashtirilgan ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning tajriba jarayoni keltirilgan.



a)



b)

a) GR-21-M1 gidrometrik vertushka yordamida suv oqimi tezligini o'lchash, b) ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiya tajriba sinovi

**17-rasm. Quyimozor kanalida olib borilgan eksperimental tadqiqotlar jarayoni**

Foydali ish koeffitsientini aniqlaydigan ko'pfaktorli regressiya tenglamasi quyidagi shaklga ega:

$$Y = 0,7875 - 0,01 \cdot X_1 + 0,00096 \cdot X_2 - 0,77 \cdot X_3 - 0,00032 \cdot X_4 - 26,51 \cdot X_5 \quad (24)$$

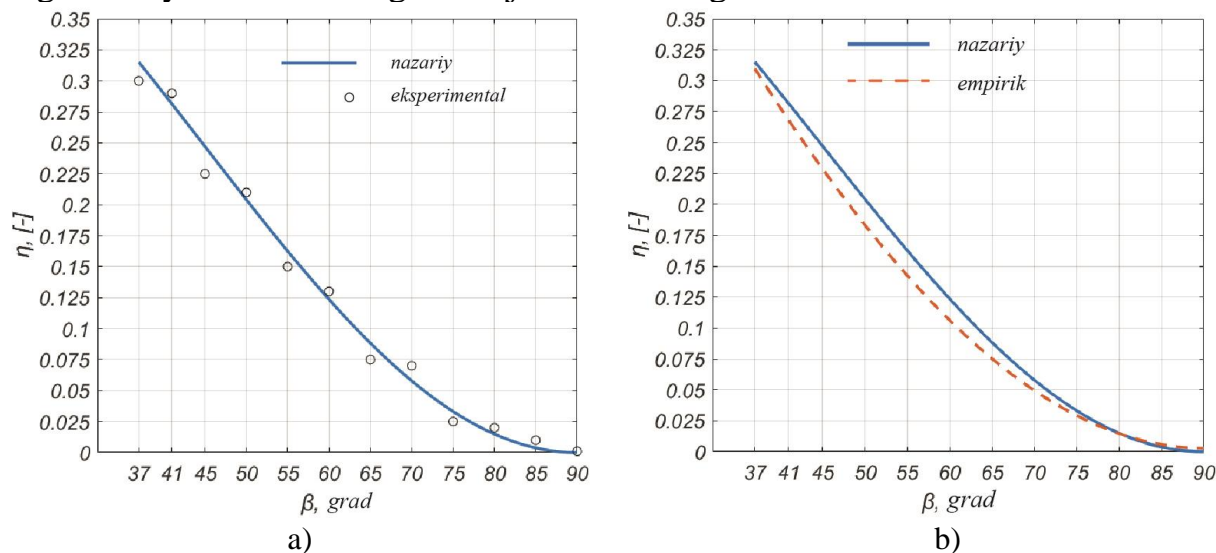
bunda,  $X_1$ - suv oqimi tezligi,  $X_2$ - suv g'ildiragining aylanish tezligi,  $X_3$ - parrakning suv bilan ta'sirlashish burchagi,  $X_4$ - parraklar soni,  $X_5$ -parrak qalinligi. (24) ifoda uchun quyidagi dastlabki shartlar qabul qilinadi:

$$1 \leq V_B \leq 4 \text{ m/s}; 0^0 \leq \beta \leq 90^0; Q \leq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}; Z = 16, b_{sch} = 0,002 \text{ m}.$$

Regressiya tenglamalarining ahamiyatligi Fisherning F-kriteriyasi yordamida baholandi. Hisoblab chiqilgan qiymatlarni jadvaldagi qiymatlar bilan taqqoslaymiz.

Ahamiyatlik darajasi 0,05 ga va erkinlik darajalarining  $\gamma_1 = 84$ ,  $\gamma_2 = 79$  sonida Fisher F-mezonining jadvaldagi qiymat  $F_{jad} = 1,45$  hisoblab chiqilgan qiymatdan  $F_{his} = 0,91$  kattaligi aniqlandi. Shunday qilib, biz olgan model uchun Fisherning adekvatlik mezonini bajarildi. Hisoblashning nisbiy xatoligi  $\pm 8\%$  ga teng.

18-rasmda eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash natijalari keltirilgan, bunga ko'ra 18 (a) - rasmda modellashtirish natijalari va eksperimental ma'lumotlarning qiyosiy tahlili uchun egri chizig'i, 18 (b) - rasmda regressiya tenglamasi yordamida olingan natijalar ko'rsatilgan.



a) - modellashtirish natijalari va eksperimental ma'lumotlarning qiyosiy tahlili; b) - regressiya tenglamasi yordamida olingan natijalar

### 18-rasm. Tajriba natijalarini qayta ishlash

Ikki namunadagi o'rtacha qiymatlarning muvofiqligini tekshirish, gidroenergetik qurilmaning foydali ish koeffitsiyentining nazariy va eksperimental natijalarini solishtirish uchun Styudent mezonini ham qo'llanildi. Hisoblangan qiymatlarni jadvaldagi qiymatlar bilan taqqoslaymiz. Erkinlik darajasining hisoblangan qiymati  $k=166$  bo'lganda, Styudentning hisoblangan qiymati  $t_{his}=1,36$ , ya'ni  $t_{jad}=1,98$  jadval qiymatidan kichik ekanligi aniqlandi. Bu yerda,  $t_{his} < t_{jad}$ , shuning uchun bog'liq. Nisbiy hisoblash xatosi  $\pm 5\%$  ni tashkil qiladi.

Dissertatsiyaning "**Mikro gidroelektr stansiyasining texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash**" deb nomlangan to'rtinchi bobida lokal iste'molchilarning yillik elektr energiyasi iste'mol ko'rsatgichlari, ishlab chiqilgan qurilmaning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlarini aniqlash, iqtisodiy hamda ekologik samaradorlikni baholash natijalari keltirilgan.

Past bosimli suv oqimlarida samarali ishlaydigan ishonchli, arzon GESlardan foydalanish, o'z navbatida, mahalliy iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyasi suv oqimi tezligi 1...4 m/s bo'lgan past bosimli suv oqimida samarali ishlashi aniqlangan, bunga ko'ra suv g'ildiragining tashqi diametri  $D_a=1$  m, ichki diametri  $D_i=0,6$  m, parraklar soni  $z=16$ , suv g'ildiragi parraklari suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta=37^\circ$ .

**2-jadval****Ishlab chiqilgan mikro giroelektr stansiyaning texnik tavsiflari**

Nominal quvvat, W	1500
Suv oqimi tezligi oralig'ida ishlash, m/s	1...4
Suv g'ildiragining aylanish tezligi, ayl/min	30...400
Foydali ish koeffitsienti, %	32
Kuchlanish, V	220
Tok, A	1...4
Suv g'ildiragining diametri, m	1
Qurilma kengligi, m	2
Parrakning yuzasi, m <sup>2</sup>	0,2
Massa, kg	80
Pontonlarning yuk ko'tarish qobiliyati, kg	150
Parraklar materiali	po'lat
Suv g'ildiragi materiali	metall
Pontonlar materiali	po'lat

3-jadvalda ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning texnik xususiyatlari va uning texnik mohiyati bo'yicha eng yaqin analog bilan taqqoslangan ma'lumotlar keltirilgan. Taqqoslash natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning samaradorligi past bosimli suv oqimlarida ishlaganda yaqin analogga nisbatan yuqori ekanligi aniqlandi.

**3-jadval****Ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning texnik xususiyatlarini eng yaqin analog bilan taqqoslash**

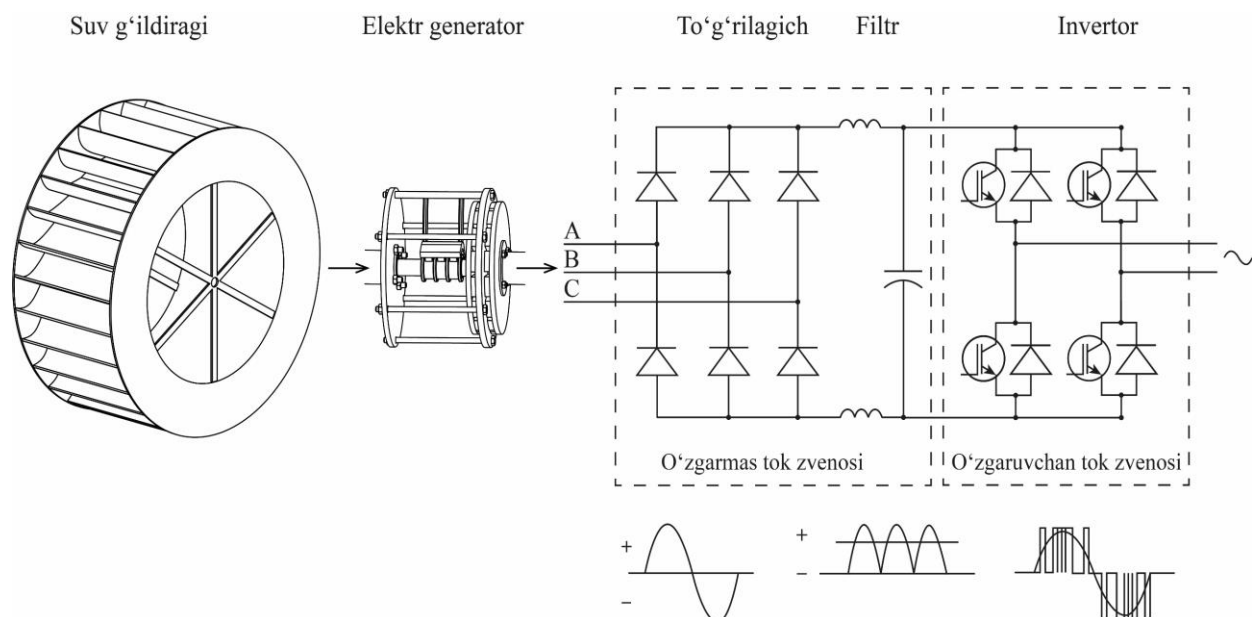
No	Texnik xususiyatlari	Ishlab chiqilgan mikro GES	Yaqin analog
1.	Nominal quvvat, W	1500	1500
2.	Suv oqimi tezligi oralig'ida ishlash, m/s	1-4	1-4
3.	Suv g'ildiragining aylanish tezligi, ayl/min	30-400	500
4.	Foydali ish koeffitsienti, %	32	30
5.	Kuchlanish, V	220 (~)	48 (-)
6.	Tok, A	3,5	30
7.	Suv g'ildiragining diametri, m	1	1,5
8.	Qurilma kengligi, m	1,2	1,2

Mikro gidroelektr stansiyalar orqali suv oqimining mexanik energiyasini aylantirish jarayonida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi sifatining asosiy ko'rsatkichi kuchlanish va chastota qiymatlari hisoblanadi. Mikro gidroelektr stansiyaning elektr generatorining chiqish energetik parametrlarini



barqarorlashtirish va rostlash uchun boshqaruv tizimidan foydalanish kerak.

19-rasmda suv oqimining mexanik energiyasi hisobiga aylanadigan suv g'ildiragi, elektr generatori, 220 V kuchlanish va 50 Gs chastotali yuqori sifatli elektr energiyasini olish imkonini beruvchi boshqaruv tizimidan iborat energiya ishlab chiqarish sxemasi keltirilgan.



**19-rasm. Elektr energiya ishlab chiqarish sxemasi**

4-jadvalda ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyaning, benzinli generator va quyosh elektr stansiyalariga nisbatan joriy etishdagi iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari taqqoslash natijalari keltirilgan.

**4-jadval**

**Iqtisodiy samaradorlikni taqqoslash natijalari**

Ko'rsatkichlar	Ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyasi	Benzinli generator	Quyosh elektr stansiyasi
O'rnatilgan quvvat, kW	1,5	2,2	6,2
Yillik ishlab chiqarilgan elektr energiyasining o'rtacha miqdori, k·W/h	12000	12000	12000
Qurilmaning balans narxi, mln. so'm	10	5	87,8
Amortizasiya ajratmalari, mln. so'm	0,29	0,15	0,4
Joriy ta'mirlash xarajatlari, mln. so'm	0,3	0,15	1,35
Yoqilg'i narxi, mln. so'm	-	39,6	-
Ekspluatatsion xarajatlar, mln. so'm	0,59	39,9	1,75
Ishlab chiqarilgan 1 kVt·s elektr energiyasining narxi, so'm	50	3325	150

Ishlab chiqilgan 1,5 kW quvvatli mikro gidroelektr stansiyasi yiliga taxminan, o'rtacha 6,6 tonnaga yaqin benzin tejalishi va 14,64 tonnadan ortiq karbonat angidrid ( $\text{CO}_2$ ) gazi atmosferaga chiqarib yuborishining oldi olinganligi aniqlandi.

## XULOSA

Dissertatsiya mavzusi bo'yicha olib borilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. Buxoro viloyati irrigatsiya kanallarining suv energiyasi resurslar salohiyatini ishonchli baholash algoritmi ishlab chiqilib, EHM dasturi uchun guvohnoma olingan. Bunda, o'zgaruvchan sathli, past bosimli irrigatsiya kanallarining suv oqimi tezligi 1...4 m/s oraliqda o'zgarishi, yalpi gidroenergetik salohiyati 202,4 GW·h tashkil qilishi aniqlangan.

2. Suv oqimini yo'naltiruvchi qalqib turuvchilarga ega bo'lgan, suv g'ildiragi parraklari suvdan chiqayotganda ta'sir kuchini kamaytirishda parraklari maqbul burchak ostida joylashtirilgan, induktor va yakori bir-biriga nisbatan teskari aylanadigan takomillashtirilgan elektr generatorli mikro gidroelektr stansiyasi ishlab chiqilgan (FAP 01884). Natijada, past bosimli suv oqimlarda ishlash samaradorligi (FIK)ni 1,5...2 % gacha oshirish imkoniyati yaratilgan.

3. Past bosimli suv oqimlarga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyaning foydali ish koeffitsienti  $\eta$  ni aniqlashda suv oqimining tezligi  $V$ , suv g'ildiragining aylanishlar soni  $n$ , suv g'ildiragining parraklar soni  $Z$ , suv oqimi sarfi  $Q$ , parraklarga ta'sir qiluvchi umumiy kuch  $F_{um}$ , suv g'ildiragining burilish burchagiga  $\omega_m$  va parraklarning suv bilan ta'sirlashish burchagi  $\beta$  bog'liq holda aniqlash imkonini beradigan analitik ifodalar olingan.

4. Parraklarning suv yuzasi bilan tutashish burchagi  $\beta$ , oqimning parraklar yuzasiga zarbsiz kirishini ta'minlash, quyi bef yuzasi bilan ta'sirlashganda hamda chiqish uchun qulay bo'lgan  $37^\circ$  ga teng qilib olindi.

5. Mikro gidroelektr stansiyasi tashqi diametri  $D_a = 1\text{ m}$  va parraklarning suvga botish chuqurligi  $h_t = 0,2\text{ m}$  ega suv charxpalagining parraklariga suv oqimining ta'sir kuchini oshirish va parrak suvdan chiqayotganda esa ta'sir kuchini kamaytirish maqsadida parraklar suv bilan ta'sirlashish burchagining optimal qiymati  $\beta = 37^\circ$ , suv oqimining tezligi  $V = 1...4\text{ m/s}$ , suv sarfi  $Q = 0,1...0,4\text{ m}^3/\text{c}$  bo'lganda qurilmaning foydali ish koeffitsienti maksimal  $\eta = 32\%$  gacha erishish shartlari aniqlangan.

6. Ishlab chiqilgan mikro gidroelektr stansiyasiga induktor va yakori bir-biriga nisbatan teskari aylanadigan kichik tezlikli elektr generator qo'llanilishi hisobiga, past bosimli suv oqimlarda elektr energiyasini ishlab chiqarish hajmi 20...25% gacha oshirish imkoni yaratilgan.

7. Quvvati 1,5 kW bo'lgan mikro gidroelektr stansiyaning joriy etishdagi iqtisodiy samaradorligi «Sof diskont» usulidan foydalanib baholangan. Bunda elektr tarmoqqa nisbatdan sof joriy qiymat 10,2 mln.so'mni, statik qoplash muddati 3,39 yil va dinamik qoplash muddati 4,19 yil ekanligi aniqlandi.



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

---

**БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**МАМЕДОВ РАСУЛ АКИФ-ОГЛИ**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ,  
АДАПТИРОВАННОЙ К НИЗКОНАПОРНЫМ ВОДОТОКАМ**

**05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии**

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

**Карши – 2023**

Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2022.3.PhD/Т1636.

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.  
Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета ([www.qmii.uz](http://www.qmii.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** Садуллаев Насулло Нематович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Тоиров Олимжон Зувурович  
доктор технических наук, профессор

Уришев Бобараим  
доктор технических наук, профессор

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

Защита диссертации состоится «13» 07 2023 года в 9<sup>30</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.Т.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](mailto:kiei_info@edu.uz).)

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрировано № 43). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz).)

Автореферат диссертации разослан «26» 06 2023 года.  
(реестр протокола рассылки № 17 от «26» 06 2023 года).

  
Г.Н. Узоков  
Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.А. Давлонов  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

Б. Уришев  
Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ(аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире использование энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии в сфере энергетики занимает одно из ведущих мест по повышению надежности и бесперебойности электроснабжения локальных потребителей малой мощности, расположенных вдали от централизованного электроснабжения. «В стратегии развития энергетики Евросоюза планируется увеличение доли возобновляемых источников энергии с 20% до 32% в период с 2020 по 2030 год<sup>1</sup>, в частности увеличение установленной мощности малых ГЭС до 171 ГВт<sup>2</sup>». В связи с этим, разработка и внедрение в практику микрогидроэлектростанций, адаптированных к низконапорным водотокам, имеет важное значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку микрогидроэлектростанций, адаптированных к низконапорным водотокам, повышения их эффективности, а также обоснование энергетических, гидрологических и конструктивных параметров. В связи с этим особое внимание уделяется разработке микрогидроэлектростанций, адаптированных к низконапорным малым рекам и оросительным каналам, моделированию конструктивных параметров и параметров режима работы, разработке алгоритмов определения оптимальных параметров гидроэнергетических установок для увеличения возможностей использования энергии воды, обоснованию их основных энергетических параметров и внедрению на практике.

В республике достигнуты определенные результаты по принятию комплексных мер и расширению возможностей по разработке микрогидроэлектростанций адаптированных к низконапорным водотокам а также использования энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии в системе электроснабжения локальных потребителей расположенных в отдаленных районах. В постановлении Президента Республики Узбекистан от 10.12.2021 г. № ПП-44 определены важные задачи: «...доведение в 2030 году мощности гидроэлектростанций республики до 3416 МВт путем последовательного ускорения создания новых мощностей и поэтапной модернизации действующих производственных мощностей за счет широкого использования экологически чистых источников энергии в электроэнергетической отрасли<sup>3</sup>...». При реализации этих задач, большое значение имеет создание научно-технических решений по разработке эффективной микрогидроэлектростанции адаптированной к низконапорным водотокам.

---

<sup>1</sup> International Renewable Energy Agency. URL: // <https://www.irena.org/europe>

<sup>2</sup> Small Hydropower Market (Capacity: 0-10 MW and Above 10 MW) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast, 2020-2030. URL: // <https://www.transparencymarketresearch.com/small-hydropower-market.html>

<sup>3</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-44 от 10 декабря 2021 года, «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию гидроэнергетики»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» и № ПП-5063 от 9 апреля 2021 года «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной области.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям и 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 нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

**Степень изученности проблемы.** Научные исследования, направленные на разработку научно-технических решений по созданию микрогидроэлектростанций работающих в низконапорных водотоках, повышению их эффективности и развитию использования микрогидроэлектростанций в системе электроснабжения локальных потребителей, были проведены такими известными учеными, как Г. Мюллер, Д. Аданта, М. Харти, Д.М. Нюрнберг, Э. Куаранта, С. Бач, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, Н.К. Малинин, П.П. Свит, Б.Б. Кажинский, Е.В. Соломин, С.Г. Обухов, Р.А. Захидов, К.Р. Аллаев, М.М. Мухаммадиев, Б.У. Уришев, Д.Б. Кодиров, О.О. Бозаров и др.

Несмотря на положительные результаты данных исследований, недостаточно проведены исследования по повышению эффективности микрогидроэлектростанций с плавучим основанием, адаптированных к низконапорным водотокам с изменчивым уровнем потока воды, за счёт определения оптимального угла наклона лопастей, позволяющего уменьшить потери при взаимодействии с потоком воды и применения усовершенствованных тихоходных электрогенераторов.

**Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы Бухарского инженерно-технологического института в рамках фундаментального проекта ОТ-Ф2-62 «Развитие теории построения интеллектуальной сети промышленного предприятия на основе обобщенного показателя эффективности системы электроснабжения».

**Целью исследования** является разработка микрогидроэлектростанции для локальных потребителей, адаптированной к низконапорным водотокам с изменчивым уровнем потока воды, и обоснование её параметров.

### **Задачи исследования:**

оценка ресурсов гидроэнергетического потенциала оросительных каналов Бухарской области и обоснование возможностей использования микрогидроэлектростанций;

разработка и исследование математической модели, описывающей зависимость конструктивных размеров и энергетических параметров микрогидроэлектростанции от скорости потока воды;

разработка экспериментального образца микрогидроэлектростанции, эффективно работающей на низконапорных водотоках с изменчивым уровнем потока воды;

разработка алгоритма определения оптимального угла наклона лопастей на выходе из воды, позволяющего повысить эффективность микрогидроэлектростанции;

разработка основ применения усовершенствованного электрогенератора в микрогидроэлектростанции для обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения;

определение технико-экономических показателей, оценка экологической и экономической эффективности внедрения разработанной микрогидроэлектростанции.

**Объектом исследования** является микрогидроэлектростанция, адаптированная к низконапорным водотокам и технологический процесс её работы.

**Предметом исследования** являются микрогидроэлектростанция, работающая в низконапорных водотоках, геометрические закономерности определения оптимального угла наклона лопастей водяного колеса, процессов преобразования механической энергии в электрическую.

**Методы исследования.** В процессе исследования применены методы математического моделирования, математической статистики при обработке данных, теоретических основ электротехники и механики, экспериментального исследования зависимости энергетических параметров установки от скорости потока воды и обработки экспериментальных данных.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана гидроэнергетическая установка с возможностью увеличения эффективности до 1,5...2%, за счёт усовершенствования плавучего основания водяного колеса с лопастями, установленными под оптимальным углом наклона для уменьшения гидродинамического сопротивления, конструкции электрогенератора якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны с учетом изменения напора и расхода потока воды;

усовершенствована математическая модель, позволяющая определить коэффициент полезного действия водяного колеса гидроэнергетической установки, работающей в низконапорных водотоках, на основании геометрических и гидродинамических уравнений с учетом расхода потока

воды, толщины и количества лопастей водяного колеса, внешнего диаметра и количества оборотов водяного колеса, а также скорости потока воды;

разработано программное обеспечение на основе алгоритма определения оптимальных параметров водяного колеса, позволяющее определить оптимальный угол наклона лопастей водяного колеса, для достижения максимального механического момента и стабильной скорости вращения водяного колеса микрогидроэлектростанции в условиях с изменчивым потоком воды;

получена эмпирическая зависимость, позволяющая определить мощность, количество выработанной электроэнергии и коэффициент полезного действия микрогидроэлектростанции, предназначенной для работы в низконапорных водотоках, с учетом скорости потока воды, количества лопастей, количества оборотов вращения и оптимального угла наклона лопастей водяного колеса.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана микрогидроэлектростанция, эффективно работающая на низконапорных водотоках, предназначенная для локальных потребителей, расположенных вдали от централизованного электроснабжения;

установлено, что за счёт противоположного вращения якоря и индуктора электрогенератора достигнуто сокращение габаритов гидроэнергетической установки, снижение энерго-и ресурсозатрат.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что исследования проводились с использованием современных методов и средств измерений, применением методов математического моделирования при обработке и проверке результатов эксперимента, проведением экспериментов в естественных условиях, взаимной адекватности теоретических и экспериментальных исследований разработанной микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам, обоснована положительными результатами исследования и внедрением в практику.

**Научная и практическая значимость результатов исследования:**

научная значимость результатов исследования заключается в том, что параметры микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам, основаны на алгоритме оценки ресурсов гидроэнергетического потенциала ирригационной системы Бухарской области, а также на полученных математических моделях и аналитических связях, могут быть использованы для обоснования параметров других гидроэнергетических установок.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанная микрогидроэлектростанция работает на уровне востребованности в районах с высоким гидроэнергетическим потенциалом, что снижает затраты на топливно-энергетические ресурсы.

**Внедрение результатов исследования.** По результатам разработки, обоснования параметров и внедрения микрогидроэлектростанции,

адаптированной к низконапорным водотокам с изменчивым уровнем потока воды:

получен патент на полезную модель Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан (№ FAP 01884, 07.03.2022 й.) для гидроэнергетической установки, адаптированной для работы в низконапорных водотоках малых рек и ирригационных каналов. В результате появилась возможность увеличения эффективности (КПД) установки при работе в низконапорных водотоках до 1,5...2%;

усовершенствована конструкция электрогенератора, якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны, что обеспечивает эффективную работу в низконапорных водотоках (Справка АО “Узбекгидроэнерго” от 13 октября 2022 года № 04-35/2854). В результате была достигнута надежность и бесперебойность выработки электроэнергии при скорости потока воды 1...4 м/с, а также появилась возможность увеличения выработки электроэнергии на 20...25%;

Разработанная микрогидроэлектростанция внедрена в фермерском хозяйстве «Бухоро Чорво Омад», расположенном на территории Бухарского района Бухарской области (Справка АО “Узбекгидроэнерго” от 13 октября 2022 года № 04-35/2854). В результате при помощи микрогидроэлектростанции мощностью 1,5 кВт было выработано 12000 кВт·ч электроэнергии в год, годовой экономический эффект по сравнению с генератором внутреннего сгорания составил 39,6 млн. сум и появилась возможность сэкономить 6,6 тонн природного топлива.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 6 научно-практических конференциях, в том числе на 3 международных и 3 республиканских научных конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD) 5, в том числе 4 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, а также получены 3 свидетельства программ для ЭВМ и 1 патент на полезную модель Агентства по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

**Структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** приводится обоснование актуальности и востребованности исследования, охарактеризованы цели и задачи, объект и предметы исследования, показано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий в нашей республике, обзор зарубежных и



отечественных исследований на тему диссертации, описываются научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов и внедрение результатов исследований на практике, содержатся сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние и тенденции развития использования микрогидроэлектростанций»** представлен анализ современного состояния и тенденции развития использования микрогидроэлектростанций в мире и в Узбекистане, методологии оценки ресурсов гидроэнергетического потенциала, научных исследований, направленных на разработку и повышение эффективности микрогидроэлектростанций, адаптированных к низконапорным водотокам, результатов конструктивных решений, возможностей использования микрогидроэлектростанций для обеспечения бесперебойности и надежности электроснабжения локальных потребителей, многополюсных электрогенераторов, применяемых в микрогидроэлектростанциях. Несмотря на достигнутые успехи, сформированы цели и задачи диссертации, направленные на повышение эффективности микрогидроэлектростанции при работе в низконапорных водотоках с изменчивым уровнем потока воды, определение оптимального угла наклона лопастей, способствующего снижению уменьшить силы, препятствующей движению водяного колеса, обоснование параметров усовершенствованного тихоходного электрогенератора.

Вторая глава диссертации, озаглавленная **«Теоретическое исследование конструктивных и эксплуатационных параметров микрогидроэлектростанций»**, посвящена методологии оценки гидроэнергетического потенциала, математической модели зависимости конструктивных размеров и энергетических параметров микрогидроэлектростанции от скорости потока воды, теоретическому расчету определения оптимального угла наклона лопастей водяного колеса, методике определения конструктивных размеров понтонов, учитывающих изменчивость уровня потока воды, математическим выражениям механических передач, а также усовершенствованного многополюсного электрогенератора, применяемого в микрогидроэлектростанции.

Приведем методику зависимости водяного колеса микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам, к параметрам потока воды (скорость, расход воды, плотность, изменчивость уровня воды).

Исходя из выявленных требований для микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам с изменчивым уровнем потока воды, на рисунке 1 (а) представлен общий вид разработанной гидроэнергетической установки с плавучим основанием (№ FAP 01884). На рисунке 1 (б) приведены геометрические размеры водяного колеса микрогидроэлектростанции, силы сопротивления, препятствующие движению лопастей, а также закономерностей зависимости механического движения водяного колеса к скорости потока воды.





$$\begin{cases} R_i^2 + 2R_i r_s + r_s^2 = r_s^2 + R_a^2 - 2r_s R_a \cos\beta \\ r_s = \frac{R_a^2 - R_i^2}{(R_i + R_a \cos\beta)} \end{cases} \quad (3)$$

где,  $r_s$  – радиус расчётного кружка, м.

Определим длину дуги КВ лопасти водяного колеса с помощью следующего математического выражения:

$$L_{\overline{KB}} = \frac{\pi r_s}{180^\circ} \cdot \theta, \quad (4)$$

где,  $\theta$  – угол  $\sphericalangle A$  треугольника ABC.

На основании угла  $\varphi = \beta$  треугольника ABC, приведенного на рисунке 2, получим следующие соотношения:

$$\begin{cases} \sin\beta = \frac{h}{r_s} \\ \sin\lambda = \frac{\sin\beta \cdot r_s}{r_s + R_i} \end{cases} \quad (5)$$

Определим зависимость радиуса расчётного кружка  $r_s$  и угла  $\beta$  от угла  $\theta$ , используя следующие упрощенные выражения:

$$\begin{cases} \theta = 180^\circ - (\beta + \lambda) \\ \theta = 180^\circ - \left( \beta + \arcsin\left(\frac{\sin\beta \cdot r_s}{r_s + R_i}\right) \right) \end{cases} \quad (6)$$

Определим длину дуги КВ лопасти водяного колеса, используя следующее математическое выражение:

$$L_{\overline{KB}} = \frac{\pi r_s}{180^\circ} \cdot \left[ 180^\circ - \left( \beta + \arcsin\left(\frac{\sin\beta \cdot r_s}{r_s + R_i}\right) \right) \right], \quad (7)$$

Определим площадь поверхности лопасти водяного колеса по следующей формуле:

$$S_{\text{лопасть}} = L_{\overline{KB}} \cdot b, \quad (8)$$

где,  $b$  – ширина лопасти.

Минимальное расстояние “а” между наружным и внутренним диаметрами водяного колеса, величина зависящая от наружного диаметра и расхода воды была определена в исследовании немецкого ученого Хартена Матиаса. В этом случае с расходом воды  $Q \leq 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  значение “а” определяется следующим выражением:

$$a = \frac{D_a}{5} \quad (9)$$

Окружная скорость водяного колеса определяется по формуле:

$$U = 2,33 \cdot \sqrt{H} = 2,33 \cdot \sqrt{\frac{v^2}{2 \cdot g}} \quad (10)$$

Частота вращения водяного колеса рассчитывается по его диаметру и окружной скорости:

$$n = \frac{60 \cdot U}{D_a \cdot \pi} \quad (11)$$

Угловая скорость водяного колеса определяется при помощи следующего выражения:

$$\omega_M = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{60} \quad (12)$$

где,  $n$  – число оборотов в минуту водяного колеса, об/мин;

Формула, позволяющая определить количество лопастей водяного колеса, имеет следующий вид:

$$Z = \frac{D_a \cdot \pi}{t} \quad (13)$$

где,  $t$  - расстояние между лопастями, [0,2-0,35 м].

Математическое уравнение зависимости глубины погружения  $h_t$  -лопастей в воду, расхода воды  $Q$  воздействующей на лопасти, количества лопастей  $Z$ , внешнего радиуса  $R_a$ , скорости вращения  $n$ , толщины лопастей  $b_{sch}$  и ширины лопастей водяного колеса  $B$  определено в научных исследованиях немецкого ученого Дирка Нуемберга:

$$h_t = \left( R_a - \frac{1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z}{2\pi} \right) - \sqrt{\left( R_a - \frac{1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z}{2\pi} \right)^2 - \frac{Q \cdot 60}{n \cdot b \cdot \pi}}, \quad (14)$$

где,  $Z$  – количество лопастей,  $b_{sch}$  – толщина лопасти.

Приравнивая формулу (2) глубины погружения лопасти в воде  $h_t$  к (14) выражению, получим уравнение зависимости расхода воды от параметров установки:

$$Q = \frac{n \cdot b \cdot \left( (\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot \left( \frac{D_a - D_a \cdot \sin \beta}{2} \right) - \pi \cdot \left( \frac{D_a - D_a \cdot \sin \beta}{2} \right)^2 \right)}{60}, \quad (15)$$

Математическое выражение зависимости механического момента, образуемого водяным колесом, от конструктивных параметров и параметров потока воды выглядит следующим образом:

$$M_M = \frac{N \cdot R_a \cdot k \cdot n \cdot b \cdot (V - U) \cdot [(\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta) - \pi \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta)^2]}{60} \quad (16)$$

где,  $k$  – коэффициент гидравлических потерь,  $N$  – количество лопастей, погруженных в воду.

Механическая мощность водяного колеса определяется по следующей формуле:

$$P_M = M_M \cdot \omega_M \quad (17)$$

Упрощенное математическое выражение зависимости КПД водяного колеса  $\eta_T$ , расхода воды приходящего на лопасти  $Q$ , количества лопастей  $Z$ , внешнего диаметра  $R_a$ , скорости вращения водяного колеса  $n$ , толщины лопастей  $b_{sch}$  и скорости потока воды  $V$  имеет следующий вид:

$$\eta_M = N \cdot R_a \cdot \omega_M \cdot k \cdot n \cdot B \cdot (V - U) \cdot \frac{(\pi \cdot D_a - 1,05 \cdot b_{sch} \cdot Z) \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta) - \pi \cdot (R_a - R_a \cdot \sin \beta)^2}{30 \cdot V^3 \cdot S \cdot a} \quad (18)$$

Расчет электромагнитной мощности трехфазного генератора, состоящего из постоянных магнитов, определяется из следующего выражения:

$$P_{\text{э}} = \frac{3}{2} \omega [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q, \quad (19)$$

Электромеханический момент генератора, состоящего из числа пар полюсов  $p$ , определяется из следующего выражения:

$$M_{\text{э}} = \frac{3}{2} p [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q, \quad (20)$$

Электромагнитная скорость, с которой якорь и индуктор электрического генератора вращаются в противоположные стороны, определяется следующим выражением:

$$\omega = p \cdot (\omega_{M1} + \omega_{M2}), \quad (21)$$

где,  $p$  – число пар полюсов.

В динамическом моделировании используем следующее выражение:

$$J \frac{d\omega_M}{dt} = M_M - M_{\Sigma} - k\omega_M, \quad (22)$$

где,  $J$  – инерция момента массы индуктора  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $M_M$  и  $M_{\Sigma}$  механический и электромагнитный моменты генератора,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $k$  – коэффициент трения,  $\omega_M$  – угловая скорость генератора,  $\text{рад}/\text{с}$ .

В третьей главе диссертации, озаглавленной “Аналитические и экспериментальные исследования разработанной микроГЭС” представлены оценка ресурсов гидроэнергетического потенциала ирригационной системы Бухарской области, разработка микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам, определение оптимальных конструктивных размеров, а также результаты аналитических и экспериментальных исследований зависимости выходных параметров усовершенствованного многополюсного электрогенератора от скорости потока воды.

На рисунке 3 изображена схема расположения основных магистральных и межхозяйственных каналов Бухарской области построена при помощи линейной схемы, взятой из управления эксплуатации Аму-Бухарского машинного канала, а также информации, полученной при помощи спутниковых данных на основании приложения “Google Earth Pro”.

На рисунке 4 показан разработанный алгоритм оценки ресурсов гидроэнергетического потенциала оросительных каналов трапецидальной формы при помощи определения коэффициента “Шези”.

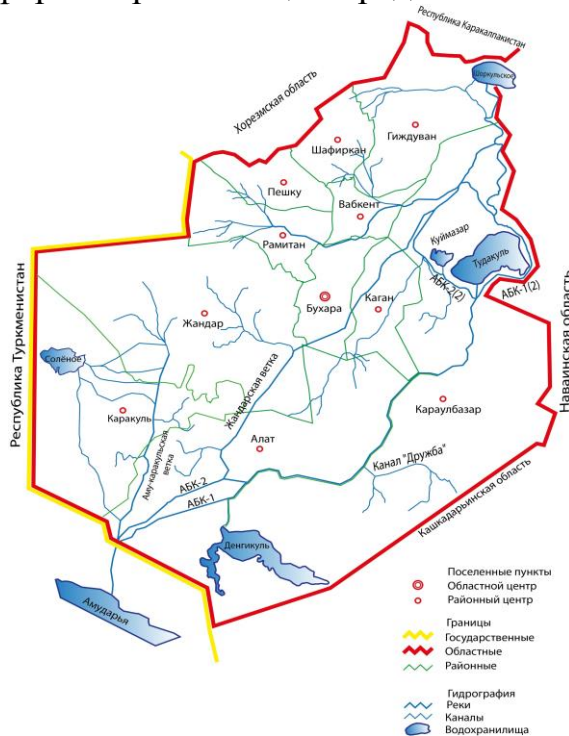


Рис. 3. Схема расположения основных магистральных и межхозяйственных каналов Бухарской области

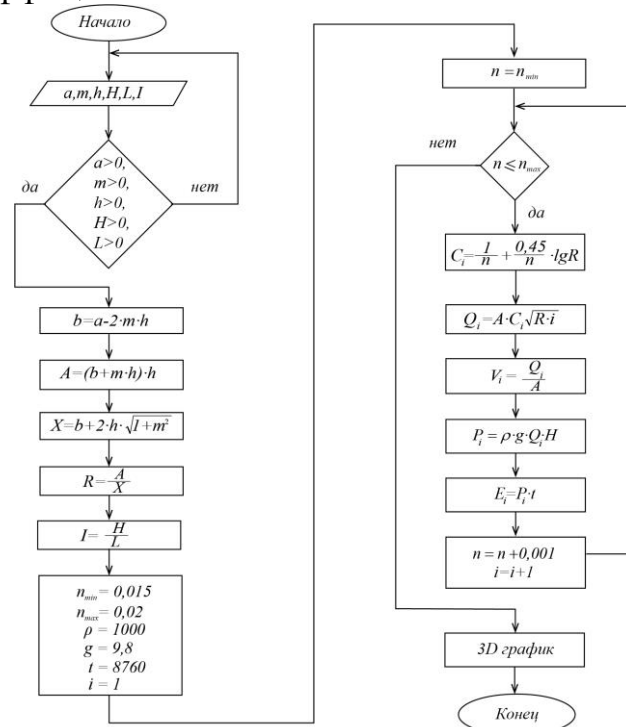


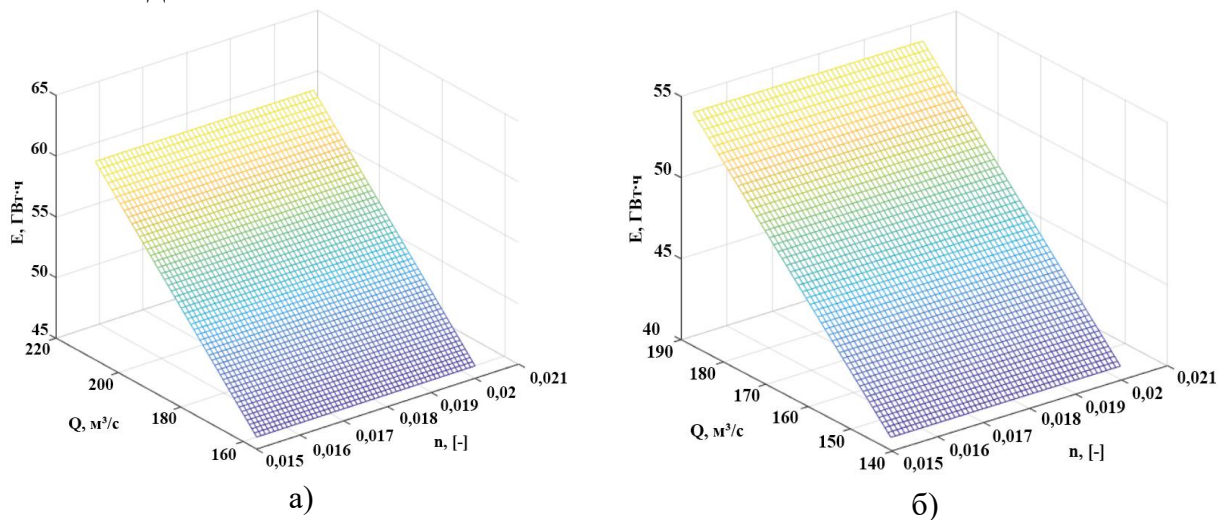
Рис. 4. Алгоритм оценки ресурсов гидроэнергетического потенциала оросительных каналов

Проведена оценка валового гидроэнергетического потенциала, ирригационной системы Аму-Бухарского машинного канала, по результатам которой в таблице 1 приведены расчётные значения ширины канала по дну, скорости потока воды, поперечного сечения и ресурсы валового гидроэнергетического потенциала.

**Таблица-1**  
**Результаты оценки ресурсов валового гидроэнергетического потенциала**

Наименование канала	Аму-Каракульский канал	АБК-1	АБК-2	Аму-Бухарский канал	Жандарский канал	Караулбазарский канал	АБК-1 (2)	АБК-2 (2)	Тудакульский канал
Ширина канала по дну, b (м)	19,5	34,1	36,5	43	14,4	5,6	18,9	25,1	11,5
Скорость потока, м/с	0,61	0,76	0,78	0,83	0,57	0,4	0,66	0,75	0,55
Поперечное сечение канала, м <sup>2</sup>	85,5	184,4	200,1	211,6	63,8	21,5	93,2	158,3	55,7
Мощность, МВт	0,95	4,65	5,25	7,24	1,46	0,14	0,83	2,25	0,08

На рисунке 5 (а) и 5 (б) приведены графики зависимости расхода воды, энергии водотока к коэффициенту шероховатости для оросительных каналов, полученные в программе Matlab. Было установлено что энергия водотока оросительных каналов АБК-1 и АБК-2 составили 58 ГВт·ч и 54 ГВт·ч, а расход потока воды составил 220 м<sup>3</sup>/с и 190 м<sup>3</sup>/с соответственно.



**Рис. 5. Графики зависимости расхода воды, энергии водотока к коэффициенту шероховатости оросительного канала**

В качестве критерия оптимальности используется достижение максимального КПД микрогидроэлектростанции:

$$\eta(\beta, Q) = \frac{P_M}{P_K} \rightarrow \max \quad (23)$$

Были приняты следующие условия:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq V \leq 4 \text{ м/с} \\ 0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ \text{ град} \\ a \geq h_t, D_a = 1\text{ м}, D_i = 0,6\text{ м} \\ Q \leq 0,5 \rightarrow a = \frac{D_a}{6} \\ 0,5 \leq Q \leq 1 \rightarrow a = \frac{D_a}{5} \\ Q \geq 1 \rightarrow a = \frac{D_a}{4} \end{array} \right.$$

На рис. 6 представлен алгоритм, разработанный для определения оптимальных параметров водяного колеса. Этот алгоритм позволяет определить оптимальный угол наклона лопастей на выходе из воды, количество лопастей, расход воды, механическую мощность, кинетическую мощность и КПД водяного колеса.

На рисунке 7 приведена кривая зависимости глубины погружения лопасти в воде  $h_t$  от угла наклона лопасти на выходе из воды  $\beta$ . Из рисунка видно, что при угле наклона лопасти на выходе из воды  $\beta = 37^\circ$ , значение погружения лопасти  $h_t = 0,2$  м, что является его максимальным значением.

На рисунке 8 изображена зависимость скорости вращения водяного колеса  $n$  от скорости потока воды  $V$ . Кривая, изображенная на рисунке 4, показывает, что при увеличении скорости потока воды, скорость вращения водяного колеса увеличивается, согласно которому при скорости потока воды  $V = 4$  м/с скорость вращения водяного колеса составляет 40 об/мин.

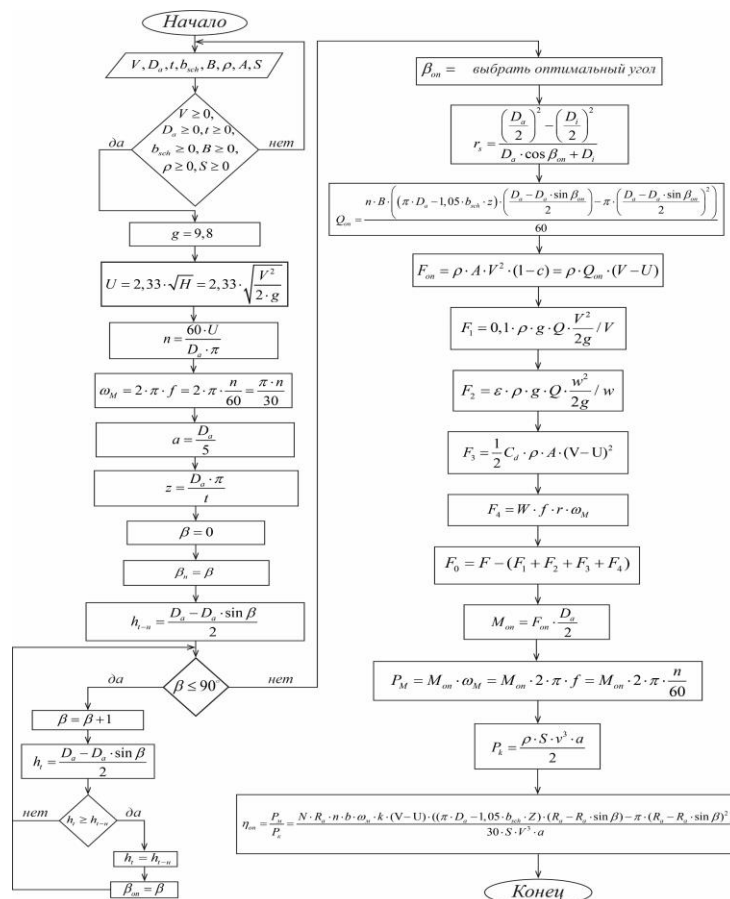


Рис. 6. Алгоритм определения оптимальных параметров водяного колеса

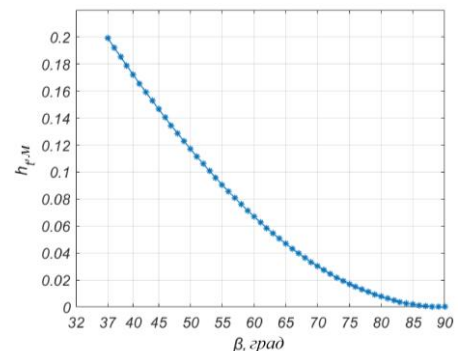


Рис. 7. График зависимости глубины погружения лопасти в воде от угла наклона лопасти

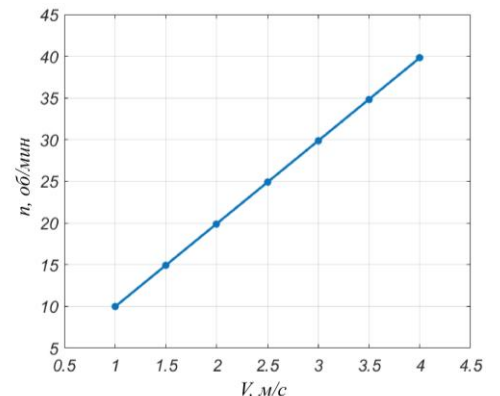
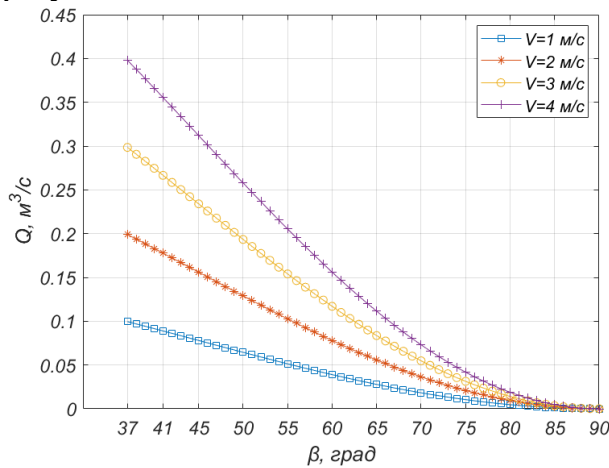


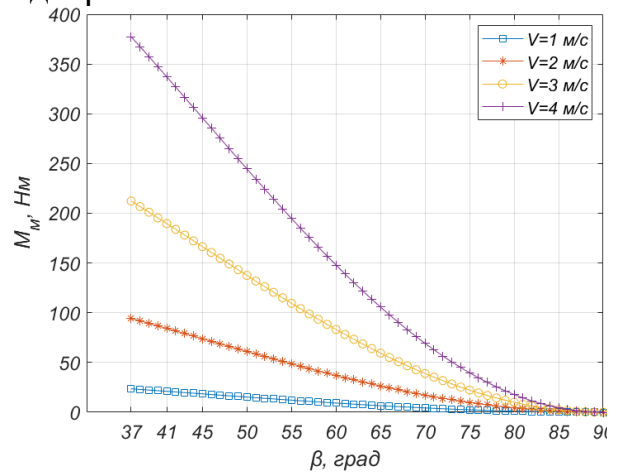
Рис. 8. График зависимости скорости вращения водяного колеса от скорости потока воды

На рисунке 9 показаны кривые, характеризующие зависимость расхода потока воды  $Q$  от угла наклона лопасти на выходе из воды  $\beta$ . Было установлено, что при скорости потока воды 4 м/с и угле наклона лопасти на выходе из воды  $\beta = 37^\circ$ , значение расхода потока воды максимален и составляет  $Q = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ .

На рисунке 10 представлены кривые, показывающие зависимости механического момента от угла наклона лопасти на выходе из воды. Было установлено, что максимальное значение механического момента достигнуто при угле наклона лопасти на выходе из воды  $\beta = 37^\circ$ .



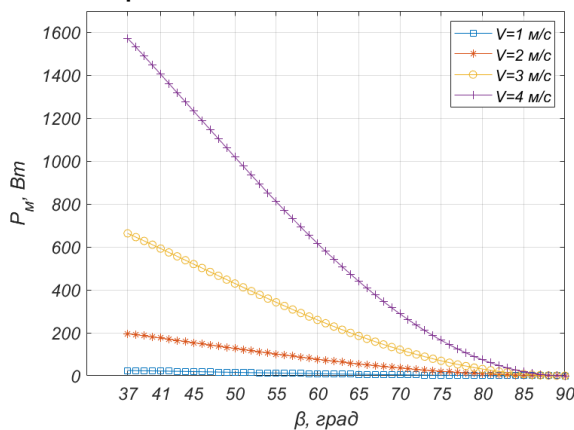
**Рис. 9. Графики зависимости расхода потока воды от угла наклона лопасти на выходе из воды**



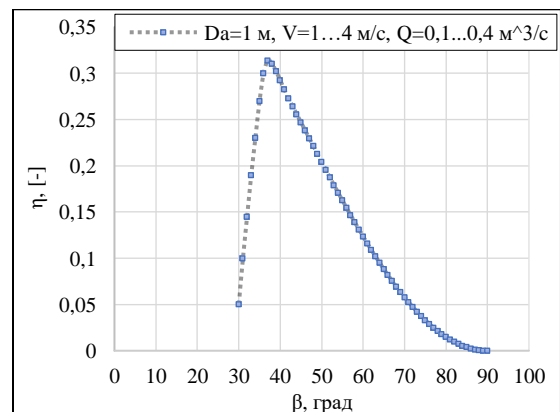
**Рис. 10. Графики зависимости механического момента от угла наклона лопасти на выходе из воды**

На рисунке 11 показаны кривые зависимости механической мощности  $P_m$  от угла наклона лопасти на выходе из воды  $\beta$ . На основании теоретического расчёта максимальное значение механической мощности при угле наклона лопасти на выходе из воды  $\beta = 37^\circ$  составило 1580 Вт.

На рисунке 12 представлена кривая зависимости коэффициента полезного действия водяного колеса от угла наклона лопасти на выходе из воды. Было установлено, что максимальное значение коэффициента полезного действия водяного колеса, определенное при угле наклона лопасти на выходе из воды  $\beta = 37^\circ$ , составил 32%.



**Рисунок 11. Графики зависимости механической мощности от угла наклона лопасти на выходе из воды**

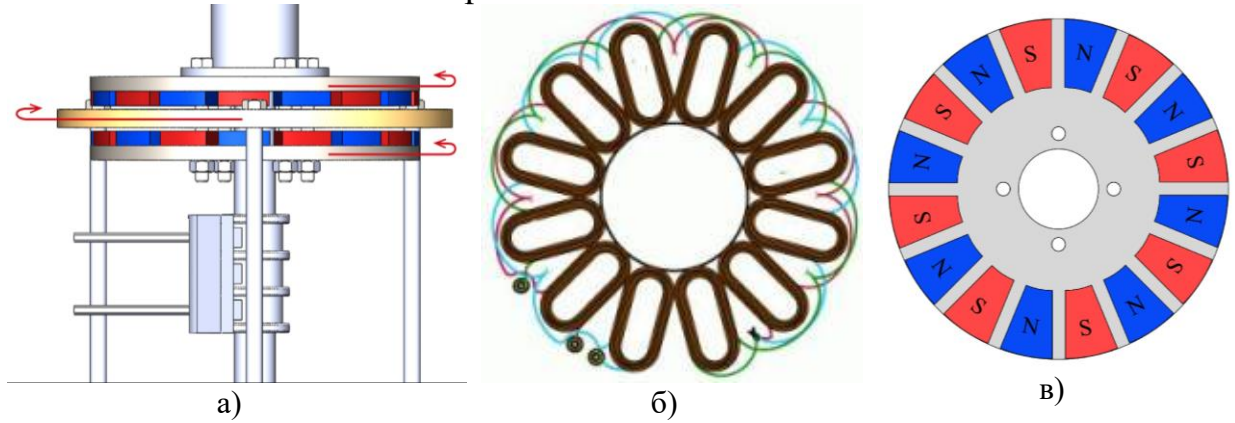


**Рисунок 12. Графики зависимости коэффициента полезного действия от угла наклона лопасти на выходе из воды**



Для повышения эффективности работы гидроэнергетической установки в низконапорных водотоках был разработан тихоходный электрогенератор с постоянными магнитами, якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны.

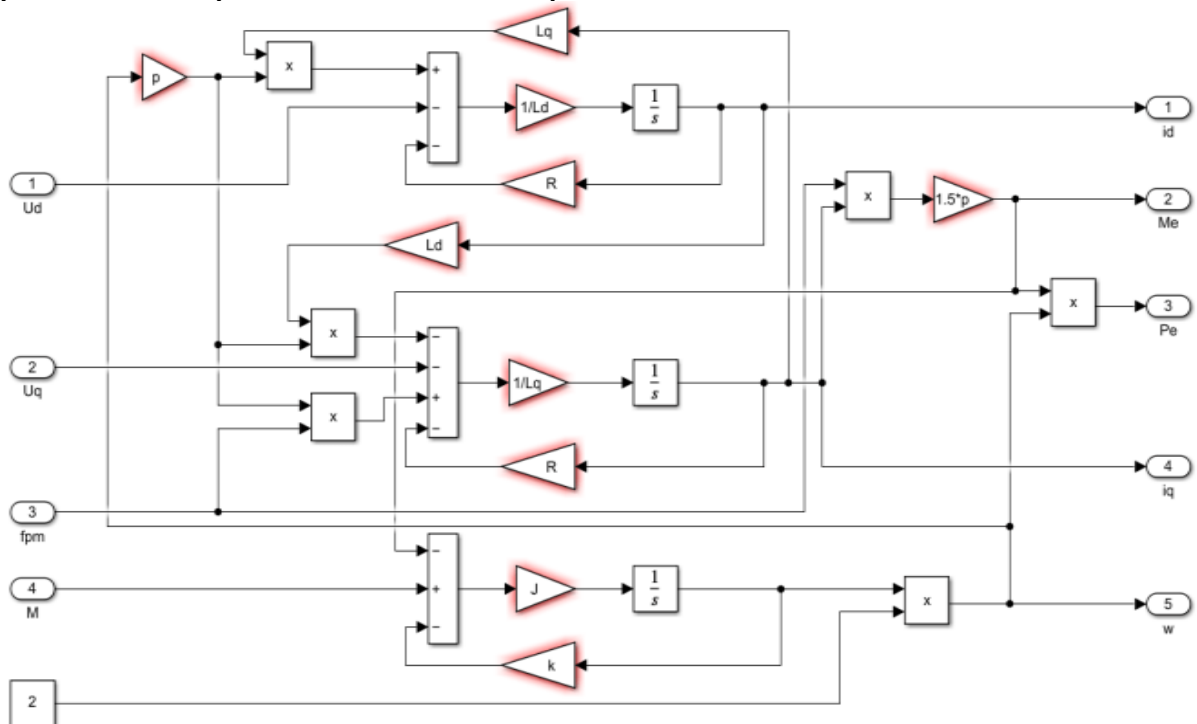
На рисунке 13 (а) показан трехмерный вид электрического генератора, 13 (б) способ подключения обмотки якоря электрогенератора, 13 (в) расположение магнитов на индукторе электрогенератора. Каждая фаза электрического генератора содержит 4 последовательно соединенные катушки соединенные схемой звезда. Индуктор электрогенератора содержит постоянные магниты из 16 пар полюсов.



а - общий вид генератора; б - схема подключения обмотки статора; в - внешний вид ротора генератора

**Рис. 13. Устройство электрогенератора**

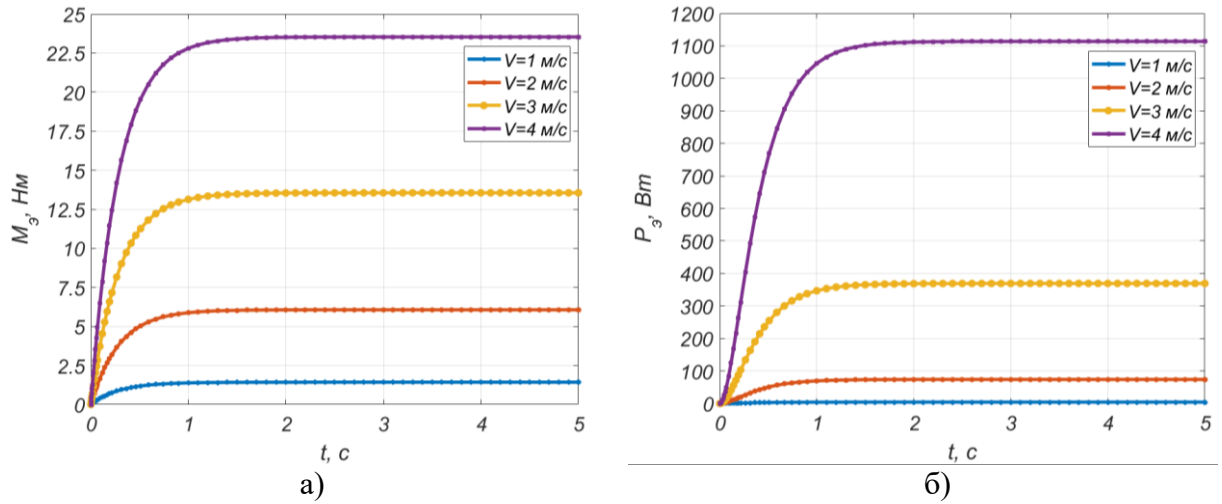
На рисунке 14 представлена разработанная в пакете Matlab/Simulink имитационная модель электрогенератора, якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны.



**Рис. 14. Имитационная модель электрогенератора, построенная в пакете Matlab/Simulink**



На рисунке 15 приведены графики зависимости выходных параметров водяного колеса в динамическом режиме от изменения скорости потока воды в диапазоне 1...4 м/с, взятые при помощи программного обеспечения Matlab/Simulink.

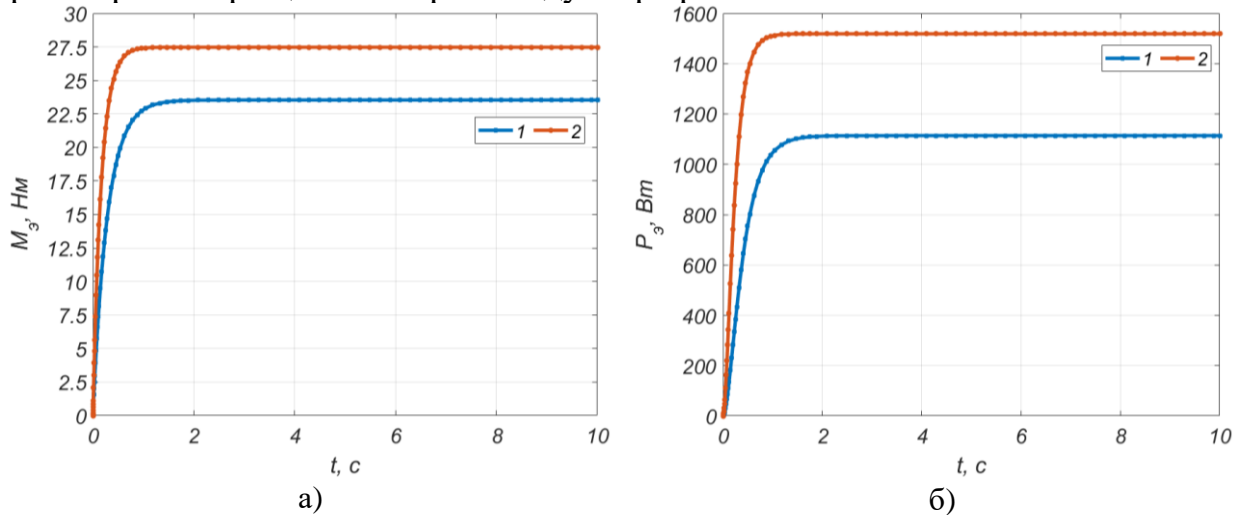


а) механический момент; б) электромагнитная мощность

**Рис. 15. Графики зависимости выходных параметров водяного колеса в динамическом режиме от скорости потока воды**

На рисунке 16 (а) приведен график сравнения значений механического момента двух электрогенераторов. Из графика видно, что при противоположном вращении якоря и индуктора электрогенератора электромагнитный момент увеличился на 20 % по сравнению с неподвижным якорем.

На рисунке 16 (б) представлен график сравнения значений электромагнитной мощности двух генераторов. Также было установлено, что при противоположном вращении якоря и индуктора электрогенератора электромагнитная мощность генератора увеличилась с 1090 Вт до 1530 Вт по сравнению с зафиксированным якорем. Данные результаты были получены при скорости вращения якоря и индуктора равной 400 об/мин.



**Рис. 16. Сравнительные графики выходных параметров двух электрогенераторов в динамическом режиме**

На рисунке 17 (а) представлен процесс измерения скорости потока воды на Куймазарском канале при помощи гидрометрической вертушки ГР-21-М1. На рисунке 17 (б) представлен процесс эксперимента разработанной микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам.



а)

б)

а) измерение скорости потока воды при помощи ГР-21-М1, б) проведение эксперимента разработанной микрогидроэлектростанции

**Рис. 17. Процесс экспериментальных исследований, проведенных на Куймазарском канале**

Многофакторное регрессионное уравнение, определяющее коэффициент полезного действия, имеет следующий вид:

$$Y = 0,7875 - 0,01 \cdot X_1 + 0,00096 \cdot X_2 - 0,77 \cdot X_3 - 0,00032 \cdot X_4 - 26,51 \cdot X_5 \quad (24)$$

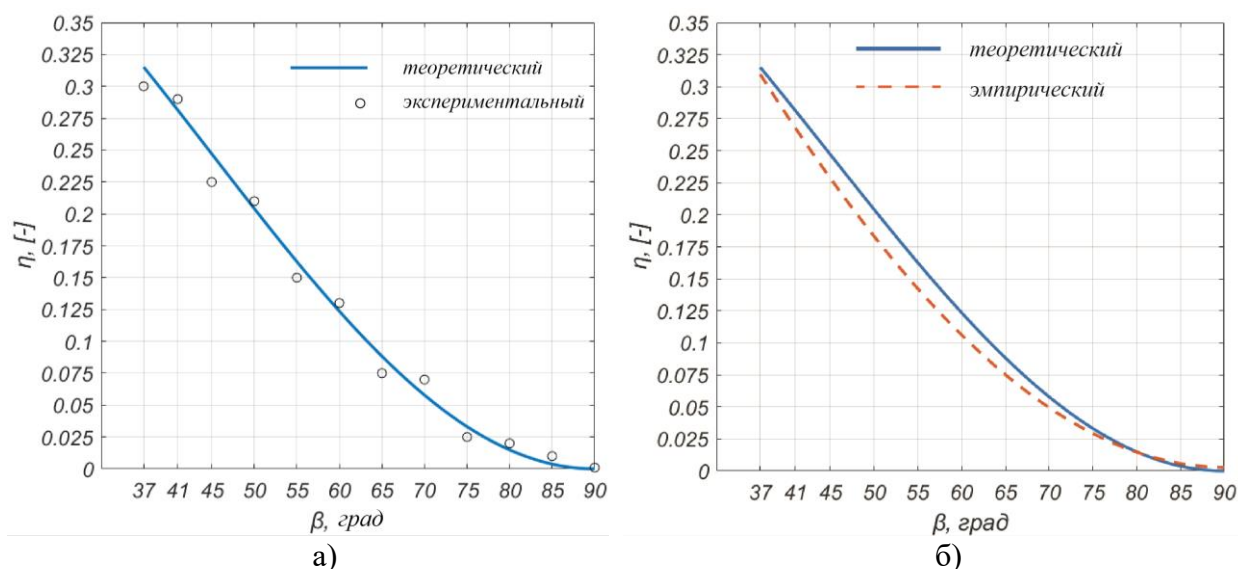
где,  $X_1$ - скорость потока воды,  $X_2$ - скорость вращения водяного колеса,  $X_3$ - угол наклона лопастей водяного колеса,  $X_4$ - количество лопастей,  $X_5$ - толщина лопасти.

Для выражения (24) принимаются следующие начальные условия:

$$1 \leq V_b \leq 4 \text{ м/с}; 0^0 \leq \beta \leq 90^0; Q \leq 0,5 \text{ м}^3/\text{с}; z = 16, b_{sch} = 0,002 \text{ м.}$$

Значимость уравнений регрессии оценивалась с использованием F-критерия Фишера. Сравниваем рассчитанные значения со значениями в таблице. При расчетном значении уровня значимости 0,05 и расчетных значениях степеней свободы  $\gamma_1=84$ ,  $\gamma_2=79$ , установлено что табличное значение Фишера  $F_{табл.} = 1,45$ , больше рассчитанного значения  $F_{расч.} = 0,91$ . Таким образом выполнен критерий адекватности Фишера для полученной нами модели. Относительная погрешность расчета составляет  $\pm 8\%$ .

На рисунке 18 приведены результаты обработки экспериментальных данных, согласно которым на рисунке 18 (а) приведена кривая сравнительного анализа результатов моделирования и экспериментальных данных, на рисунке 18 (б) приведены результаты, полученные с помощью регрессионного уравнения.



а - сравнительный анализ результатов моделирования и экспериментальных данных; б - результаты, полученные с помощью регрессионного уравнения  
**Рисунок 18. Обработка результатов эксперимента**

Для проверки адекватности средних значений двух выборок, сравнения теоретических и экспериментальных результатов коэффициента полезного действия гидроэнергетической установки также был использован критерий Стьюдента. При расчетном значении степени свободы  $k = 166$ , установлено что, расчетное значение Стьюдента  $t_{\text{расч}} = 1,36$ , что меньше табличного значения  $t_{\text{таб}} = 1,98$ .

Отсюда  $t_{\text{таб}} > t_{\text{расч}}$ , следовательно, зависит. Относительная погрешность расчета составляет  $\pm 5\%$ .

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Оценка технико-экономических показателей гидроэлектростанции**», представлены годовые показатели потребления электроэнергии потребителя, результаты оценки технико-экономических показателей, а также экономической и экологической эффективности разработанной микрогидроэлектростанции.

Использование надежных, недорогих гидроэнергетических установок, эффективно работающих в низконапорных водотоках, в свою очередь, увеличивает возможности для обеспечения локальных потребителей электроэнергией.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что разработанная гидроэнергетическая установка эффективно работает в низконапорных водотоках со скоростью потока воды  $1 \dots 4$  м/с, при этом наружный диаметр водяного колеса составляет  $D_a = 1$  м, внутренний диаметр  $D_i = 0,6$  м, количество лопастей  $z = 16$ , оптимальный угол наклона лопастей водяного колеса  $\beta = 37^\circ$ .

**Таблица-2**

**Технические характеристики разработанной гидроэнергетической установки**

Номинальная мощность, Вт	1500
Работа при диапазоне скорости потока воды, м/с	1...4
Скорость вращения электрогенератора, об/мин	30...400
Коэффициент полезного действия, %	32
Напряжение, В	220
Ток, А	1...4
Диаметр водяного колеса, м	1
Ширина установки, м	2
Площадь одной лопасти, м <sup>2</sup>	0,2
Масса, кг	80
Грузоподъемность понтонов, кг	150
Материал лопастей	сталь
Материал водяного колеса	металл
Материал понтонов	сталь

В таблице 3 приведены сравнение технических характеристик разработанной микрогидроэлектростанции и наиболее близкого аналога по своей технической сущности. По результатам сравнения было установлено, что эффективность разработанной микрогидроэлектростанции выше по отношению с близким аналогом при работе в низконапорных водотоках.

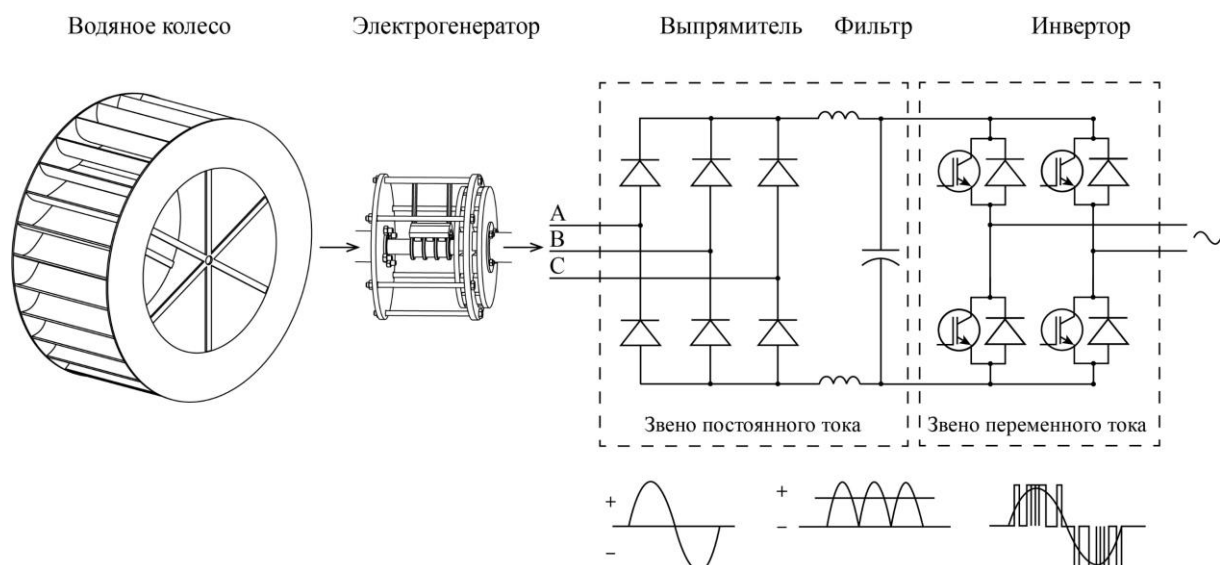
**Таблица-3**

**Сравнение технических характеристик разработанной микрогидроэлектростанции с наиболее близким аналогом**

№	Технические характеристики	Разработанная микроГЭС	Близкий аналог
1.	Номинальная мощность, Вт	1500	1500
2.	Работа при диапазоне скорости потока воды, м/с	1...4	1...4
3.	Скорость вращения водяного колеса, об/мин	30-400	500
4.	Коэффициент полезного действия, %	32	30
5.	Напряжение, В	220 (~)	48 (-)
6.	Ток, А	3,5	30
7.	Диаметр водяного колеса, м	1	1,5
8.	Ширина водяного колеса, м	1,2	1,2

В процессе преобразования механической энергии потока воды микрогидроэлектростанциями, основными показателями качества вырабатываемой электроэнергии являются значения напряжения и частоты. Для стабилизации и регулирования выходных энергетических параметров электрогенератора микрогидроэлектростанции необходимо применение системы управления.

На рисунке 19 представлена схема выработки электроэнергии, состоящая из водяного колеса, вращающегося за счёт механической энергии потока воды, электрогенератора и системы управления, позволяющей получить на выходе качественную электроэнергию напряжением 220 В и частотой 50 Гц.



**Рис. 19. Схема выработки электроэнергии**

В таблице 4 представлены результаты сравнения показателей экономической эффективности при внедрении разработанной микрогидроэлектростанции, бензинового генератора и солнечной электростанции.

**Таблица-4**

**Результаты сравнения экономической эффективности**

Показатели	Разработанная гидроэнергетическая установка	Бензиновый генератор	Солнечная электростанция
Установленная мощность, кВт	1,5	2,2	6,2
Среднее количество вырабатываемой электроэнергии за год, кВт·ч	12000	12000	12000
Балансовая стоимость установки, млн. сум	10	5	87,8
Амортизационные отчисления млн. сум	0,29	0,15	0,4
Затраты на текущий ремонт, млн. сум	0,3	0,15	1,35
Затраты на топливо, млн. сум	-	39,6	-
Эксплуатационные затраты, млн. сум	0,59	39,9	1,75
Стоимость 1 кВт·ч выработанной электроэнергии, сум	50	3325	150

Было установлено, что разработанная микрогидроэлектростанция мощностью 1,5 кВт позволяет сэкономить около 6,6 тонн бензина и предотвращает выбросы в атмосферу более 14,64 тонны углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теоретических и практических исследований по теме диссертации были сформулированы следующие выводы:

1. Разработан алгоритм оценки ресурсов гидроэнергетического потенциала ирригационных каналов Бухарской области, а также получен сертификат программы для ЭВМ. Было установлено, что ресурсы валового гидроэнергетического потенциала низконапорной ирригационной системы Аму-Бухарского канала с изменчивым уровнем потока воды со скоростью в диапазоне 1 ... 4 м/с, составляют 202,4 ГВт·ч.

2. Разработана микрогидроэлектростанция с направляющим поток воды плавучим основанием, лопастями водяного колеса, установленными под оптимальным углом наклона для уменьшения сопротивления на выходе из воды, усовершенствованным электрогенератором, якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны (FAP 01884). В результате создана возможность повышения эффективности (КПД) гидроэнергетической установки до 1,5...2% при работе в низконапорных водотоках.

3. Получены аналитические выражения определения коэффициента полезного действия микрогидроэлектростанции  $\eta$ , адаптированной к низконапорным водотокам, в зависимости от скорости потока воды  $V$ , числа оборотов водяного колеса  $n$ , количества лопастей водяного колеса  $Z$ , расхода потока воды  $Q$ , результирующей силы, действующей на лопасти  $F_{\text{общ}}$ , угловой скорости водяного колеса  $\omega_m$  от угла взаимодействия лопастей с водой  $\beta$ .

4. Угол взаимодействия лопастей с водой  $\beta$ , получен с учетом безударного входа воды в лопастное пространство, при его соприкосновении с поверхностью нижнего бьефа, а также при выходе из воды равен  $37^\circ$ .

5. Определены условия достижения максимального значения коэффициента полезного действия до  $\eta=32\%$  установки с внешним диаметром  $D_a = 1\text{ м}$  и глубина погружения лопасти  $h_t = 0,2\text{ м}$ , согласно которым расход потока воды составляет  $Q=0,1...0,4\text{ м}^3/\text{с}$ , скорость потока воды  $V=1...4\text{ м/с}$ , оптимальное значение угла наклона лопастей, в целях увеличения силы воздействия потока воды на лопасти и уменьшения силы препятствующей лопасти на выходе из воды, составляет  $\beta=37^\circ$ .

6. Создана возможность увеличения объёма выработки электроэнергии в низконапорных водотоках разработанной микрогидроэлектростанции до 20...25%, за счет применения тихоходного электрогенератора, якорь и индуктор которого вращаются в противоположные стороны.

7. Экономическая эффективность при внедрении микрогидроэлектростанции мощностью 1,5 кВт оценивалась по методике «Чистый дисконтированный доход». При этом по отношению к электрической сети чистая приведенная стоимость составила 10,2 млн сум, статический срок окупаемости – 3,39 года, динамический срок окупаемости – 4,19 года.

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

---

**BUKHARA ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**MAMEDOV RASUL AKIF-OGLI**

**DEVELOPMENT OF AN EFFICIENT MICRO HYDRO POWER PLANT  
ADAPTED TO LOW-PRESSURE WATER COURSE**

**05.05.06 - Power plants on the basis of renewable energy**

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



**Texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.3.PhD/T1636 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiya Buxoro muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz)) va “Ziyonet” Axborot ta’lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Sadullayev Nasullo Nematovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:** **Toirov Olimjon Zuvurovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Urishev Bobaraim**  
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 2023 yil “13” 07 soat 9:30 dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225 uy. Tel: (75) 224-02-89, faks: (75) 224-13-95 e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz)).

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

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil “26” 06 kuni tarqatildi.  
(2023 yil “26” 06” kuni) dagi №17 raqamli reestr 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  
**B.Urishev**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshnidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is to develop micro hydro power plants for local consumers adapted to low-pressure watercourses with a variable level of water flow and to substantiate its parameters.

**The tasks of the research:**

assessment of the resources of the hydropower potential of irrigation canals in the Bukhara region and substantiation of the possibilities of using micro hydro power plants;

development and research of a mathematical model describing the dependence of the design dimensions and energy parameters of a micro hydro power plant on the water flow rate;

development of a micro-hydro power plant that operates efficiently on low-pressure watercourses with a variable level of water flow;

development of an algorithm for determining the optimal angle of inclination of the blades at the exit from the water, allowing an increase in the efficiency of a micro hydro power station;

development of the bases for the use of an improved electric generator in a micro hydroelectric power station to ensure reliable and uninterrupted power supply;

determination of technical and economic indicators, assessment of the environmental and economic efficiency of the implementation of the developed micro hydro power plant.

**The object of the research work** is a micro hydro power plant adapted to low-pressure watercourses and its process of technological work.

**Scientific novelty of the research work is as follows:**

a micro hydro power plant has been developed with the possibility of increasing efficiency up to 1.5 ... 2% when operating in low-pressure streams with a variable level of water flow, containing pontoons, a water wheel with blades installed at an optimal angle to reduce the force hindering the exit from the water, an improved electric generator anchor and whose inductor rotates in opposite directions;

a mathematical model was developed for the dependence of the change in the speed and flow rate of the water flow of low-pressure watercourses, the structural dimensions of the micro hydro power plant from the generated power generation and the efficiency of the installation based on geometric electromechanical laws;

software has been developed based on an algorithm that allows determining the optimal angle of inclination of the water wheel blades to achieve the maximum mechanical moment and stable speed of rotation of the water wheel of a micro hydro power plant in conditions with a variable water flow;

an empirical dependence has been obtained that allows determining the power, the amount of electricity generated and the efficiency of a micro hydro power plant designed to operate in low-pressure watercourses, taking into account the water flow rate, the number of blades, the number of revolutions and the optimal angle of inclination of the water wheel blades.

**Implementation of the research results.** According to the results of development, justification of parameters and implementation of a micro hydro

power plant adapted to low-pressure watercourses with a variable level of water flow:

received a patent for a utility model of the Agency for Intellectual Property under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan (No. FAP 01884, 03/07/2022) for a hydropower plant adapted for efficient operation in low-pressure watercourses of rivers and irrigation canals. As a result, it became possible to increase the effective operation of a hydropower plant in low-pressure watercourses up to 1.5 ... 2%;

the design of the electric generator used in a hydropower plant has been improved, the armature and inductor of which rotate in opposite directions (Reference of Uzbekhydroenergo JSC dated October 13, 2022 No. 04-35 / 2854). As a result, reliability and uninterrupted power generation was achieved at a water flow rate of 1...4 m/s, and it also became possible to increase power generation by 20...25%;

micro hydro power plant adapted to low-pressure watercourses with a variable level of water flow, introduced on the farm "BUKHORO CHORVO OMAD", located on the territory of the Bukhara region. As a result, a 1.5 kW micro hydro power plant is capable of generating 12.000 kWh of electricity per year and saving 39.6 million soums per year compared to a gasoline generator, as well as 6.6 tons of natural fuel.

## E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI

### I-bo'lim

1. Садуллаев Н.Н., Бозаров О.О., Мамедов Р.А., Сафаров А.Б., Нематов Ш.Н. Оценка гидроэнергетического потенциала Бухарской области // Научно-технический журнал «Развитие науки и технологий». Бухара, 2020. №3, с. 159-165 (05.00.00; №24)

2. Мамедов Р.А., Садуллаев Н.Н., Сафаров А.Б. Разработка и научное обоснование эффективной работы микроГЭС, адаптированной к потокам оросительных каналов нашего региона // Научно-технический журнал «Развитие науки и технологий». Бухара, 2021. №2, с. 62-68 (05.00.00; №24)

3. Toirov Z., Safarov A.B., Mamedov R.A., Sultonov F.T., Asrorova A.A., Atovullayev D.Q., Shamsiddinov A.Sh. Buxoro viloyati hududida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari tadqiqoti // «Informatika va energetika muammolari». Toshkent, 2021. №5, s. 68-76 (05.00.00; №5)

4. Мамедов Р.А., Узakov Г.Н., Сафаров А.Б., Хатамов И.А. Разработка конструкции и математическое моделирование микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения» Ташкент, 2022. №3, с. 110-130 (05.00.00; №21)

5. Mamedov R.A., Sadullaev N.N., Uzakov G.N., Davlonov Kh.A., Safarov A.B., Khatamov I.A. Experimental Study of a Micro-Hydro Power Plant Adapted to Low Pressure Water Courses // Eurasian Journal of Engineering and Technology. Belgium, 2022. Volume 12, pp. 62-68 (Journal Impact Factor, SJIF 2022: 5.461)

### II-bo'lim

6. Sadullayev N.N., Safarov A.B., Mamedov R.A., Kodirov D. Assessment of wind and hydropower potential of Bukhara region // IOP Con. Series: Earth and Environmental Science 614(2020) 012036 (Scopus, DOI: [10.1088/1755-1315/614/1/012036](https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012036))

7. Мамедов Р.А., Сафаров А.Б., Чарыева М.Р. Анализ зависимости коэффициента Шези при оценке ресурсов гидроэнергетического потенциала оросительных каналов Бухарской области // Научно-технический журнал «Альтернативная энергетика». Карши, 2021. №1, с. 52-60

8. Мамедов Р.А. Разработка методики и математической модели микроГЭС, эффективно работающей в низконапорных водотоках // Научный журнал «Universum: технические науки». Москва, 2022. №4 (97). стр. 66-69 (DOI:10.32743/UniTech.2022.97.4.13507)

9. Мамедов Р.А. Применение микроГЭС в трубопроводе в системе теплоснабжения // «Oliy ta'lim innovatsion faoliyati va faol tadbirkorlik integratsiyasi rivojlanishining muammolari» mavzusida professor-o'qituvchilar, ilmiy izlanuvchilar, magistrilar va talabalarning ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Buxoro, 2019. I –tom, b. 473-474

10. Мамедов Р.А., Мамедова Н.З. Перспективы использования малой водной энергии в Бухарской области // «Oliy ta'lim innovatsion faoliyati va faol tadbirkorlik integratsiyasi rivojlanishining muammolari» mavzusida professor-o'qituvchilar, ilmiy izlanuvchilar, magistrilar va talabalarning ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Buxoro, 2019. I –tom, b. 475-476
11. Садуллаев Н.Н., Мамедов Р.А. Типы и основные энергетические параметры гидравлических турбин микроГЭС для оросительных каналов на территории Бухарской области // Материалы международной научной конференции «Инновационные решения инженерно-технологических проблем современного производства». Бухара, 2019. II-том, б. 357-359
12. Мамедов Р.А. Расчеты ресурсов валового гидроэнергетического потенциала Аму-Бухарского канала однотоочным и двухтоочным методами // Международная научно-техническая конференция: «Тенденции развития альтернативной и возобновляемой энергетики: проблемы и решения». Ташкент, 2021. с. 202-209
13. Mamedov R.A., Sadullayev N.N., Safarov A.B., Rajabova G.J. Hidroenergetik qurilma // O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Foydali modelga patent «№ FAP 01884»
14. Mamedov R.A., Sadullayev N.N., Safarov A.B., Rajabova G.J. Sug'orish kanallarining gidroenergetik resurslar salohiyatini baholash // EHM dasturi «№ DGU 12577»
15. Mamedov R.A., Sadullayev N.N., Safarov A.B. Suv charxpalagi parraklarining optimal burchagini aniqlash // EHM dasturi «№ DGU 16394»
16. Mamedov R.A., Sadullayev N.N., Safarov A.B. Suv charxpalagining foydali ish koeffitsiyentini aniqlash // EHM dasturi «№ DGU 16518»
17. Мамедов Р.А., Садуллаев Н.Н., Тоиров З., Сафаров А.Б. Разработка рекомендаций по применению водяных колес в условиях ирригационной системы Аму-Бухарского канала // Научно-технический журнал «Узбекгидроэнергетика». Ташкент, 2022. №1 (13). с. 59-61
18. Мамедов Р.А. Узиков Г.Н. Оценка технико-экономических показателей микрогидроэлектростанции, адаптированной к низконапорным водотокам // Международная научно-практическая конференция «Энергообеспечение АПК». Москва, 2022 с. 235-240
19. Мамедов Р.А. Анализ гидроэнергетических установок, эффективно работающих в низконапорных водотоках // Общеведомственная научно-практическая конференция на тему: «Роль альтернативных источников энергии в развитии отрасли энергетики». Наманган, 2022. с. 173-175
20. Safarov A.B. , Davlonov H.A., Mamedov R.A., Chariyeva M.R., Kodirov D. Design and modeling of dynamic modes of low speed electric generators for electric power generation from renewable energy sources // AIP Conference Proceedings 2686(2022):020013 (Scopus, DOI:[10.1063/5.0111646](https://doi.org/10.1063/5.0111646))



