

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIYDARAJALAR BERUVCHI
PhD.04/30.04.2021.T.111.04 RAQAMLI BIR MARTALIK
ILMIY KENGASH**

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TURSUNOV FERUZ YULDASHEVICH

**SUG‘ORISH NASOS STANSIYALARI KASKADLARINING
ISHONCHLILIGI VA XAVFSIZLIGINI OSHIRISH
(Qarshi magistral kanali misolida)**

05.09.06 – Gidrotexnika va melioratsiya qurilishi

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi
AVTOREFERATI**

Qarshi – 2025

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

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

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

Tursunov Feruz Yuldashevich

Sug‘orish nasos stansiyalari kaskadlarining ishonchliligi va xavfsizligini oshirish (Qarshi magistral kanali misolida)..... 5

Турсунов Феруз Юлдашевич

Совершенствование надежности и безопасности каскадов ирригационных насосных станций (на примере Каршинского магистрального канала)..... 23

Tursunov Feruz Yuldashevich

Improving the reliability and safety of cascades of irrigation pumping stations (using the example of the Karshi main canal)..... 43

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ
Listof published works..... 46

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIYDARAJALAR BERUVCHI
PhD.04/30.04.2021.T.111.04 RAQAMLI BIR MARTALIK
ILMIY KENGASH**

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TURSUNOV FERUZ YULDASHEVICH

**SUG‘ORISH NASOS STANSIYALARI KASKADLARINING
ISHONCHLILIGI VA XAVFSIZLIGINI OSHIRISH
(Qarshi magistral kanali misolida)**

05.09.06 – Gidrotexnika va melioratsiya qurilishi

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi
AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzasi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.I.PhD/T4525 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Qarshi davlat texnika universiteti bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyumi)) ilmiy kengashining veb-sahifasida (www.kstu.uz) hamda "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portali (www.ziyounet.uz) manzillariga joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Xujaqulov Rustam texnika fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Glovatskiy Oleg Yakovlevich texnika fanlari doktori, professor Rashidov Jaloliddin Ibodullayevich texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Yetakchi tashkilot:	Toshkent arxitektura-qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi davlat texnika universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD-04/30.04.2021.T.111.04 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil 28 - 10 kuni soat 15:00 da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy). Tel.: (998-75)221-09-23, e-mail: admin@kstu.uz).

Dissertatsiya bilan Qarshi davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (15 - raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy). Tel.: (998-75)221-09-23 Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil 16 - 10 kuni tarqatildi.

(2025-yil 16 - 10 da) 3/R raqamli resurs baxoromomasi).



S.S.Eshev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

Sh.A.Latipov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengash kotibi, t.f.f.d., dotsent

A.A.Yangiyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda irrigatsiya tizimlari nasos stantsiyalari kaskadlari ishonchliligi va xavfsizligini oshirish uchun yangi zamonaviy texnika vositalari va tejamkor texnologiyalarni qo‘llash yetakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida “...rivojlangan mamlakatlarda nasos stantsiyalari ishiga salbiy ta’sir etuvchi omillarni bartaraf etish, energiya va resurslar tejamkorligiga erishish, suv yetkazib berish texnologik jarayonini boshqarishning zamonaviy usullaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi”¹ Keyingi yillarda iqlim o‘zgarishi sababli ayniqsa, transchegaraviy daryolarda suv sarfi va suv sathi kamayib ketayotganligi sug‘orish nasos stantsiyalari kaskadlarining ishonchliligi va xavfsizligini oshirishni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan sug‘orish nasos stantsiyalari kaskadlarini ekspluatatsiya holatining samaradorligi hamda ishonchliligini oshirish, kaskadli mashina kanallarida loyihalash, qurilish jarayoni va ulardan samarali foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda ishonchlilik nazariyasi iqtisodiy masalalar bilan bog‘liq holda tizim va qurilmalarning ishonchliligi muammolarini hal qilish, ko‘plab elementlardan iborat o‘rganilayotgan ularning ishonchliligini oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlarni ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada ishonchliligini baholamasdan turib turli qurilmalarni loyihalash, ish sharoitlarini aniqlashtirish, xizmat muddatini oldindan baholash va xavfsizlik kafolati darajasini aniqlashning afzalliklarini hisobga olishga imkon bermaydi Nasos stantsiyalarining gidrotexnika inshootlarini ishlatish tajribasi shuni ko‘rsatadiki, daryodan to‘g‘onsiz suv olish, turli suv tashlash inshootlari, kanallarni suv dimlash inshootlari bilan kesishmalari butun majmuaning ishlash qobiliyatiga katta ta’sir o‘tkazadi. Shunga ko‘ra, kaskadning ishonchliligi birinchi navbatda kanal bosh qismidagi suv o‘tkazish inshootlariga bog‘liq bo‘ladi. Shu boisdan muhandislik inshooti bo‘lgan sug‘orish nasos stantsiyalari kaskadlarini ishonchliligini oshirishga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikamizda hozirgi paytda sug‘orish tizimlari nasos stantsiyalari kaskadining ishonchliligi va xavfsizligini oshirish borasida ularni chidamliligini oshirish, xizmat muddatini uzaytirish, ishdan chiqishdan bo‘ladigan iqtisodiy zararlarni minimal darajaga tushirish bo‘yicha keng miqyosdagi chora-tadbirlar amalga oshirilib, zamonaviy innovatsion rivojlanishning talablariga mos keladigan ishlanmalarni yaratishyuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, shu jumladan “...Suv resurslarini boshqarish tizimini tubdan isloh qilish va suvni iqtisod qilish bo‘yicha alohida

¹ Irrigation Pumping Plants. Irrigation National Engineering Handbook. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Washington, 2016, 206 pp

davlat dasturini amalga oshirish”² bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan, ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, ishonchli tizimlar, inshootlar va uskunalarni yaratish ishonchlilik nazariyasining asosiy mavzusi sifatida qayd etilgan holda, nasos stansiyalarining ishonchliligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlarni prognoz qilish va ishlab chiqishda foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasining 2023-yil 30-avgustdagi “Gidrotexnika inshootlari xavfsizligi to‘g‘risida”gi O‘RQ-865–sonli Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PF-6024-son “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi, 2021-yil 6-apreldagi PF-6200-son “Suv resurslaridan foydalanish sohasida davlat boshqaruvi va nazorat tizimini yanada takomillashtirish hamda suv xo‘jaligi ob‘ektlari xavfsizligini ta‘minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmonlarida belgilangan vazifalarni hayotga tatbiq etishga hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur ilmiy-tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III. “Energetika, energiya va resurslarni tejash” va V. “Qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Sug‘orish nasos stansiyalari kaskadlarining ishonchliligi va xavfsizligini oshirish muammosi bo‘yicha xorijiy tadqiqotchilardan Ya.Karelin, V.F.Chebaevskiy, O.N.Pomerantsev (Rossiya), Hans-Werner Hans-Verner Zinna, Gulich J.F. (Germaniya), Kansal M.L., Kumar A., Sharma P.B. (Polsha), Jong-Woong Choi, Chan W.K.; Vong Y.V., Xu V. (Xitoy), Estevam, V., França F.A., Alhanati (Braziliya), Jerar Bois (Fransiya), B. Dhillon (Ottava. Kanadadagi mashinasozlik bo‘limi), Ch. Singx (Universitet Texas, AQSh) va boshqalar, respublikamizdan esa O.Arifjonov, M.R.Bakiev, D.R.Bozorov, M.M.Mamajonov, M.M.Muhammadiyev, F.J.Nosirov, B.M.Shokirov, O.Ya.Glovatskiy, R.O.Ochilov, B.U.Urishev, B.R.Uralov, R.R.Ergashev, I.U.Qurbonov, A.A.Yangiyeu (O‘zbekiston) kabi olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Qarshi kanali boshqarmasining 25/2021-son “Qarshi magistral kanali nasos stansiyasini suv bilan ta‘minlash sohasida mavjud jarayonlarni sozlash va tuproq ishlaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish” (26.08.2021 y. 25/2021-son xo‘jalik shartnomasi) va “Qarshi magistral

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 28-fevraldagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”“Insonga e‘tibor va sifatli ta‘lim yili”da amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi PF-27-sonli Farmoni.

kanalining 1-sonli nasos stansiyasini suv bilan ta'minlash sohasidagi joriy jarayonlarni baholash hamda tuproq inshootlari va nasos stansiyasi agregatlaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish" mavzusidagi loyihaning ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Qarshi magistral kanali nasos stansiyalarini foydalanish davridagi ishonchliligi va xavfsizligini mavjud holatini baholash va ularni oshirishni asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilar:

nasos stansiyaning joriy texnik holatini o'rganish va ularning ishonchliligi va xavfsizligi muammosi turli jihatlarini tahlil qilish;

mexanik suv ko'tarish tizimining bir nechta elementlarini takroriy sinovdan o'tkazish tartibini asoslash;

Qarshi magistral kanali nasos stansiyasi asosiy jihozlarning ish rejimlarini ishonchliligi o'rganish.

mexanik suv ko'tarish tizimining ekspluatatsion ishonchliligini nazariy baholash va nasos stansiyaning ishonchliligi va xavfsizligini oshirish zarurligini asoslash;

Tadqiqotning ob'ekti sifatida Qarshi magistral kanali (QMK)ning nasos stansiyalari olingan.

Tadqiqotning predmeti bo'lib, Qarshi magistral kanali misolida sug'orish nasos stansiyalarining ishonchliligi va xavfsizligi, ularni pasaytiruvchi va oshiruvchi omillar, nasos stansiyalari samaradorligini oshirish muammolari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Sug'orish nasos stansiyalarining ishonchliligi miqdoriy ko'rsatkichlari ishonchlik nazariyasi va matematik statistikaga asoslanib aniqlandi, gidrotexnikada qabul qilingan umumiy qonuniyatlar, matematik modellash, nazariy va tajriba tadqiqotlari o'tkazishda ISMITning "Nasos stansiyalari va gidroenergetika" ilmiy laboratoriyasi hamda TIIQXMMI MTUning "Nasos stansiyalari va gidroelektr stansiyalar" kafedrasida ishlab chiqilgan metodikalardan foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Qarshi magistral kanali nasos stansiyalari kaskadi uchun ularni ishlash davomiyligini bashorat qilish imkonini beradigan Kaoru Isikava va Pareto diagrammalari ta'sir etuvchi omillar tahlili va nasos stansiyasi asosiy jihozlarning ish rejimlari ishonchliligini inobatga olib ishlab chiqilgan:

sug'orish nasos stansiyalaridagi ishdan chiqishlar haqidagi statistik ma'lumotlar va ularga ishlov berish asosida nasos stansiyalari jihozlari va inshootlarining ishonchliligi va xavfsizligini miqdoriy ko'rsatkichlarini aniqlash usullari nasos agregatlari texnik holatini hisobga olib takomillashtirilgan;

Qarshi magistral kanali nasos stansiyalarida ishdan chiqmasdan ishlash davri va ishonchlik ko'rsatkichlari o'rtasida tizimning jihozlari va inshootlari ko'p elementli ekanligini inobatga olgan holda bog'liqlik o'rnatilgan;

gidravlika bloklarining muhim tarkibiy qismlarini tebranish holatini baholash, tebranish me'yorlarini aniqlashtirish va xarakterli xususiyatlari asosida uskunaning

shikastlanishining asosiy turlarini bashorat qilish usullari nasos agregatlarida vibratsiya sinovlari natijalarini hisobga olib takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

statistik ma'lumotlarni tahlil qilish avariya jarayonlarining qonuniyatlarini baholashga, ishonchlilik ko'rsatkichlarining miqdoriy qiymatlarini va buzilish oqimlarining xususiyatlarini aniqlashga imkon bergan;

nasoslarning ish rejimini yomonlashtiradigan, ularning samaradorligini pasaytiradigan va sezilarli yo'qotishlarga olib keladigan alohida jihoz elementlarining FIK yaxshilash usullari ishlab chiqilgan;

agregatning quyi oqimdagi suv sathiga nisbatan noto'g'ri joylashishi, mexanik va gidravlik nomutanosiblik va oqim qismida oqimning geterogenligi tufayli tebranish kuchayishining asosiy sabablari bartaraf etilgan;

oqim tezligi $40 \text{ m}^3/\text{s}$ atrofida bo'lgan va o'xshash analog nasoslar ko'rsatkichlardan 3-4 baravar yuqori dunyodagi yetakchi nasoslar qatoriga kiradigan QMK NS kaskadining ishlashini tekshirish uchun elementlarni tanlash parametrlarga asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi umumiy qabul qilingan tadqiqot usullaridan foydalanib, olingan amaliy ma'lumotlarda tasdiqlanganligi va eksperimental hamda nazariy natijalarni solishtirilganligi, shuningdek, eksperimentlar natijasi ushbu ilmiy muammo bo'yicha boshqa tadqiqotchilar olgan natijalar bilan qiyoslanganligi, tadqiqotlar natijasini ishlab chiqarishga joriy qilinishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi umumiy qabul qilingan tadqiqot usullaridan hamda olingan amaliy ma'lumotlarda tasdiqlanganligi, tajriba natijalari mazkur tadqiqot yo'nalishidagi boshqa mualliflar olgan natijalari bilan taqqoslanganligi va tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqotning ilmiy ahamiyati nasos stansiyaning joriy texnik holatini o'rganish va ularning ishonchliligi va xavfsizligi muammosi turli jihatlarini tahlil qilingani, mexanik suv ko'tarish tizimining bir nechta elementlarini takroriy sinovdan o'tkazish tartibini asoslangani, Qarshi magistral kanali nasos stansiyasi asosiy jihozlarining ish rejimlarini ishonchliligini o'rganilgani, mexanik suv ko'tarish tizimining ekspluatatsion ishonchliligini nazariy baholash va nasos stansiyaning ishonchliligi va xavfsizligini oshirish zarurligini asoslangani bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati statistik ma'lumotlarni tahlil qilish avariya jarayonlarining qonuniyatlarini baholashga, ishonchlilik ko'rsatkichlarining miqdoriy qiymatlarini va buzilish oqimlarining xususiyatlarini aniqlashga imkon berishi, nasoslarning ish rejimini yomonlashtiradigan, ularning samaradorligini pasaytiradigan va sezilarli yo'qotishlarga olib keladigan alohida jihoz elementlarining FIK yaxshilash usullari ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Qarshi magistral kanali misolida sug'orish nasos stansiyalari kaskadlarining ishonchliligi va xavfsizligini oshirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

nasos stansiyalari ishonchliligi va xavfsizligini oshirish bo'yicha olingan tadqiqot natijalari Qarshi magistral kanalidan foydalanish boshqarmasi (QMK FB) tomonidan joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligining 05.06.2025 y.dagi 02/19-2517-sonli ma'lumotnomasi). Natijada kaskadlarning ishonchliligi va xavfsizligini umumiy holatda 7-10 % gacha oshirish imkoni yaratilgan;

ishonchlilikni oshirish va energiyani tejash maqsadida keltiruvchi va mashina kanalida suv yuzasi nishabligini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar berilgan va nasos stansiyalarning keltiruvchi kanalda suv oqimining harakatini ifodalovchi matematik model va "Mashinali suv ko'tarish tizimi ob'ektlari ishonchliligini baholash uslublari" nomli dasturi QMK FB tomonidan joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligining 05.06.2025 y.dagi 02/19-2517-sonli ma'lumotnomasi). Natijada mashina kanalining 20 kmli uchastkasida elektr energiyasini tejash, QMK nasos stansiyasini suv bilan ta'minlash 5-7 % ga oshishi imkoni yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 8 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 nomdagi ilmiy ish, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop qilish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, shundan 1 tasi xorijiy va 5 tasi respublika jurnallarida chop etilgan. Muallif tomonidan hammualliflikda yaratilgan "Suv yo'lini suzib yuruvchi oqiziqlardan himoya qiluvchi qurilma"sga O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi "Intellektual mulk markazi" davlat muassasasining IAP 2024 0694 raqamli talabnoma asosida ixtiroga 8088 raqamli patenti olingan (O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reyestrda 09.06.2025-yilda ro'yxatdan o'tkazilgan).

"Mashinali suv ko'tarish tizimi obektlari ishonchliligini baholash uslublari" nomli dasturi uchun O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 14.10.2024-yilda DGU 43239-raqamli guvohnoma berilgan, muallif tomonidan tayyorlangan 2 ta ilmiy tavsiyanoma Amu-Qashqadaryo irrigatsiya tizimlari havza boshqarmasi tomonidan amaliyotga joriy qilish uchun qabul qilingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, to'rtta bob, xulosa va tavsiyalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 110 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan; fan va texnologiyalarning ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi ko'rsatilgan, O'zbekistonda va jahonda olib borilgan tadqiqotlar asosida muammoning o'rganilganlik darajasi yoritilgan; tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekti va predmeti aniqlangan; tadqiqotning usullari, ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan; olingan natijalarning ishonchliligi, ilmiy va amaliy ahamiyati asoslab berilgan; tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilgani, e'lon qilingani, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning birinchi bobi **“Sug‘orma nasos stansiyalarining ishonchliligi va xavfsizligini baholash tahlili”** deb nomlanadi va nasos stansiyalarining asosiy uskunalari va inshootlarining ishonchliligi va xavfsizligi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar tahlilini o‘z ichiga oladi.

Gidrotexnika inshootlarining ishonchliligi, sug‘orma nasos stansiyalarining ishonchliligi va xavfsizligini baholash hamda ularni oshirish, nasos stansiyalarini foydalanish davridagi samaradorligini yaxshilash, nasos agregatlarining konstruktsiyalari va hisoblash usullarini takomillashtirish bo‘yicha nazariy va amaliy tadqiqotlar quyidagi olimlarning ishlarida yoritilgan: xorijiy olimlar Mirtsxulava Ts.E. (Gruziya), Pan Yun (Xitoy), Balzannikov M.I., Beglyarov D.S., Vissarionov V.I., Elistratov A.N., Karelin V.Ya., Kosichenko Yu.M., Natalchuk M.F., Pomerantsev O.N., Richagov V.V., Stepanov A.I., Solnishkov V.A., Shulman S.G., Chebayevskiy V.F. (Rossiya) va b.q., respublikamizda M.R.Bakiyev, D.R.Bozorov, O.Ya.Glovatskiy, M.Mamajonov, E.J.Maxmudov, I.E.Maxmudov, M.M.Mirsaidov, J.I.Rashidov K.D.Salyamova, M.M.Muhammadiyev, F.J.Nosirov, K.D.Salyamova, T.Z.Sultonov, B.R.Uralov, B.U.Urishev, B.Xamdamiyev, V.V.Xegay, O‘.Xusanxo‘jayev, R.Xujakulov, X.Fayziyev, B.M.Shokirov, R.R.Ergashev, A.A.Yangiyev va boshqalar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Sug‘orish nasos stansiyalarining ishonchliligi va xavfsizligi muammosi turli jihatlarini baholash tahlili shuni ko‘rsatadiki, xorijiy ekspertlar suv yo‘qotishlarining ko‘payishi va gidrotexnik inshootlarning nosozligi sabablarini quyidagicha tasniflashadi: bosimli quvurlar asoslari tufayli 40 %, suv o‘tkazgichlar sig‘imi yetarli emasligi 23 %, bosimli quvurlar konstruktsiya elementlarining mustahkam emasligi 12 %, boshqa sabablar 25 % tashkil etar ekan.

Barcha inshootlarni, shu jumladan nasos stansiyalarni ham ishonchliligini baholamasdan turib ularni ish sharoitlarini aniqlashtirish, xizmat muddatini oldindan baholash yoki xavfsizlik darajasini aniqlab bo‘lmaydi. Mexanik suv ko‘tarish tizimlarida ishonchlilik va xavfsizlik parametrlarini o‘rganish nasos agregatlari ishlamay qolganda ekspluatatsiya xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi. Statistik ma’lumotlarni tahlil qilish avariya jarayonlarining qonuniyatlarini baholashga, ishonchlilik ko‘rsatkichlarining miqdoriy qiymatlarini va ishdan chiqish oqimlarining xususiyatlarini aniqlashga xizmat qiladi. Ushbu masalalar Qarshi magistral kanali sug‘orish nasos stansiyalarida yetarli darajada o‘rganilmagan.

2018-2023-yillar davomida QMK ekspluatatsiya ma’lumotlarini statistik qayta ishlash shuni ko‘rsatdiki, o‘rnatilgan nasos agregatlarining hech biri energiya, gidravlik yoki mexanik sabablarga ko‘ra tasodifiy nosozliklarsiz kalendar yili davomida ishlamagan.

QMK nasos stansiyalarining ishdan chiqish ehtimoli quyidagi jadvalda keltirilgan. (1-jadval).

2023-yilda NS bloklarining ishlamay qolishi ehtimoli o‘tgan yillardagidan yuqori, chunki nosozliklarga olib keladigan gidravlik noxush hodisalar ulushi kamaygan (0,51). Bu yil 2018-2023-yillar uchun umumiy ishonchlilik reytingini hisoblashda hisobga olingan:

$$P(A) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3); \quad (1)$$

$$P(A_0) = 1 - P(A) \quad (2)$$

bunda A_0 - NS muammosiz ishlashi; A_1 - gidravlik nosozliklar; A_2 - mexanik nosozliklar; A_3 - energetik nosozliklar.

1-jadval

QMK nasos stansiyalarining ishdan chiqish ehtimoli

Yil	2018				2019				2020			
	muammosiz ishlash	gidravlik nosozliklar	mexanik nosozliklar	energetik nosozliklar	muammosiz ishlash	gidravlik nosozliklar	mexanik nosozliklar	energetik nosozliklar	muammosiz ishlash	gidravlik nosozliklar	mexanik nosozliklar	energetik nosozliklar
	0,04	0,51	0,41	0,24	0,07	0,46	0,40	0,17	0,08	0,49	0,41	0,17
Yil	2021				2022				2023			
	0,1	0,47	0,36	0,19	0,25	0,49	0,38	0,18	0,35	0,51	0,37	0,19

Suv yo‘qotishlari, gidroabraziv eskirishi va uning elementlari va quvurlarining kavitatsion eroziyasi ta’siri ostida nasos bosimining o‘zgarishi parametrlar mahsuloti sifatida ifodalanishi mumkin.

$$H(t) = H_T(t) \cdot \eta_{o6}(t) \cdot \eta_k(t) \cdot \eta_0(t), \quad (3)$$

bunda $H_T(t)$ - funktsiyadagi nazariy bosim t , m;

$\eta_{o6}(t)$ - funktsiya sifatida nasosning FIK t ;

$\eta_k(t)$, $\eta_0(t)$ - funktsiya sifatida nasos va quvurlarning FIK t .

Mexanik suv ko‘tarish tizimlarining ekspluatatsion ishonchliligini nazariy baholashda kerakli ishonchlilikni ta’minlash muammosini mahalliy hal qilish usullari bilan aniq bir qator muammolarga aylantirishga asoslangan tizim tahlilidan foydalaniladi. Shu bilan birga, tizim elementlarining texnik darajasiga qo‘yiladigan miqdoriy talablardan kelib chiqqan holda, muammo tuzilmaganlar toifasidan rasmiylashtirilganlar toifasiga o‘tkazildi, uni matematik vositalar yordamida hal qilish mumkin.

Dissertatsiyaning “Nasos stansiyalari kaskadidan foydalanish texnologiyasi ishonchliligining mezon qiymatlarini baholash” deb nomlangan **ikkinchi bobida** mexanik suv ko‘tarish tizimlarining ko‘plab elementlarini sinovdan o‘tkazishning takroriy tartibini asoslash amalga oshirilgan.

2-jadvalda elementlarining mavjudligi ehtimolining yuqori va quyi baholari qiymatlari keltirilgan. Yuqori chegara bahosi r yuqori ehtimolliklarda kichikroq xatolikni beradi, pastki chegara esa nolga yaqin r ehtimollarida kichikroq xatolikni beradi.

Eng yaxshi pastki baholanish quyidagicha topiladi:

$$\underline{h}_{.jy} = \max \{ r_1 r_3 r_5, r_2 r_3 r_4, 1 - (1 - r_1 r_4)(1 - r_2 r_5) \}. \quad (4)$$

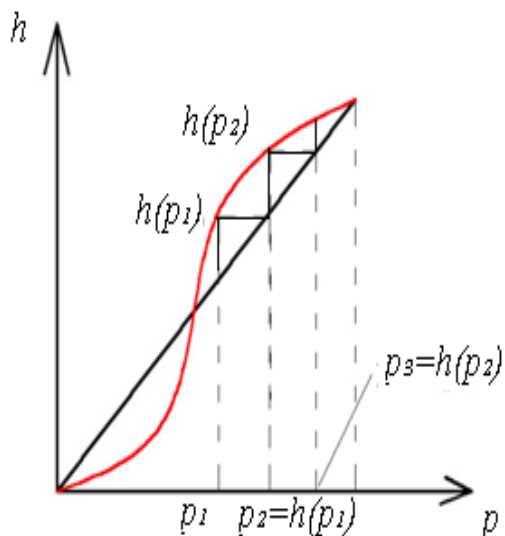
Mumkin bo‘lgan yuqori chegaralar shaklga ega

$$\bar{h}_{.jy}^{(1)} = 1 - q_1 q_3 q_5, \bar{h}_{.jy}^{(2)} = 1 - q_2 q_3 q_5, \quad (5)$$

Elementlarning ishonchliligi parametrlarini baholash qiymatlari

r	$\underline{h}_{\Theta\Pi}$	$\bar{h}_{\Theta\Pi}$
0,01	0,0535	0,0002
0,1	0,0026	0,021
0,5	0,430	0,569
0,9	0,978	0,932

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, agar boshlang‘ich element $p^{(1)} = 0,5$ xarakteristikaga ega bo‘lsa, u holda har qanday miqdordagi takroriy tizimni qurish tizimning ulanish ehtimolini o‘zgartirmaydi: qurilish jarayonining istalgan bosqichida u bir xil 0,5 ga teng bo‘ladi.



1-rasm. $h(p)$ funksiyaning takroriy tuzilishi uchun ishonchlilik ko‘rsatkichi.

Agar element $p^{(1)} > 0,5$ qiymat bilan xarakterlansa, unda bunday elementdan chekli miqdordagi takrorlashda ulanish ehtimolining istalgan berilgan qiymatiga ega bo‘lgan natijaviy tizimni qurish mumkin.

Mexanik suv ko‘tarish tizimlari ob‘ektlarining ishonchliligini baholashning aniqligini oshirish usullarini ko‘rib chiqayotganda, ushbu ko‘rsatkichni qamrab oluvchi ishonch oralig‘ining kengligini va ishonchlilik ostida olingan natijaning ishonch ehtimoli tushuniladi.

Ishonch oralig‘i statistik bahoning to‘g‘riligini, ishonch ehtimoli esa uning ishonchliligini tavsiflaydi.

Ishdan chiqish ehtimolini baholash uchun ishonch oralig‘i usulidan foydalanish mumkin bo‘lgan xatoni baholashga va ehtimollik o‘zgarishi chegaralarini ko‘rsatishga imkon beradi $P(t, \Delta t)$.

Kam miqdordagi tajribalar bilan ishdan chiqish darajasi ($Q = \frac{n}{m}$),

bunda N -ishdan chiqishlar soni, m - tajribalar soni tasodifiy o‘zgaruvchidir.

Baholashning to‘g‘riligini tavsiflash uchun baholashning standart xatosi σ_x ishlatiladi. Natija $x + \sigma_x + a_x$ shaklda taqdim etiladi, bu yerda x taxminiy σ_x ning X parametridan mumkin bo‘lgan chetlanishining kattalik tartibini baholaydi.

3-jadvalda qiymatlarni belgilashda m uchun minimal qabul qilinadigan qiymatlar ko‘rsatilgan $\Delta I \delta_2 = Q_B - Q_H$, bu yerda Q_B va Q_H - mos ravishda, yuqori va pastki ishonch chegaralari.

Amaliy hisob-kitoblar uchun ishonch koeffitsientining qiymati odatda 0,9-0,95 oralig‘ida tanlanadi. Bu chegaralar kerakli natijalarni ta‘minlash uchun topilgan; 95 % ishonch chegaralari yuqori aniqlikni talab qilmaydigan ma‘lumotlar uchun foydalidir.

Tekshiriluvchi elementlarning ruxsat etilgan minimal soni

n	$\Delta I_{0,95} = 0,20$	$\Delta I_{0,95} = 0,10$	$\Delta I_{0,95} = 0,05$
0	14	29	58
1	21	45	90
2	27	57	113
2	27	57	113
3	31	67	150

Ekspluatatsiya paytida ob'ektning ishonchliligidagi o'zgarishlarni bashorat qilish va to'satdan nosozliklar yuz berganda uning chidamliligini optimallashtirish quyidagi bog'liqliklar yordamida amalga oshiriladi:

$$P_1(T) = \exp\left[\left(\frac{T}{T_{cp}} + I\right) \ln(I - Q_n) - \frac{T}{T_{cp}}\right], \quad (6)$$

bunda $P_1(T)$ - ob'ektning nosozliksiz ishlashi ehtimoli;

T – joriy ekspluatatsiya vaqti;

T_{yp} - o'rtacha nosozliksiz ishlash vaqti;

Q_n - ekspluatatsiya boshida ob'ektning ishdan chiqishi ehtimoli.

Katta kaskadlarning ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblashda nosozliklar sabablarini tahlil qilish ekspluatatsiya xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Ishonchlilikni oshirish bo'yicha chora-tadbirlar ekspluatatsiya tajribani to'plashga asoslangan bo'lishi kerak.

Dissertatsiya bir nechta turli yo'naltirilgan daraxtlar nazariyasini o'rganadi, i-yo'naltirilgan daraxt muvaffaqiyatsiz bo'lmasligi tasodifiy hodisani tavsiflaydi. Ushbu hodisa i-yo'naltirilgan daraxtning barcha tugunlari ishlayotganida sodir bo'ladi. QMK ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblashda nosozliklar sabablarini tahlil qilish uchun daraxtlar nasos agregatlarining ishdan chiqishi uchun Kaoru Isikava va Pareto sxemalariga muvofiq ko'rib chiqildi (2-rasm).

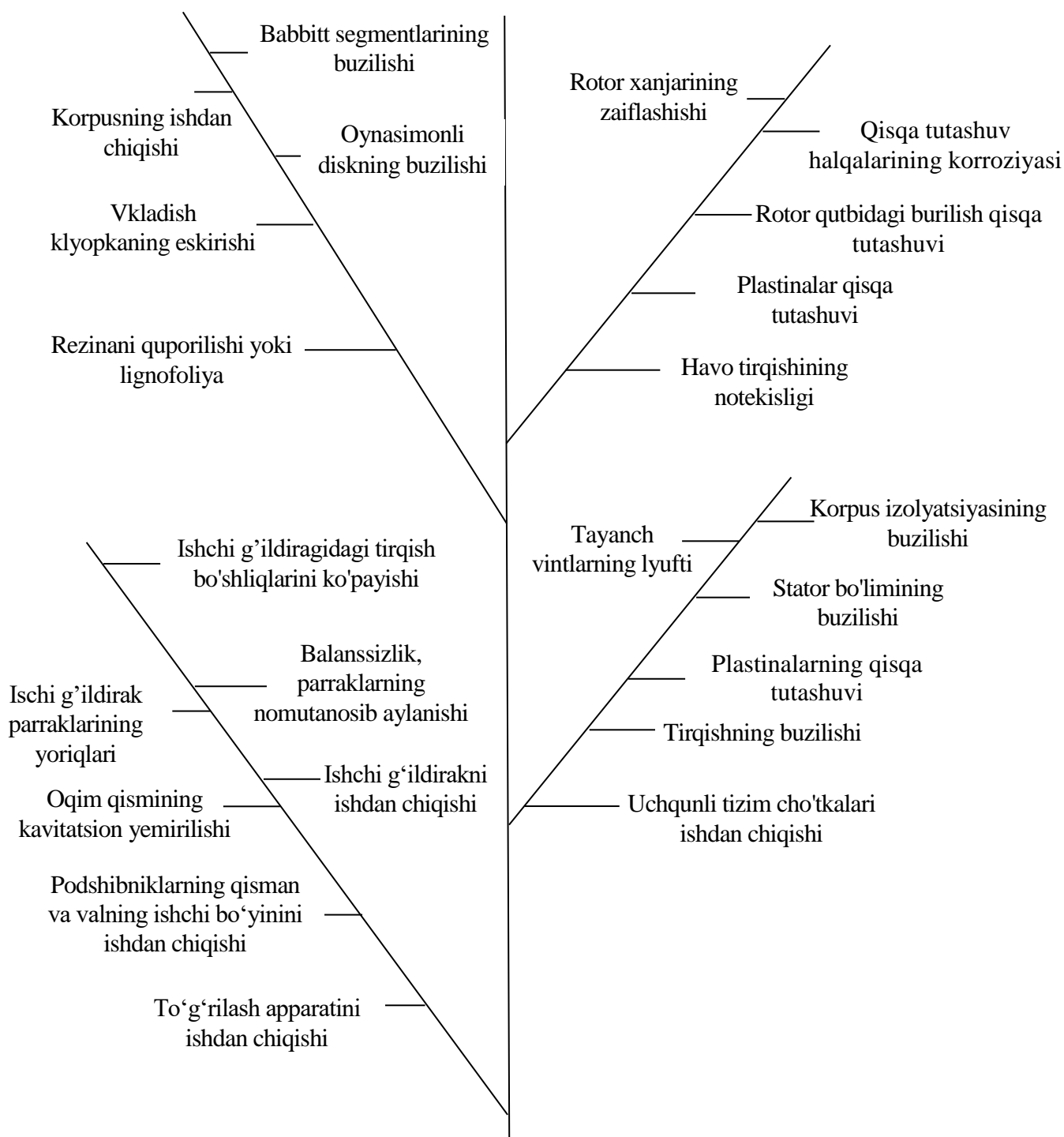
Nasos agregatlarida ishdan chiqishlar sodir bo'ladigan joylashuvi bo'yicha tahlil qilingan (1-rasm)da ularning eng ko'p ko'rsatgichi ya'ni 95 % nasosning mexanik qismida sodir bo'lishi aniqlandi. Agregatning eng "zaif" elementlari esa ishchi g'ildirak va podshipniklar ana shu yerda joylashgan.

Dissertatsiyaning **“Qarshi magistral kanali nasos stansiyalari kaskadining foydalanish davridagi ishonchliligini baholash”** deb nomlangan **uchinchi bobida** QMK kaskadining to'liq hajmdagi ishlab chiqarish sinovlari natijalari keltirilgan.

Gidrotexnika inshootlarini ekspluatatsiya qilish tajribasi shuni ko'rsatadiki, Amudaryodan to'g'onsiz suv olish, turli oqimlar, kanalning ajratuvchi inshootlar bilan kesishmasidagi inshootlar kabi agregatlarning ishonchliligi va texnik holati butun majmuaning ishlashiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Shuning uchun kaskadning ishonchliligi birinchi navbatda bosh qismining suv ta'minoti tuzilmalariga bog'liq.

Kanalning texnik holatidagi o'zgarishlarga undan suvning filtratsiyaga yo'qotishlari ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Eng katta kaskadlarning ta'minot

kanali holatini o'rganish shuni ko'rsatdiki, kanallarning geometriyasi eroziya, cho'kindi va sun'iy tozalash tufayli sezilarli o'zgarishlarga uchraydi.



2-rasm. Nasos agregatlarining ishdan chiqishi uchun Ishikava sxemasi.

2022-2023 yillarda QMK kaskadi Qarshi dashti va boshqa yerlarni sug'orish uchun yiliga 4,2-4,4 milliard m³ suv yetkazib berdi. Belgilangan suv ta'minoti hajmini ta'minlash kaskadning bosh qismini ishlatishda sezilarli qiyinchiliklar bilan bog'liq. Texnologik nuqtai nazardan, QMKning suv ta'minoti kaskadning suv ta'minotining texnik imkoniyatlari va Talimarjon suv omborini to'ldirish

darajasi bilan belgilanadi, bu esa o'z navbatida kaskadning ishonchli ishlashiga ham bog'liq.

4,5-jadvallarda QMK ekspluatatsiya ma'lumotlari keltirilgan. Cho'kmalarning umumiy hajmini 80 % bahor-yoz davriga to'g'ri keladi (aprel-avgust). Cho'kindining fraksion tarkibida kichik (gil, loy) fraksiyalarning solishtirma og'irligi 75...80 %, diametri 0,05 mm dan ortiq qum fraksiyalari - 20...25 % ni tashkil qildi. Cho'kmaning hajmiy og'irligi 1,2 t/m³ ga teng.

Rekonstruksiyaning 1-bosqichidan keyin ta'minot kanalining ekspluatatsiya davrida turli vaziyatlar uchun bosh nasos stantsiyasining maksimal oqimini hisoblash natijalari 6-jadvalda keltirilgan.

Kaskadni ishlash jarayonida 1-nasos stantsiyasi (1-NS) ekspluatatsiyasini qiyinlashtirishga olib keluvch kanal geometriyasining me'yordagiga nisbatan sezilarli darajada o'zgarishi qayd etildi va bu o'z navbatida Amudaryoda suv sathi pasaygan holatda suv olish grafigi buzilishi xavfini tug'diradi. Kanalning mavjud geometriyasi 95 % ta'minlangan suv sathida 1-NS 102,5 m³/s dan ortiq suv sarfi bera olmaydi, so'nggi yillarda suv berish grafigi esa 160 m³/s gacha suv sarfi yetkazib berishni talab qilmoqda.

Kanallarda cho'kindilarga qarshi kurash quyidagi tarzda amalga oshiriladi:

- sug'orish manбайдan kanallarga oqib keladigan cho'kindi miqdorini kamaytirish;

4-jadval

Suv hajmiga nisbatan QMK ekspluatatsiya ma'lumotlari

Yillar	Ko'p yillik		2022 y.		2023 y		Farq (+,-)	
	Amudaryodan keladigan suv hajmi, mln m ³	Iste'mol qilingan elektr energiyasi million kVt/soat	Amudaryodan keladigan suv hajmi, mln m ³	Iste'mol qilingan elektr energiyasi million kVt/soat	Amudaryodan keladigan suv hajmi, mln m ³	Iste'mol qilingan elektr energiyasi million kVt/soat	Amudaryodan keladigan suv hajmi, mln m ³	Iste'mol qilingan elektr energiyasi million kVt/soat
yanvar	318	182	264	163	154	97	-110	-66
fevral	307	169	300	168	307	183	+7	+15
mart	367	166	360	169	375	166	+15	-3
aprel	393	180	416	191	411	185	-5	-6
may	439	234	437	254	422	260	-15	+6
iyun	443	226	456	226	447	241	-9	+15
iyul	475	221	422	208	482	227	+60	+19
avgust	435	216	348	214	396	210	+48	-4
sentyabr	336	194	259	174	270	161	+11	-13
oktyabr	292	151	267	142	294	154	+27	+12
10 oylik	3805	1939	3529	1909	3558	1884	+29	-25
noyabr	279	135	312	159				
dekabr	296	165	192	107				
Jami:	4380	2239	4033	2175				

tarkibida zararli bo'lgan yoki sug'orish yerlariga olib o'tish imkoniyati bo'lmagan cho'kindilarni tindirgichlarda to'plash, keyinchalik ularni mexanizmlar yordamida olib tashlash;

QMK va shu kabi yirik kanallarga to'g'onsiz suv olishda suv olish nuqtalari tindirgich vazifasini ham o'taydi va shu bois ham tezda loyqa bosadi. Kanalni suv

o'tkazish qobiliyatini saqlab qolish uchun esa katta miqdorda mablag' va mexanizmlar talab qilinadi;

to'g'onsiz suv olish joylarida cho'kindilarga qarshi kurashda daryo o'zanini hozirgi holatini hisobga olish, ishlab chiqarish tadqiqotlarini o'tkazish va ular asosida keltiruvchi kanalning bosh qismiga zararli cho'kindilarning oqimini kamaytirish bo'yicha mavjud takliflarni aniqlashtirish va yangi takliflarni ishlab chiqish kerak.

5-jadval

QMK kirish kanalining cho'kindi va cho'kindi tozalash hajmi to'g'risidagi ma'lumotlar

Yillar	Kanalda qolgan cho'kindi		Kanalga kiradigan cho'kindilar		Tozalangan cho'kindilar	
	m ³	tn	m ³	tn	m ³	tn
2018	10131105	12663881	9446681	11808351	6716610	8395753
2019	8617921	10772401	11369434	14211793	6412682	8015853
2020	9670743	12088429	12850400	16063000	5845295	7306619
2021	9585785	11982231	11485963	14357454	8117516	10146895
2022	9442147	11802684	19711477	24639346	10142301	12677876
2023	10742832	134288540	23131175	28913969	8926059	11157574
09.2024 yilgacha	15743747	19679684	19012356	23765445	6888399	8610499

6-jadval

1-Nasos stantsiyasining ish rejimi

Suv olish belgisi (shartli)	Kanalning maksimal suv o'tkazishi, m ³ /s	Nasoslar soni, dona	Nasosning maksimal oqimi m ³ /s	Stantsiyaning umumiy ta'minoti, m ³ /s	Nasosning oqimi, m	Ishchi g'ildiragi parraginging o'rnatish burchagi	Ishchi g'ildiraginging chuqurligi $\nabla VBHB$, m
43,0	145,0	5	29	145,0	19,74	-6,5 ⁰	-3,5
	145,0	4	32	128,0	19,35	-5 ⁰	
43,4	172,0	5	32	160,0	19,74	-4,5 ⁰	
43,6	201,0	5	32	160,0	19,18	-5 ⁰	
44,0	236,0	5	32	160,0	18,45	-6 ⁰	
43,6	176,0	5	34,0	170,0	19,51	-4 ⁰	
44,0	215,0	5	35,0	165,0	18,67	-4 ⁰	-4,5
42,0	68,5	2	34,25	68,5	18,13	-5 ⁰	
44,0	190,0	5	37,0	185,0	19,29	-2,5 ⁰	

Tadqiqotlarimiz asosan Amudaryodan QMKga to'g'onsiz suv olish inshootida olib borildi. Ma'lumki, Amudaryo o'z o'zanini tez-tez o'zgartirib turuvchi daryolar qatoriga kiradi. Daryodan ko'p sonli sug'orish kanallariga suv olishda, kanalning bosh qismini tez loyqa bosishi va cho'kishi tufayli qator qiyinchiliklar kelib chiqadi. Yilning sersuvligiga qarab, har yili magistral kanalga loyqaligi 5 kg/m³ gacha bo'lgan oqim kiradi. Yillik cho'kindi miqdori 8 tonnadan 12 million tonnagacha bo'lishi kuzatildi.

Tadqiqotlarni olib borish davomida daryo o'zanini rostdash va uni tubini chuqurlashtirish, daryodan suv olish bosh uchastkasida va keltiruvchi kanalda, uning bosh qismida kamroq tub oqiziqalar bilan suv olishni amalga oshirish, suv olish sharoitlarini sezilarli darajada yaxshilash chora-tadbirlari taklif qilindi.

Ishonchlilikni oshirish va energiyani tejash maqsadida keltiruvchi va mashina kanalda suv yuzasi nishabligini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar berildi va bunga

keltiruvchi kanalning suv o'tkazish qobiliyatini oshirish orqali erishiladi. Loyihaviy hisob-kitoblarga ko'ra, mashina kanalining 20 kmli uchastkasida uning nishabligini 0,00015 dan 0,0001 gacha o'zgartirish yiliga 18,0 mln kVt/soat elektr energiyasini tejash imkonini berar ekan.

Bundan tashqari, agregatlar suv dimlanishi holatida kavitatsiyasiz rejimda ishlashi kuzatildi. Masalan, kaskad 1980-yildan 2000-yilgacha vegetatsiya (iyun, iyul, avgust)davrida jadallashgan rejimda ishlagan va bunda suvning loyqaligi 9 kg/m^3 yetganligi aniqlangan, natijada loyqa cho'kindi miqdori maksimal darajaga yetganligi qayd etilgan.

Hozirgi vaqtda ishonchlilik nazariyasining matematik usullari keng qo'llanilmoqda. Ammo, ekspluatatsiya qilinayotgan meliorativ tizimlardagi matematik modellar ularni yetarli darajada aniqlik bilan qo'llash mumkin emasligini ko'rsatdi.

Barcha mavjud nazariyalar va ishonchlilik mezonlari adekvat va quyidagi sifat xususiyatlarini aniqlashga asoslanadi.

Ob'ektlar soni (N_0) ko'p bo'lganda ishdan chiqmaslik ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$P(t) = \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{\frac{t}{\Delta t}} n_i}{N_0} \approx \int_t^{\infty} f(t) \cdot dt, \quad (7)$$

bunda N_0 - ekspluatatsiya boshlanishida ishlaydigan agregatlar soni;

$n_i - \Delta t$ intervalda ishdan chiqqan agregatlar soni;

$t - 0 \dots t$ oraliqda ishdan chiqish ro'y bermasligining shartsiz ehtimoli aniqlanadigan vaqt (ishdan chiqish $t \dots \infty$ oraliqda yuz beradi deb qaraladi)

Ishdan chiqish ehtimoli, ya'ni ekspluatatsiyaning berilgan shart-sharoitida agregatlarning ish soatlarida kamida bitta ishdan chiqish hodisasi sodir bo'lishi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q(t) = 1 - P(t) - 1 - \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{n(t)}{N_0}, \quad (8)$$

bunda $n(t)$ - t vaqt oralig'ida ishdan chiqqan agregatlar soni.

Bajarilgan hisoblar natijasida, QMK da ekspluatatsiya qilinayotgan ishlash davomiyligi 2 ming soatdan kam bo'lmagan o'qiy nasoslar uchun $Q(t)=0,30$ qiymati olindi, bu esa nasoslarning 30 % 2 ming soat ishlamasidan ishdan chiqadi degan xulosani beradi. Ammo, yirik nasos agregatlarning ekspluatatsiya tajribasi shuni ko'rsatadiki, bir yil davomida (6...7 ming soat ichida) ishdan chiqmasdan ishlash ehtimoli nolga teng bo'lar ekan (ya'ni, har bir nasos hech bo'lmaganda yuqorida keltirilgan sabablarga ko'ra kamida bir marta ishdan chiqadi). Bu esa ularning ishonchliligini baholashning yangi mezonlarini izlab topishni talab qiladi, chunki biz bajargan vaqt intervalini kamaytirish taklifi ham ekspluatatsion xodimlarni qoniqtiradigan muayyan ishga aniqlik kiritmaydi.

Dissertatsiyaning **“Qarshi magistral kanali nasos stansiyalari ishlash rejimi ishonchliligini tadqiq qilish”** deb nomlangan to'rtinchi bobida nasos

stansiyalarining asosiy inshootlari, tizimlari va jihozlarning texnik holati o'rganish bo'yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Agar tadqiqot ob'ekti ko'p sonli va ishdan chiquvchi sezilarli miqdordagi elementlar soni ko'p bo'lsa, ishdan chiqish ehtimoli aniqlanadi:

$$P_c = \frac{n \cdot \sigma}{m \cdot k} \quad (9)$$

va nazariy ehtimollikka yaqinlashishi:

$$P_T = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \ell \frac{(t_i - T_x)^2}{2\sigma^2} \quad (10)$$

Keltirilgan ifodalarni o'zgartirib, ixtiyoriy t_i vaqt oralig'ida, tadqiqot qilingan va ishdan chiqqan n_i elementlarni σ^2 va T_x larni hisoblash uchun quyidagi matematik bog'liqlikka ega bo'lamiz:

$$\sigma^2 = \frac{\lg \cdot \ell [(t_4^2 - t_3^2) \cdot (t_2 - t_1) - (t_2^2 - t_1^2) \cdot (t_4 - t_3)]}{2 \left[\lg \frac{P_3}{P_4} (t_2 - t_1) - \lg \frac{P_1}{P_2} \cdot (t_4 - t_3) \right]}, \quad (11)$$

$$T_x = \frac{\lg \cdot \ell \cdot (t_2^2 - t_1^2) - 2 \lg \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \sigma^2}{2 \lg \cdot \ell (t_2 - t_1)}, \quad (12)$$

bunda $P = \frac{n_1 \cdot \sigma}{m_1}, \dots, P_4 = \frac{n_4 \cdot \sigma}{m_4}$

m_1, m_2, m_3, m_4 – mos ravishda 1-, 2-, 3- va 4-vaqt davomida tadqiq qilingan elementlar soni;

t_1, t_2, t_3, t_4 – 1-, 2-, 3- va 4- vaqt davomida tadqiq qilingan elementlarning xizmat qilish muddati.

Inshootlar holatining haqiqiy parametrlarini aniqlash uchun foydalanish darajasi va uning eskirish darajasiga qarab ob'yektning keyingi ekspluatatsiyasi uchun shart-sharoit koeffitsienti qabul qilinadi.

Keyingi paytlarda Mirishkor kanali yordamida, 5-NS, 6-NS dagi nasos agregatlarini o'chirish orqali QMK ga suv yetkazib berish rostdlab turilmoqda. Talimarjon suv omborini to'ldirish uchun 7-NS ga suv etkazib berish ishonchligi ularning texnik holatiga bog'liq.

Ushbu stansiyalarning asosiy jihozlari va inshootlarini tavsiflari ularni tadqiqot davomida aniqlashtirilgan holda ko'rsatilgan Kadastr pasporti 7-jadvalda keltirilgan.

Rejimni o'rganish elektrprivodlar holati tufayli oqim nazorati nasos xususiyatlarini qurishga imkon bermaydi. Sinovlarda qatnashgan to'rtta agregat uchun hisoblangan o'rtacha oqim 32,2 m³/s ni va sinov paytida NS ning umumiy oqimi 128,8 m³/s ni tashkil etdi (8-jadval).

Har bir gidroagregatning ishonchlilik darajasini oshirish uchun uning asosiy tarkibiy qismlarini ishlashi haqida kerakli ma'lumotlarni talab qilinadi. Xususan, bu agregatlarning tebranish (vibratsiya) holatini nazorat qilishga qaratilgan.

Gidroagregatlarning asosiy tuzilmalari (krestovina, podshipniklar, turbina qopqog‘i, stator)ni tebranishlari oshib borishi biriktirilgan joylari zaiflashishi, metall charchoqligi va payvand choklarini buzilishi, podshipniklarning haddan tashqari qizib ketishi hisobiga qurilmaning ekspluatatsiya xususiyatlari yomonlashuviga olib keladi.

7-jadval

Parametrik sinovlar natijalari

Nasos stansiya binosining turi, nasosga suv kelish tipi		Blokli Tirsakli kirish, qayrilgan so‘ruvchi quvur
Suv olish manbai		Qarshi magistral kanali – bosh qismi (Amudaryo), 4-NS
Nasos stantsiyasiga suv berish	Hisobiy, m ³ /s	175 (normal);195(forsirlangan)
	Haqiqiy, m ³ /s	128.8 (4x ON holatida ishlashda sinov vaqtida)
Ko‘tarish balandligi (geodezik napor) m	Loyihaviy	17,58
	Haqiqiy	27,02
Nasos stantsiyasining manometrik bosimi (m)	Loyihaviy	22,38
	Haqiqiy	27,55
NS o‘rnatilgan quvvati, MVt		75
Suv uzatish bo‘yicha ishonchlilik kategoriyasi		II

Asosiy nasosning markasi, tupi		OPIB 10-260 ЭГ- 2 dona, OB10-260 – 4 dona
Nasosning suv yetkazib berish qobiliyati, m ³ /s	Loyihaviy	35
	Haqiqiy	32,2
Manometrik napor, (m)	Loyihaviy	24
	Haqiqiy	27,55
Aylanishlar soni, ay/daq		250
Kavitatsiya zaxirasi (yoki IG‘ni minimal suvga ko‘milishi), m		“VNII Hidromash” tavsiyalariga muvofiq 7 m; amalda qabul qilingan - 8,45m
Nasosning foydali ish koeffitsenti, %	Loyihaviy	84%
	Amalga oshirilgan parametrik sinovlarga asosan, haqiqiy	82,7%, kapital ta'mirdan keyin ishga tushirishda

8-jadval

Agregatlarning nazorat sinovlari natijalari

Agregat raqami	Yo‘qotishlar yig‘indisi, m	Oqim, M	Berilishi, M ³ /s	Quvvat, kVt	NS FIK, %	Agregatlar rejimi
1	1,09	28,11	32,7	11240	82,7	1+2+3+5
2	1,06	28,08	32,2	11043	82,8	1+2+3+5
3	1,05	28,07	32,0	10984	82,7	1+2+3+5
5	1,04	28,06	31,9	10906	83,0	1+2+3+5

Ishlab turgan nasos agregatlari va naporli quvurlarda tebranuvchanlik (vibratsiya)ni o‘lchash ishlari olib borildi. Bundan maqsad tebranuvchanlik qiymati va ishlab turgan agregatlarning bosimli quvurlarga ta’sir darajasini aniqlash edi.

Bunga agregatlarni ishlash jarayonida yuzaga keladigan tebranishlarning amplitudasi va chastotasini o‘lchash orqali erishildi. Tebranishlar raqamli yuqori chastotali 24 kanalli ISN-O 1-24 stansiya tipidagi uch komponentli seysmometr yordamida o‘lchandi va u tebranishlarning dinamik diapazoni 110 dB va 0,01 dan 1000 Gst gacha bo‘lgan chastota diapazonini qamrab olish imkoniyatiga ega. Tebranish (vibratsiya)ni umumiy darajasini Fluke-805 rusumli vibrometr bilan ham o‘lchash bajarildi, ushbu qurilma chastota diapazoni 4000 dan 20 000 Gst gacha tashkil etadi.

Napor quvuridagi tebranish amplitudalarining o‘zgarishi grafiklarini tahlili napor quvurlarida tebranish amplitudasi o‘zgarishi har xil xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Naporli quvur bo‘ylab yuqoriga ko‘tarilishda tebranish to‘lqini uzunligini uning davomiyligi oshishi bilan ortib borish tendentsiyasi kuzatildi. Tebranish amplitudasining nisbatan katta qiymatlari birinchi va beshinchi naporli quvurlarda, amplitudaning maksimal qiymatlari ortib borishi esa yuqori uchastkada qayd etildi

Tebranishlar (vibratsiya) diagnostikasi sinovlari natijalarini tahlil qilish eng chekkadagi № 1 va № 5 agregatlar tebranishlarga nisbatan xavfli ekanligini ko‘rsatdi. Vallarning urilish (tebranishlari) o‘lchovlari bu xulosalarni tasdiqladi

O‘lchov natijalariga ishlov berilgandan so‘ng, №1 agregatda valning maksimal urilishi (tebranish) qiymati - 0,061 mm; № 2 agregatda - 0,061 mm; № 3 agregatda - 0,228 mm; № 5 agregatda - 0,483 mm ni tashkil etdi.

Tadqiqot dasturiga muvofiq sinovlar 1-nasos stantsiyasi (NS)ning uchta agregatida o‘tkazildi. Amaldagi ish rejimiga ko‘ra (pastki va yuqori b‘eflarning suv sathi o‘zgarganda har xil suv uzatuvchi uchta agregat), sinovlar uchun 300 BO-37/26 II tipidagi yangi agregat (nasos agregati №3) va ikkita OIB 11-260 tipidagi agregatlar (nasos agregatlari №2,6) tanlangan, ularning parametrlari 9-jadvalda keltirilgan.

Tebranuvchanlik tezligining 2...1000 Gts chastota diapazonidagi umumiy darajasini o‘lchash va spektral tahlil qilish uchun SD-12M tebranish analizatoridan foydalanildi.

Agregatlarda tebranish kuchi nuqtai nazaridan, eng xavfli tebranishlar davriy tebranishlar bo‘lib, ular aniq ifodalangan diskret komponentlar bilan mexanik, elektromagnit va gidravlik jarayonlarning natijasidir. Bunday xavfli tebranishlar odatda kuchli diagnostika signallari bo‘lib, tebranish shovqini fonida yaxshi ajralib turadi.

9-jadval

Nasoslar sinovlarinig asosiy parametrlari

QMK 1-NS	№3 NA	№2, 6 NA
Nasos markasi	300 BO-37/26 II	OIB 11-260 ЭГ
Suv uzatishi, m ³ /s	39,0	40,5
To‘liq napor, m	21,5	19,3
Quvvati, kVt	9500	8700

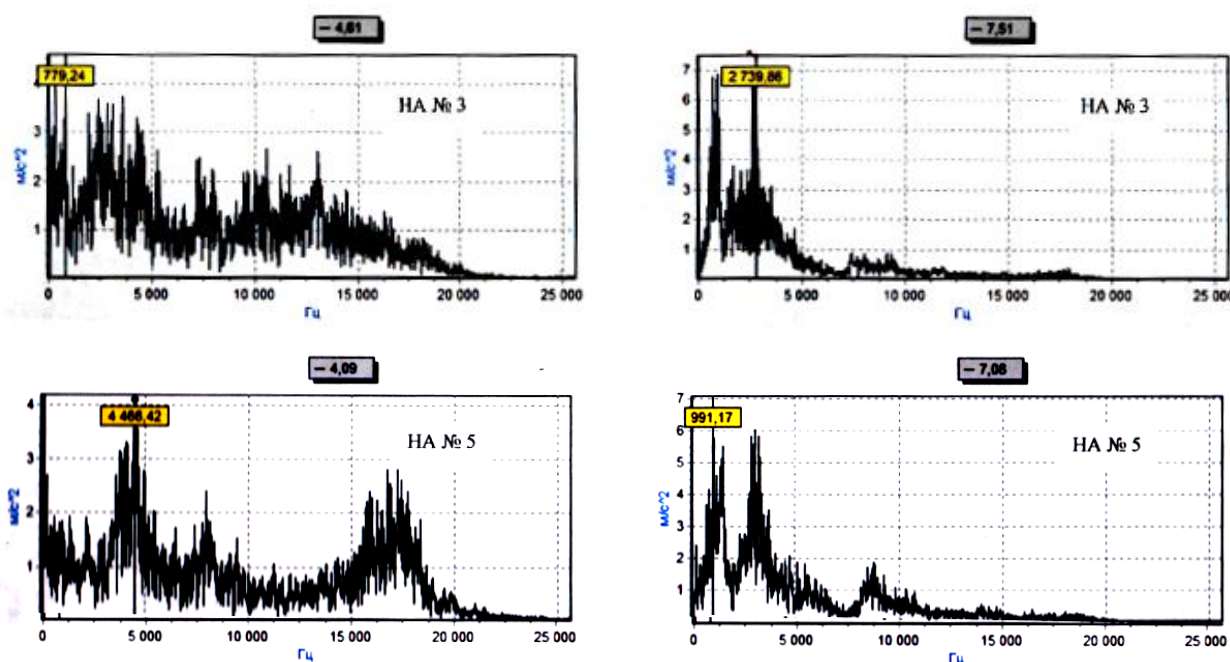
Foydali ish koeffitsenti, %	87	86
Ruxsat etilgan kavitatsiya zahirasi, m	13,0	11,0
Ishchi g'ildiragi kamerasing diametri, MM	2485 (tsilindr)	2500 (sfera)

Yeyilish, yemirilish (amortizatsiya) tufayli parraklar profilining o'zgarishi natijasida bunday nuqson ishchi g'ildirakni tebranishlarini o'lchashda № 3 agregatda (21 mkm) va № 5 agregatda (42 mkm), ishchi g'ildiragida 24 mkm va 50 mkm ekanligi qayd etildi (6-rasm). Bunda asosiy tebranishlar tezlanishi qiymati 4 m/s^2 gacha vertikal bo'yicha eng baland qiymati esa 7 m/s^2 gacha bo'ldi.

Oqimning bir hil bo'lmazligiga girdob zonalarini hosil bo'lishida aylanuvchi parraklar atrofidagi simmetrik bolmagan aylanma oqim sabab bo'ladi. Oqimning o'zgaruvchanligi ishchi g'ildiragi kamerasida parraklar chastotasi f_p ga teng bo'lganda tebranuvchanlik (vibratsiya) paydo bo'lishiga olib keladi. Agar ishchi g'ildiragi va kameralar eskirgan, yeyilgan bo'lsa yuqoridagi sabablar bir nechtasi uyg'unlikda kelishi mumkin.

Radial yo'nalish

Vertikal yo'nalish



3-rasm. №1 nasos stantsiyasi nasoslarining ishchi g'ildiragi kamerasidagi tebranish tezlanishi amplitudasi spektri, m/s^2

XULOSA

1. Sug'orish nasos stantsiyalari kaskadlari tizimi va tarkibiy qismlari ishonchlik ko'rsatkichlari aniqlanib, ushbu elementlarning ishdan chiqmasdan (buzilmasdan) ishlash davrlari o'rtasidagi bog'liqlik o'rnatildi.

2. QMK da ekspluatatsiya qilinayotgan ishlash davomiyligi 2 ming soatdan kam bo'lmagan o'qiy nasoslar uchun ishdan chiqish ehtimoli $Q(t)=0,30$ qiymatiga teng bo'ldi, bu esa nasoslarning 30%i 2 ming soat ishlamasidan ishdan chiqadi degan xulosani beradi.

3. 2020-2023 yillarda suv kamaygan va ko'paygan davrda (exolotli tadqiqot, suv sarfi, suv sathi, loyqaligi haqida) ma'lumotlar olindi. Keltiruvchi kanalning suv o'tkazish qobiliyati, loyqalik darajasi va umumiy holati tadqiqoti unda oqiziqalar to'planib borayotgani va loyqa bosayotganini ko'rsatdi. Ayniqsa, bunday holat avankameraga yaqin oxirgi uchastkada kuzatildi, oqiziqalarni fraksion tarkibi va muallaq oqiziqalar mexanik tarkibi aniqlandi, jumladan loyqa cho'kmalarning umumiy hajmini 80 % bahor-yoz davriga to'g'ri kelishi, cho'kindining fraksion tarkibida kichik (gil, loy) fraksiyalarning solishtirma og'irligi 75...80 %, diametri 0,05 mm dan ortiq qum fraksiyalari 20...25 % ni, cho'kmaning hajmiy og'irligi doimiy 1,2 t/m³ ni tashkil etdi.

4. Nasos agregatlarining ekspluatatsiyasi davomida ishonchliligini ta'minlash maqsadida texnik diagnostika usullaridan foydalangan holda, OPIB11-260 va 300BO-37/26IQ nasoslari uchun ruxsat etilgan tebranish (vibratsiya) ko'rsatkichlari amaldagi standartlarni baholash mezonlariga muvofiq ko'rib chiqildi. Bunda tebranish (vibratsiya)larning umumiy darajasini parametri sifatida nasosning statsionar ishlashida tebranishlar siljishi chastotasi 2...1000 Gts bo'lganda o'rtacha kvadrat qiymati olinadi.

5. Ishonchlikni oshirish va energiyani tejash maqsadida keltiruvchi va mashina kanalida suv yuzasi nishabligini oshirish bo'yicha tavsiyalar berildi. Loyihaviy hisob-kitoblarga ko'ra, mashina kanalining 20 kmli uchastkasida uning nishabligini 0,00015 dan 0,0001 gacha o'zgartirish yiliga 18,0 mln kVt/soat elektr energiyasini tejash imkonini berar ekan. Taklif va ilmiy tavsiyalarni joriy qilish kaskadning ishonchliligi va xavfsizligini umumiy holatda 7-10 % gacha oshirish hisobiga sezilarli iqtisodiy samaradorlikka erishish imkonini beradi.

6. Tadqiqot va izlanishlar natijalarini tahlil qilish va qayta ishlash asosida kanal bosh qismining amaldagi ekspluatatsiyasi, Amudaryodan QMKga to'g'onsiz suv olish hududidagi kanal holati baholandi va cho'kindilarga qarshi kurashish bo'yicha chora-tadbirlar ishlab chiqildi. Qarshi magistral kanalidan foydalanish boshqarmasi tomonidan nasos stantsiyalarining keltiruvchi kanalida suv oqimining harakatini ifodalovchi matematik model, shuningdek ilmiy tavsiyalar amaliyotga tatbiq etilishi natijasida, QMK №1 Nasos stantsiyasini suv bilan ta'minlash 5-7 % ga oshirishga erishildi. Muallif tomonidan yaratilgan "Mashinali suv ko'tarish tizimi obektlari ishonchliligini baholash uslublari" nomli dasturi uchun O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining № DGU 43239-raqamli guvohnomasi olingan, ushbu dastur QMK FB tomonidan ishlab chiqarishda foydalanildi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.04/30.04.2021.Т.111.04. ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТУРСУНОВ ФЕРУЗ ЮЛДАШЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ
КАСКАДОВ ИРРИГАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ (НА
ПРИМЕРЕ КАРШИНСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА)**

05.09.06 – Гидротехническое и мелиоративное строительство

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

Карши – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2024.I.PhD/T4525

Диссертация выполнена в Каршинском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета (www.ksta.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Хужакулов Рустам
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Гловацкий Олег Яковлевич
доктор технических наук, профессор

Рашидов Жалолиддин Ибодуллаевич
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Ведущая организация: Ташкентский архитектурно-строительный университет

Защита диссертации состоится 28 10 2025 года 15:00 часов на заседании разового научного совета PhD04/30.04.2021.T.111.04 при Каршинском государственном техническом университете. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225). Тел.: (998-75)221-09-23; эл. почта: admin@ksta.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского государственного технического университета (зарегистрирован № 155) (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225). Тел.: (998-75)221-09-23

Автореферат диссертации разослан 16 10 2025 года
(реестр протокола рассылки № 3/R 16 10 2025 года).



С.С. Эшев
Председатель разового научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

И.А. Латипов
Учёный секретарь разового ученого совета при ученом совете по присуждению ученых степеней, доктор философских наук, доцент

А.А. Янгиев
Председатель научного семинара при разовом ученом совете при ученом совете по присуждению ученых степеней, доктор философских наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире применение новых современных технических средств и экономически эффективных технологий для повышения надежности и безопасности работы каскадов насосных станций орошения является одним из ведущих. В мировом масштабе «...в развитых странах важным является устранение факторов, отрицательно влияющих на работу насосных станций, достижение энерго- и ресурсоэффективности, использование современных методов управления технологическим процессом подачи воды»¹. В последние годы в связи с изменением климата, особенно на трансграничных реках, снижение водопотребления и уровней воды требует внедрения мероприятий по повышению надежности и безопасности работы каскадов насосных станций орошения. В этой связи важным является повышение эффективности и надежности эксплуатационного состояния каскадов насосных станций орошения, проектирование, строительство и эффективное использование машинных каналов.

В мире учитывая, что теория надежности тесно связана с экономическими вопросами, проводятся научные исследования, направленные на решение проблем надежности систем и устройств, разработку организационных мероприятий по повышению их надежности. В связи с этим без оценки их надежности невозможно учесть преимущества проектирования различных устройств, конкретизировать условия эксплуатации, заранее оценить их ресурс и определить уровень гарантий безопасности. Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений насосных станций показывает, что бесплотинный водозабор из реки, различные водовыпускные сооружения, а также пересечения каналов водозаборными сооружениями оказывают существенное влияние на работоспособность всего комплекса. Соответственно, надежность каскада зависит, прежде всего, от водопропускных сооружений в головной части канала. Поэтому особое внимание уделяется повышению надежности каскадов оросительных насосных станций, являющихся инженерными сооружениями

В нашей республике в настоящее время реализуются широко-масштабные меры по повышению надежности и безопасности каскада насосных станций ирригационных систем, повышению их долговечности, продлению срока службы и минимизации экономических потерь от отказов, при этом особое внимание уделяется созданию разработок, отвечающих требованиям современного инновационного развития. В частности, в Государственной программе по реализации Стратегии развития нового Узбекистана на 2022–2026 годы «...в год внимания к человеку и качественного образования» поставлены важные задачи по «...реализации отдельной государственной программы по коренному

реформированию системы управления водными ресурсами и водного хозяйства² ».

В определенной степени данное диссертационное исследование служит реализации задач, определенных в указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и №ПП-6024 от 10 июля 2020 года «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и другие нормативно-правовые документы, связанные с данной деятельностью.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в рамках III. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение» и V. «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды» приоритетов развития науки и техники республики.

Уровень изученности проблемы. Среди зарубежных исследователей по проблеме повышения надежности и безопасности каскадов оросительных насосных станций следует отметить Я. Карелина, В.Ф. Чебаевского, О.Н. Померанцева (Россия), Ханс-Вернер Цинна, Гулич Ж.Ф. (Германия), Кансал М.Л., Кумар А., Шарма П.Б. (Польша), Чон-Вунг Чой, Чан В.К.; Вонг Ю.В., Сюй В. (Китай), Эстевам В., Франса Ф.А., Альханати (Бразилия), Жерара Буа (Франция), Б. Диллон (кафедра машиностроения в Оттаве, Канада), Ч. Сингх (Техасский университет, США) и другие, а из нашей республики такие учёные, как О.Арифжонов, М.Р.Бакиев, Д.Р.Бозоров, М.М.Мамаджонов, М.М.Мухаммадиев, Ф.Дж.Носиров, Б.М.Шакиров, О.Я.Гловацкий, Р.О.Очилов, Б.У.Уришев, Б.Р.Уралов, Р.Р.Эргашев, И.У.Курбанов, А.А.Янгиев (Узбекистан) и др.

Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой вуза, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ на тему «Разработка рекомендаций по корректировке существующих процессов в области подведения воды к насосной станции Каршинского магистрального канала и повышения эффективности использования земляных работ» № 25/2021 управления Каршинского канала (хозяйственный договор № 25/2021 от 26.08.2021) и проекта на тему «Оценка текущих процессов в области подачи воды на насосную станцию №1 Каршинского магистрального канала и разработка и внедрение рекомендаций по повышению эффективности использования земляных сооружений и агрегатов насосных станций».

Цель исследования: оценка текущего состояния надежности и безопасности насосных станций Каршинского магистрального канала в период их эксплуатации и обоснование мер по их повышению.

Задачи исследования заключаются в следующем:

²Irrigation Pumping Plants. Irrigation National Engineering Handbook. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Washington, 2016, 206 pp

исследование текущего технического состояния каскадов насосных станций и ирригации;

анализ различных аспектов проблемы надежности и безопасности насосных станций;

теоретическая оценка эксплуатационной надежности механических водоподъемных систем и экономическое обоснование необходимости повышения надежности насосного оборудования;

обоснование порядка проведения повторных испытаний нескольких элементов механических водоподъемных систем;

проведение натурных производственных испытаний каскада насосных станций противоположного магистрального канала;

изучить надежность режимов работы основного оборудования КМК.

Объект исследования насосные станции Каршинского магистрального канала.

Предметом исследования являются надежность и безопасность работы ирригационных насосных станций, их понижающие и повышающие факторы, а также проблемы повышения эффективности работы насосных станций на примере Каршинского магистрального канала.

Методы исследования. Количественные показатели надежности ирригационных насосных станций определялись на основе теории надежности и математической статистики, общих закономерностей, принятых в гидротехнике, математического моделирования, а теоретические и экспериментальные исследования проводились с использованием методик, разработанных научной лабораторией «Насосные станции и гидроэнергетика» ИСМИТИ и кафедрой «Насосные станции и гидроэлектростанции» МГУ ТИИИМСХ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

для каскада насосных станций магистрального канала Карши разработаны диаграммы Каору Исикавы и Парето с учетом анализа влияющих факторов и надежности режимов работы основного оборудования насосной станции, позволяющие прогнозировать продолжительность их эксплуатации:

на основе статистических данных об отказах насосных станций орошения и их обработки усовершенствованы методы определения количественных показателей надежности и безопасности оборудования и сооружений насосных станций с учетом технического состояния насосных агрегатов;

установлена зависимость между периодом работы без отказов и показателями надежности насосных станций магистрального канала Карши с учетом многоэлементности оборудования и конструкций системы;

усовершенствованы методы оценки вибрационного состояния ответственных узлов гидроагрегатов, уточнения норм вибрации и прогнозирования основных видов повреждений оборудования на основе их характерных особенностей с учетом результатов вибрационных испытаний насосных агрегатов.

Практический результат исследования заключается в следующем:

анализ статистических данных позволяет оценить закономерности протекания процессов разрушения, определить количественные значения показателей надежности, характеристики потоков отказов.

разработаны методы повышения КПД отдельных элементов оборудования, ухудшающих режим работы насосов, снижающих их КПД и приводящих к значительным потерям;

устранены основные причины повышенной вибрации, обусловленные неправильным расположением агрегата относительно уровня воды в нижнем бьефе, механическими и гидравлическими дисбалансами, а также неоднородностью потока в проточной части;

выбор элементов для испытания рабочих показателей насосов основывался на параметрах, среди которых НС КМК входят в число ведущих мировых по подаче насосов около 40 м³/с, превышающих аналогичные мировые показатели по осевым насосам в 3-4 раза.

Достоверность результатов исследования объясняется тем, что они подтверждены практическими данными, полученными с использованием общепринятых методов исследования, и сопоставлением экспериментальных и теоретических результатов, а также сравнением результатов экспериментов с результатами, полученными другими исследователями по данной научной проблеме, и внедрением результатов исследования в производство.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования объясняется тем, что изучено современное техническое состояние насосной станции и проведен анализ различных аспектов проблемы их надежности и безопасности, установлен порядок повторных испытаний нескольких элементов системы механического подъема воды, исследована надежность режимов работы основного оборудования насосной станции Каршинского магистрального канала, установлена теоретическая оценка эксплуатационной надежности системы механического подъема воды и необходимость повышения надежности и безопасности насосной станции.

Практическая значимость исследования заключается в том, что анализ статистических данных позволяет оценить закономерности аварийных процессов, определить количественные значения показателей надежности и характеристики токов короткого замыкания, разработать методы улучшения КПД отдельных элементов оборудования, ухудшающих режим работы насосов, снижающих их КПД и приводящих к значительным потерям.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по повышению надежности и безопасности каскадов насосных станций орошения на примере Каршинского магистрального канала:

результаты исследований по повышению надежности и безопасности насосных станций были внедрены Управлением по эксплуатации Каршинского магистрального канала (УЭКМК) (Справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан от 05.06.2025 г. № 02/19-2517). В

результате удалось повысить надежность и безопасность каскадов в целом на 7-10%;

В целях повышения надежности и экономии электроэнергии разработаны рекомендации по уменьшению уклона водной поверхности в подводящем и машинном каналах, внедрены в практику работы УЭКМК (справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан от 05.06.2025 г. №02/19-2517) математическая модель движения потока воды в подводящем канале насосных станций и программа «Методика оценки надежности сооружений систем механического подъема воды». В результате удалось сэкономить электроэнергию на участке машинного канала протяженностью 20 км и увеличить водоподачу насосной станции КМК на 5-7%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 8 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 23 научных работы, в том числе 6 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации ВАК Республики Узбекистан по основным научным результатам докторских диссертаций, из них 1 опубликована в зарубежных и 5 – в республиканских журналах. На изобретение «Устройство для защиты водотоков от плавника» в соавторстве с автором получен патент на изобретение № 8088 по заявке № IAP 2024 0694 Государственного учреждения «Центр интеллектуальной собственности» при Министерстве юстиции Республики Узбекистан (зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 09.06.2025 г.). Министерством юстиции Республики Узбекистан выдано свидетельство № ДГУ 43239 от 14.10.2024 г. по программе «Методы оценки надежности сооружений систем механического водоподъема», а две подготовленные автором научные рекомендации приняты к внедрению Аму-Кашкадарьинским бассейновым управлением ирригационных систем.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации на основе исследований, проведенных в Узбекистане и в мире, приведены цели и задачи, объект и предмет исследований, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки излагается научная новизна и практические результаты исследований, обосновывается достоверность полученных результатов исследований, внедрение результатов исследований в практику, апробация работы, результаты опубликованных работ, данные по структуре и объёму диссертации.

Первая глава диссертации называется «**Анализ надежности и оценки безопасности ирригационных насосных станций**» и содержит анализ научных исследований по надежности и безопасности основного оборудования и сооружений насосных станций.

Теоретические и практические исследования по оценке надежности гидротехнических сооружений, надежности и безопасности оросительных насосных станций и их повышению, повышению эффективности работы насосных станций в период эксплуатации, совершенствованию конструкций и методов расчета насосных агрегатов освещены в работах следующих зарубежных ученых: Мирцхулавы Ц.Е... (Грузия), Пан Юнь (Китай), Бальзанникова М.И., Беглярова Д.С., Виссарионов В.И., Елистратов А.Н., Карелина В.Я., Косиченко В.М., Натальчука М.Ф., Померанцева О., Рычагова В.В., И., Солнышков В.А., Шульмана С.Г., Чебаевский В.Ф. (Россия) и др., а также республиканских таких, как М.Р.Бакиев, Д.Р.Базаров, О.Я.Гловацкий, М.Мамажонов, Э.Ж.Махмудов, И.Э.Махмудов, М.М.Мирсаидов, Дж.И.Рашидов, К.Дж.Салямова, М.М.Мухаммадиев, Ф.Ж.Носиров, Т.З.Султанов, Б.Р.Уралов, Б.У.Уришев, Б.Хамдамов, В.В.Хегай, У..Хусанходжаев, Р.Хужакулов, Х.Файзиев, Б.М.Шокиров, Р.Р.Эргашев, А.А.Янгиев и др.

Анализ оценки различных аспектов проблемы надежности и безопасности ирригационных насосных станций показывает, что зарубежные эксперты классифицируют причины увеличения потерь воды и неисправностей гидротехнических сооружений следующим образом: из-за основания напорных труб - на 40 %, недостаточной пропускной способности водопропускных труб - на 23 %, недостаточной прочности элементов конструкций напорных труб - на 12 %, других причин - на 25 %.

Без оценки надежности всех конструкций, в том числе и насосных, невозможно уточнить условия их эксплуатации, заранее оценить срок службы или определить уровень безопасности. Изучение параметров надежности и безопасности в системе машинного водоподъема позволяет снизить эксплуатационные расходы при выходе насосных агрегатов из строя. Анализ статистических данных к оценке закономерностей аварийных процессов и отказов служит для определения количественных значений показателей надежности и характеристик потоков отказов. Все эти вопросы недостаточно изучены на ирригационных насосных станциях Каршинского магистрального канала.

Статистическая обработка данных эксплуатации КМК показала, что в течение 2018-2023 гг. ни один из установленных насосных агрегатов не проработал календарного года без случайных отказов, вызванных энергетическими, гидравлическими или механическими причинами.

Поэтому в диссертации уменьшен интервал до календарного квартала и в этом случае были получены следующие вероятности (таблица 1).

Вероятность безотказной работы агрегатов НС в 2023 г. больше, чем в предыдущие годы за счет уменьшения доли гидравлических неблагоприятных явлений, приводящих к отказам (0,51). Этот год

принимался во внимание при расчете общей оценки надежности за 2018-2023 гг:

$$P(A) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3); \quad (1)$$

$$P(A_0) = 1 - P(A) \quad (2)$$

где A_0 - безотказная работа НС; A_1 - гидравлические отказы; A_2 - механические отказы; A_3 - энергетические отказы.

Изменения напора насоса под воздействием потерь воды, гидроабразивного износа и кавитационной эрозии его элементов и трубопро-

Таблица 1

Вероятности отказов насосных станций КМК

год	2018				2019				2020			
	безотк.	гидр	мех	энер	безотк.	гидр	Мех	энер	безотк.	гидр	мех	энер
	0,04	0,51	0,41	0,24	0,07	0,46	0,40	0,17	0,08	0,49	0,41	0,17
год	2021				2022				2023			
	0,1	0,47	0,36	0,19	0,25	0,49	0,38	0,18	0,35	0,51	0,37	0,19

водов в процессе эксплуатации можно представить в виде произведения параметров

$$H(t) = H_T(t) \cdot \eta_{об}(t) \cdot \eta_k(t) \cdot \eta_o(t), \quad (3)$$

где $H_T(t)$ - теоретический напор в функции от t , м;

$\eta_{об}(t)$ - объемный КПД насоса в функции от t ;

$\eta_k(t)$, $\eta_o(t)$ - КПД насоса и трубопроводов в функции от t .

Значения величин Q , H , η_n , T в формуле (3) находят, определяя рабочие точки на характеристиках насоса и трубопровода в соответствии с плановым графиком водоподдачи на планируемый период.

Теоретическая оценка надежности эксплуатации систем машинного водоподъема использует системный анализ, основанный на преобразовании проблемы обеспечения требуемой надежности в четкую серию задач с локализованными методами решения. При этом на основе количественных требований к техническому уровню элементов системы осуществлен перевод проблемы из разряда неструктурированных в разряд формализуемых, решение, которых возможно с применением математического аппарата.

Во второй главе диссертации под названием «**Оценка критериев надежности технологии эксплуатации каскада насосных станций**» проводится обоснование рекуррентной процедуры тестирования множества элементов систем машинного водоподъема.

В таблице 2 приведены значения верхних и нижних оценок вероятностей существования элементов МФ(X). Верхняя граничная оценка дает меньшую погрешность при высоких значениях вероятностей r , а нижняя граничная оценка — при значениях вероятностей r , близких к нулю.

Лучшая нижняя оценка находится как

$$\underline{h}_{.лy} = \max \{ r_1 r_3 r_5, r_2 r_3 r_4, 1 - (1 - r_1 r_4)(1 - r_2 r_5) \}. \quad (4)$$

Возможные верхние оценки имеют вид

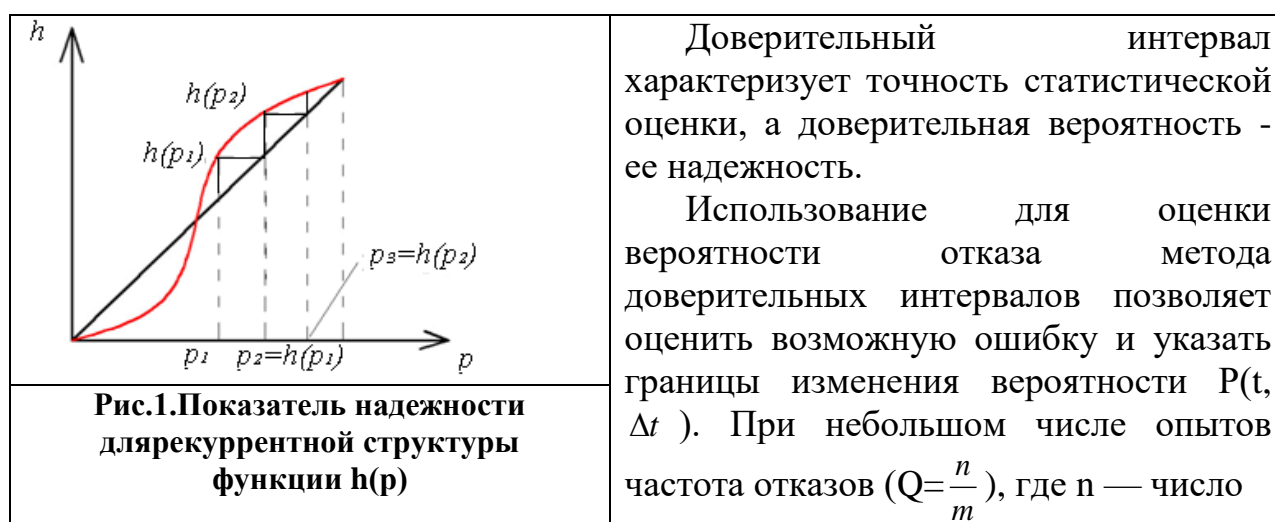
$$\bar{h}_{.лy}^{(1)} = 1 - q_1 q_3 q_5, \bar{h}_{.лy}^{(2)} = 1 - q_2 q_3 q_5, \quad (5)$$

Из рисунка 1 видно, что если исходный элемент имеет характеристику $p^{(1)}=0,5$ то построение системы при любом числе итераций не изменит вероятности связности системы: она на любом шаге процесса построения будет тождественно равна 0,5. Если элемент характеризуется значением $p^{(1)}>0,5$ то за конечное число итераций из такого элемента можно построить результирующую систему с любым заданным значением вероятности связности. При рассмотрении методов повышения точности оценки надежности объектов систем машинного водоподъема понимают ширину доверительного интервала, покрывающего данный показатель, а под достоверностью- доверительную вероятность полученного результата.

Таблица 2

Значения оценок параметров надежности элементов

r	$\underline{h}_{\text{ЭП}}$	МФ(X)	$\bar{h}_{\text{ЭП}}$
0,01	0,0535	0,0002	0,0002
0,1	0,0026	0,0202	0,021
0,5	0,430	0,5	0,569
0,9	0,978	0,979	0,932



отказов, m — число опытов является случайной величиной. Для характеристики точности оценивания служит стандартная ошибка σ_x оценки. Результат представляют в виде $x + \sigma_x + a_x$, где σ_x оценивает порядок величины возможного отклонения оценки x от параметра X . В таблице 3 приведены минимально допустимые значения для m при фиксировании значений $\Delta I_{\delta_2} = Q_B - Q_H$, где Q_B и Q_H — соответственно верхние и нижние доверительные пределы.

Таблица 3

Минимально допустимое число исследуемых элементов

n	$\Delta I_{0,95} = 0,20$	$\Delta I_{0,95} = 0,10$	$\Delta I_{0,95} = 0,05$
0	14	29	58
1	21	45	90
2	27	57	113
2	27	57	113
3	31	67	150

Для практических расчетов величину коэффициента доверия обычно выбирают в пределах 0,9—0,95. Было установлено, что эти пределы обеспечивают требуемые результаты; 95 %-ные доверительные границы удобны для тех данных, для которых не нужна высокая степень точности.

Прогноз изменения надежности объекта в процессе эксплуатации и оптимизация его долговечности при внезапных отказах выполняются при помощи следующих зависимостей:

$$P_1(T) = \exp\left[\left(\frac{T}{T_{cp}} + I\right) \ln(I - Q_n) - \frac{T}{T_{cp}}\right], \quad (6)$$

где $P_1(T)$ - вероятность безотказной работы объекта;

T - текущее время эксплуатации;

T_{cp} - среднестатистическое время безотказной работы;

Q_n - потенциальная вероятность отказа объекта при начале эксплуатации.

Анализ причин отказов при расчётах показателей надёжности крупных каскадов может существенно сократить эксплуатационные расходы. Мероприятия по повышению надежности должны основываться на накоплении опыта эксплуатации.

В диссертации рассмотрена теория несколько различных направленных деревьев, характеризующих случайное событие, состоящее в том, что i -е направленное дерево не откажет. Это событие имеет место, когда все входящие в i -е направленное дерево узлы работоспособны. Для анализа причин отказов при расчётах показателей надёжности КМК рассмотрены деревья по схемам Исикава и Парето для отказов насосных агрегатов (рис. 2).

Анализ отказов по месту возникновения (рис.2) показал, что наибольшее их число до 95 % приходится на механическую часть насоса. Здесь расположены наиболее "слабые" элементы агрегата - рабочее колесо и подшипники.

В третьей главе диссертации под названием **«Оценка надежности работы каскада насосных станций Каршинского магистрального канала в процессе эксплуатации»** содержится результаты натурных производственных испытаний каскада КМК.

Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений показывает, что надёжность и техническое состояние таких узлов, как бесплотинный водозабор из р.Амударья, различные сбросы, сооружения на пересечении канала с перегораживающими сооружениями в значительной степени влияют на работоспособность всего комплекса. Поэтому надёжность каскада в первую очередь зависит от водоподводящих сооружений головной части.

На изменение технического состояния канала существенно влияют также фильтрационные потери воды из него. Исследования состояния подводящего канала крупнейших каскадов показали, что геометрия каналов претерпевает значительные изменения вследствие размывов, осадения наносов, а также искусственной очистки.

В 2022-2023 гг. каскад КМК подавал 4,2-4,4 млрд м³ воды в год для орошения Каршинской степи и др. земель. Обеспечение указанного объема

водоподачи сопряжено со значительными трудностями эксплуатации головного участка каскада. С технологической точки зрения водоснабжение КМК определяется техническими возможностями водоснабжения каскада и уровнем наполнения Талимарджонского водохранилища, что в свою очередь зависит от надежной работы каскада.

В таблицах 4,5 приведены данные эксплуатации КМК среднегодового объёма осаднения и очистки наносов, полученные из годового баланса твердого стока, базирующегося на годовом объеме водозабора и средней мутности потока у водозабора и подводящего канала. Из общего объема

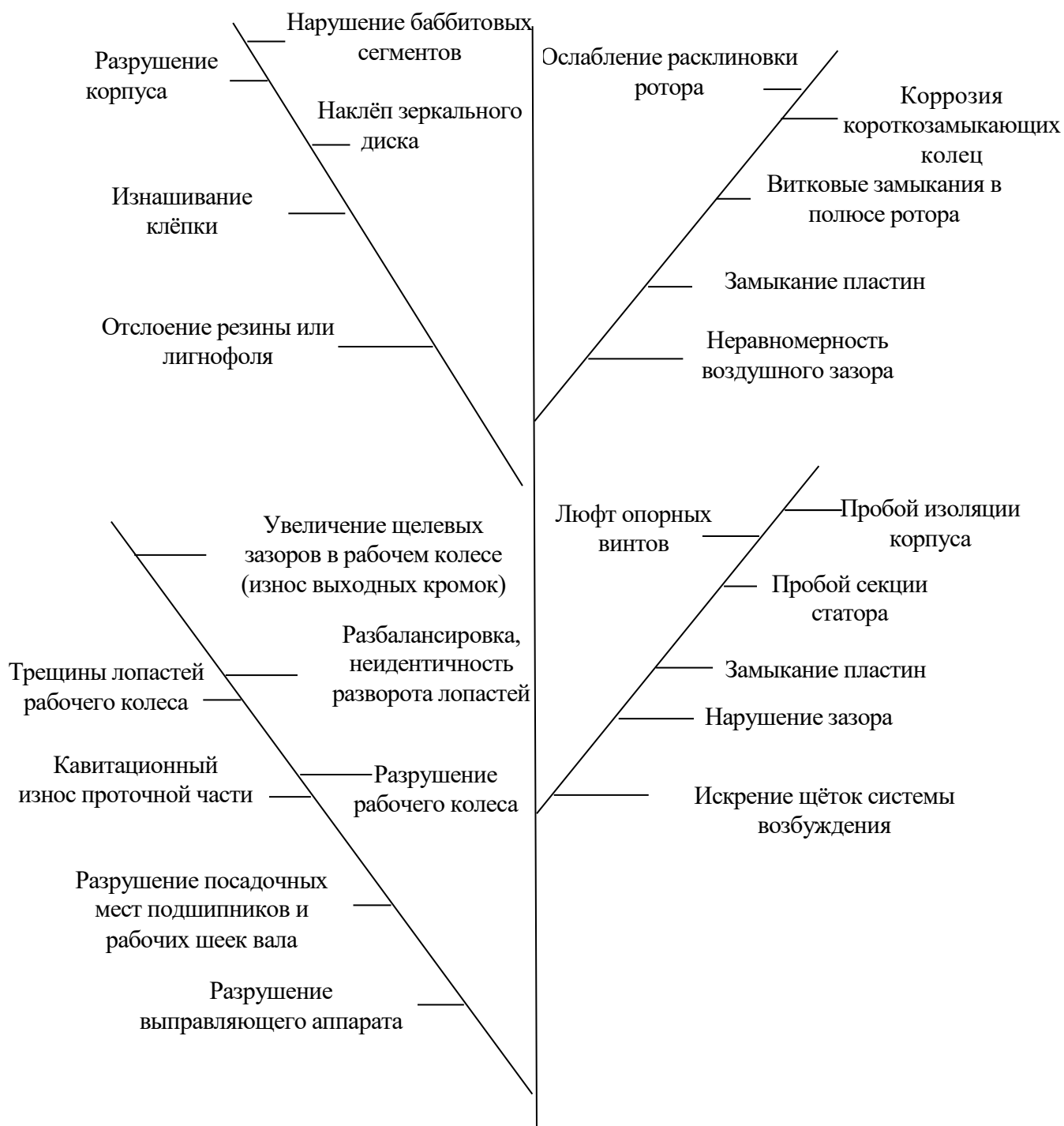


Рис.2. Схема Исикава для отказов насосных агрегатов

отложившихся наносов 80 % приходится на весенне-летний период (апрель-август). Во фракционном составе наносов удельный вес мелких (ил, глина) фракций составляет 75...80 %, песчаных фракций диаметром более 0,05 мм-20... 25 %. Объемный вес наносов принят постоянным 1,2 т/м³.

Результаты расчетов максимальной подачи головной насосной станции для различных ситуаций в процессе эксплуатации подводящего канала после 1-й очереди реконструкции приведены в табл. 6.

Зафиксированы значительные отклонения геометрии канала от нормы в период работы каскада, которые усложняют эксплуатацию головной НС-1 и создают угрозу срыва графика водоподачи в условиях невысоких горизонтов в реке Амударье. Так, для горизонта 95 % обеспеченности при существующей геометрии канала НС-1 может дать не более 102,5 м³/с, в то время как график водоподачи в последние годы требует обеспечить подачу до 160 м³/с.

Борьба с наносами на каналах ведется следующим способом:

уменьшение количества наносов, поступающих в каналы из источника орошения; транспортирование возможно большего количества наносов на оросительные земли и сосредоточение в отстойниках наносов, которые по своему составу являются вредными или не могут транспортироваться на оросительные земли, с последующим удалением их механизмами;

при бесплотинном водозаборе для крупных каналов, таких как КМК и другие, подводящие участки играют роль отстойников и быстро заиляются;

для сохранения пропускной способности каналов тратится огромное количество денежных средств и механизмов;

в борьбе с наносами в бесплотинных водозаборах необходимо учесть современное состояние руслового процесса и требуется проведение производственных исследований и, на их основе, уточнение существующих и разработка новых предложений по уменьшению поступления вредных наносов в головные участки подводящих каналов.

Проведенные нами исследования, в основном, были выполнены на бесплотинном водозаборе КМК на р. Амударье. Как известно, р. Амударья по классификации относится к блуждающим рекам. При водозаборе из реки в многочисленных оросительных каналах возникают трудности из-за быстрого заиления и занесения наносами головных участков каналов. В зависимости от водности года в магистральные каналы ежегодно поступает поток с мутностью до 5 кг/м³. Годовые объемы наносов составили от 8 до 12 млн т. В период работы по диссертации предложены мероприятия по руслорегулировочным и дноуглубительным работам в русле реки, на головном участке водозабора и в подводящем канале, значительно улучшающие условия водозабора с меньшим захватом донных наносов в головном участке канала.

Для повышения надёжности и экономии электроэнергии выполнены рекомендации уменьшения уклонов воды в подводящем и машинном каналах, а это достигается за счет увеличения пропускной способности подводящего канала. Согласно проектным расчетам уменьшения уклонов -

машинного канала с 0,00015 до 0,0001 на 20 км в участке даёт ежегодную экономию 18,0 млн. кВт часов электроэнергии.

Таблица 4

Данные эксплуатации КМК в зависимости от объёма воды

Месяцы	Многолетний		2022 г.		2023 год		Разница (+,-)	
	Объём воды из Амударьи, млн.м ³	Запраченная эл.энергия млн.кВт.час	Объём воды из Амударьи, млн.м ³	Запраченная эл.энергия млн.кВт.час	Объём воды из Амударьи, млн.м ³	Запраченная эл.энергия млн.кВт.час	Вода млн. м ³	Эл.энергия млн. кВт. час
январь	318	182	264	163	154	97	-110	- 66
февраль	307	169	300	168	307	183	+7	+15
март	367	166	360	169	375	166	+15	- 3
апрель	393	180	416	191	411	185	-5	- 6
май	439	234	437	254	422	260	-15	+6
июн	443	226	456	226	447	241	-9	+15
июль	475	221	422	208	482	227	+60	+19
август	435	216	348	214	396	210	+48	-4
сентябрь	336	194	259	174	270	161	+11	-13
октябрь	292	151	267	142	294	154	+27	+12
10 ойлик	3805	1939	3529	1909	3558	1884	+29	-25
ноябрь	279	135	312	159				
декабрь	296	165	192	107				
Жами:	4380	2239	4 033	2 175				

Таблица 5

Данные объёма осаднения и очистки наносов подводящего канала КМК

Годы	Остаток наносов в канале		Наносы, поступающие в канал		Наносы, очищенные земснарядами	
	м ³	тн	м ³	тн	м ³	тн
2016	10131105	12663881	9446681	11808351	6716610	8395753
2017	8617921	10772401	11369434	14211793	6412682	8015853
2018	9670743	12088429	12850400	16063000	5845295	7306619
2019	9585785	11982231	11485963	14357454	8117516	10146895
2020	9442147	11802684	19711477	24639346	10142301	12677876
2021	10742832	134288540	23131175	28913969	8926059	11157574
До 09.2022г	15743747	19679684	19012356	23765445	6888399	8610499

Таблица 6

Режимы работы НС-1

Отметка воды водозабора (условная)	Максимальная пропускная способность канала, м ³ /с	Число работ насос. шт	Максимальная подача насоса м ³ /с	Общая подача станции, м ³ /с	Напор насоса, м	Угол установки лопастей рабочего колеса	Высота заглубления рабочего колеса ∇УВНБ, м
43,0	145,0	5	29	145,0	19,74	-6,5 ⁰	-3,5
	145,0	4	32	128,0	19,35	-5 ⁰	
43,4	172,0	5	32	160,0	19,74	-4,5 ⁰	
43,6	201,0	5	32	160,0	19,18	-5 ⁰	
44,0	236,0	5	32	160,0	18,45	-6 ⁰	
43,6	176,0	5	34,0	170,0	19,51	-4 ⁰	
44,0	215,0	5	35,0	165,0	18,67	-4 ⁰	
42,0	68,5	2	34,25	68,5	18,13	-5 ⁰	-4,5
44,0	190,0	5	37,0	185,0	19,29	-2,5 ⁰	

Кроме этого, при подпорном режиме агрегаты работают в бескавитационном режиме. С 1980 года до 2000 каскад во время вегетационного периода (июнь, июль, август) работал в форсированном режиме и мутность воды достигала 9 кг в одном кубе воды, из-за чего поступление наносов достигает максимума.

Математические методы теории надежности получают в настоящее время широкое распространение. Однако проверка имеющихся математических моделей на эксплуатируемых мелиоративных системах показала, что они не могут быть применены с достаточной точностью. Все имеющиеся теории и критерии надежности адекватны и основываются на определении следующих качественных характеристик.

Вероятность безотказной работы при большом числе объектов (N_0):

$$P(t) = \frac{N_0 - \sum_{i=1}^t n_i}{N_0} \approx \int_t^{\infty} f(t) \cdot dt, \quad (7)$$

где N_0 - количество работающих агрегатов в начале эксплуатации;

n_i - число агрегатов, вышедших из строя в интервале Δt ;

t - время, для которого определена безусловная вероятность того, что в интервале $0 \dots t$ не наступит отказ (отказ произойдет в интервале $t \dots \infty$).

Вероятность отказа, то есть того, что при заданных условиях эксплуатации в пределах наработки агрегатов возникнет хотя бы один отказ:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{n(t)}{N_0} \quad (8)$$

где $n(t)$ - количество агрегатов, отказавших за время t .

Так, для осевых насосов, эксплуатирующихся на КМК после наработки 2 тыс. часов получено значение $Q(t) = 0,30$, то есть 30% насосов будут иметь отказ раньше, чем через 2 тыс. часов наработки. Однако опыт эксплуатации крупных агрегатов показывает, что за год работы (6...7 тыс. час) вероятность их безотказной работы равна нулю (хотя бы один раз каждый насос останавливается по одной из упомянутых причин). Это заставляет искать новые критерии оценки их надежности, учитывая, что выполненные нами сужение временного интервала, так же не приводит к удовлетворяющей эксплуатационный персонал ясность конкретной работы.

В четвертой главе диссертации под названием «Исследование надежности режима работы насосных станций Каршинского магистрального канала» приведены исследования технического состояния основных сооружений, систем и оборудования насосных станций.

При большом количестве обследованных объектов и выходе из строя значительного числа элементов вычисляется вероятность отказа:

$$P_c = \frac{n \cdot \sigma}{m \cdot k} \quad (9)$$

будет приближаться к теоретической вероятности:

$$P_T = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \ell \frac{(t_i - T_x)^2}{2\sigma^2} \quad (10)$$

Преобразовав приведенные выражения, получим математические зависимости для расчета σ^2 и T_x любой отрезок времени t_i с любым числом обследованных и вышедших из строя элементов n_i .

$$\sigma^2 = \frac{\lg \cdot \ell \left[(t_4^2 - t_3^2) \cdot (t_2 - t_1) - (t_2^2 - t_1^2) \cdot (t_4 - t_3) \right]}{2 \left[\lg \frac{P_3}{P_4} (t_2 - t_1) - \lg \frac{P_1}{P_2} \cdot (t_4 - t_3) \right]}, \quad (11)$$

$$T_x = \frac{\lg \cdot \ell \cdot (t_2^2 - t_1^2) - 2 \lg \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \sigma^2}{2 \lg \cdot \ell (t_2 - t_1)}, \quad (12)$$

где $P = \frac{n_1 \cdot \sigma}{m_1}, \dots, P_4 = \frac{n_4 \cdot \sigma}{m_4}$

m_1, m_2, m_3, m_4 – число обследованных элементов соответственно в момент 1, 2, 3 и 4;

t_1, t_2, t_3, t_4 – срок службы обследуемого элемента в момент 1, 2, 3 и 4.

Для определения реальных параметров состояния сооружений приняты коэффициенты условий дальнейшей работы объекта в зависимости от уровня эксплуатации и степени его износа.

В последнее время ритмичная подача воды КМК регулируется с помощью канала Миришкор, путем отключений НА на НС-5, НС-6. От их технического состояния зависит надёжность подачи воды к НС-7 для заполнения Талимарджанского водохранилища.

Характеристика основного оборудования и сооружений этих станций приведена в уточненном при обследовании кадастровом паспорте (таблица 7).

Исследования режимов не позволяет регулирование подачи для построения характеристик насосов из-за состояния электроприводов.

Средняя подача, вычисленная по четырем участвующим в испытаниях агрегатам составляет 32,2 м³/с, а общая подача НС в момент проведения испытаний составила 128,8 м³/с (таблица 8).

Увеличение значения надёжности каждого гидроагрегата требует необходимую информацию о работе его основных узлов. В частности, на это направлен контроль вибрационного состояния агрегатов. Повышенная вибрация несущих конструкций гидроагрегатов (крестовин, подшипников, крышки турбины, статора) вызывает ухудшение эксплуатационных свойств оборудования за счет ослабления креплений, образования зон усталостных разрушений в металле и сварных швах, перегрева подшипников.

Проводилось измерение вибрации на работающих насосных агрегатах и на напорных трубопроводах. Целью работы являлось определение значения вибрации и степени воздействия работающих агрегатов на напорные трубопроводы.

Решение поставленной цели осуществлялось путем измерения амплитуды и частоты колебаний, вызванных работающими агрегатами. Измерение колебаний проводилось с помощью цифровой, высокочастотной 24канальной станции типа ИСН-О 1-24 с короткопериодным трехкомпонентным сейсмо -

Таблица 7

Результаты параметрических испытаний

Тип здания наносной станции, тип подвода воды к наносу		Блочная Коленчатый подвод, изогнутая всасывающая труба
Источник водозабора		Каршинский магистральный канал - головная часть (река Амударья), НС-4
Подача насосной станции	Расчетная м ³ /с	175 (нормальная);195(форсированная)
	Фактическая м ³ /с	128,8 (на момент проведения испытаний при работе 4х НА)
Высота подъема (геодезический напор) м	Проектная	17,58
	Фактическая	27,02
Манометрический напор Насосной станции (м)	Проектный	22,38
	Фактический	27,55
Установленная мощность НС, МВт		75
Категория надежности по водоподаче		II

Тип, марка основного насоса		ОПВ 10-260ЭГ-2шт, ОВ10-260 – 4шт
Подача насоса, м ³ /с	Проектная	35
	Фактическая	32,2
Манометрический напор м	Проектный	24
	Фактический	27,55
Число оборотов, об/мин		250
Кавитационный запас (или минимальное подтопление РК), м		7 м по рекомендациям ВНИИ Гидромаш; фактически принят- 8,45м
Коэффициент полезного действия насоса, %	Проектный	84%
	Фактический по произведенным параметрическим испытаниям	82,7%, при пуске после капитального ремонта

Таблица 8

Результаты контрольных испытаний агрегатов

Номер агрегата	Сумма потерь, м	Напор, м	Подача, м ³ /с	Мощность, кВт	КПД НА, %	Режим агрегатов
1	1,09	28,11	32,7	11240	82,7	1+2+3+5
2	1,06	28,08	32,2	11043	82,8	1+2+3+5
3	1,05	28,07	32,0	10984	82,7	1+2+3+5
5	1,04	28,06	31,9	10906	83,0	1+2+3+5

метром, позволяющим охватить динамический диапазон вибраций 110 Дб и диапазон частот от 0,01 до 1000 Гц.

Проведенный анализ графиков изменения амплитуд колебаний в напорном трубопроводе показывает, что в напорных трубопроводах имеет место различный характер изменения амплитуды колебаний.

При движении вверх по напорному трубопроводу наблюдается тенденция увеличения длины волны вибрации с увеличением ее периода. Сравнительно большие значения амплитуды колебаний зафиксированы на

первом и на пятом напорном трубопроводе, которые достигают 30-40 нм. Значения максимальных амплитуд увеличиваются на верхнем участке. Анализ результатов проведенных вибродиагностических испытаний показал, что наиболее опасным в отношении вибрации является крайние агрегаты 1 и 5. Измерение биения валов подтвердили эти выводы.

После обработки полученных замеров получили следующие величины биений: на агрегате №1 максимальное значение биения вала составляет 0,061 мм; №2-0,061 мм; № 3-0,228 мм; № 5-0,483 мм.

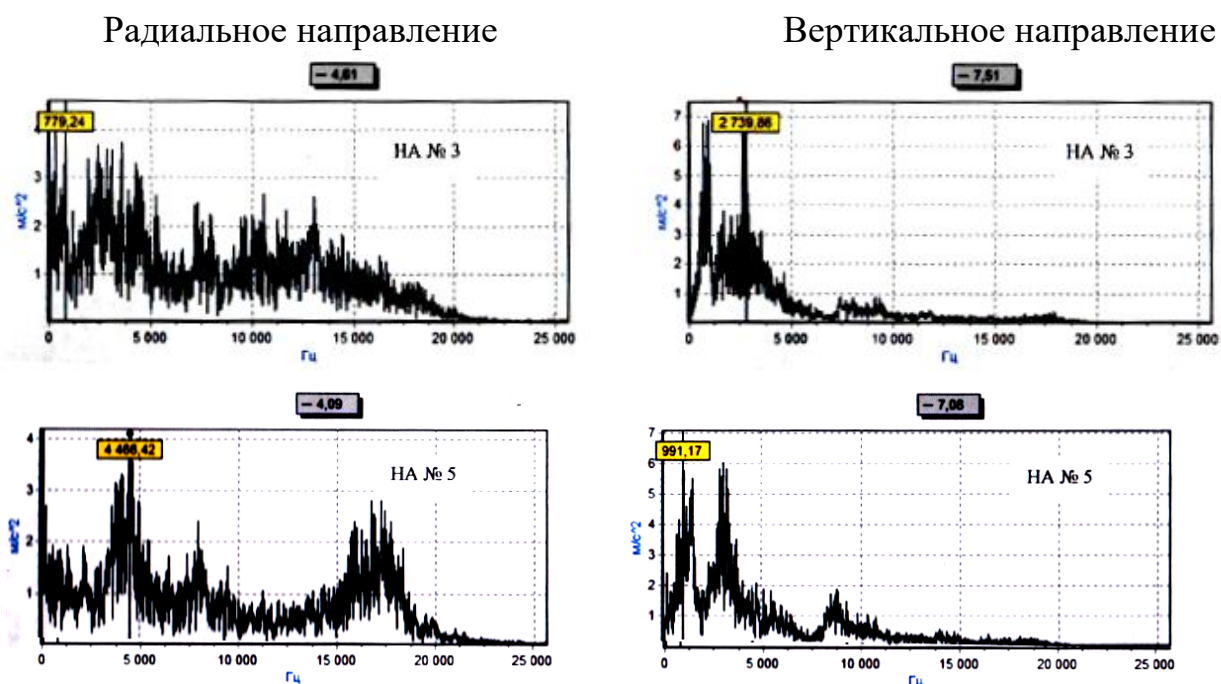
По программе исследований испытания проводились на трёх агрегатах насосной станции №1. Исходя из фактического режима работы (три агрегата разной подачи при изменении уровней воды нижнего и верхнего бьефов) для испытаний выбраны новый агрегат типа 300ВО-37/26Ц (НА №3) и два агрегата типа ОПВ11-260 (НА №2, 6), параметры которых представлены в таблице 9.

Для измерения общего уровня виброскорости в полосе частот 2...1000 Гц и спектрального анализа применялся вибронализатор СД-12М.

Таблица 9

Основные номинальные параметры испытаний насосов

НС-1 КМК	НА №3	НА №2, 6
Марка насоса	300 ВО-37/26 Ц	ОПВ 11-260 ЭГ
Подача, м ³ /с	39,0	40,5
Полный напор, м	21,5	19,3
Мощность, кВт	9500	8700
Коэффициент полезного действия, %	87	86
Допускаемый кавитационный запас, м	13,0	11,0
Диаметр камеры рабочего колеса, мм	2485 (цилиндр)	2500 (сфера)



С точки зрения вибрационной прочности в агрегатах наиболее опасны колебания периодического характера, которые являются следствием механических, электромагнитных и гидравлических процессов с явно выраженными дискретными составляющими. Подобные опасные колебания в основном являются сильными диагностическими сигналами и хорошо выделяются на фоне вибрационных помех. Такой дефект как следствие изменения профиля лопастей при износе зафиксирован при измерении вибрации на агрегате № 3 (21 мкм) и № 5 (42 мкм) при измерении вибрации на РК 24 и 50 мкм (рис.3).

Причиной неоднородности потока является несимметричное обтекание вращающихся лопастей при образовании водоворотных зон. Неоднородность потока приводит к появлению на камере рабочего колеса вибрации на лопастной частоте f_d и её высших гармониках. Для изношенных камер и рабочих колес преобладает комбинация указанных выше причин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены показатели надёжности системы и отдельных элементов каскадов оросительных насосных станций, установлена взаимосвязь между продолжительностью их безотказной (безаварийной) работы и характеристиками надёжности.

2. Для насосов, эксплуатируемых на Каршинском магистральном канале (КМК) с наработкой не менее 2000 часов, вероятность отказа составила $Q(t) = 0,30$, что означает, что около 30 % насосов выходят из строя, не отработав 2000 часов.

3. В период 2020–2023 гг. получены данные о понижении и повышении уровня воды (по результатам эхолотных исследований, измерений расхода, уровня и мутности воды). Исследования пропускной способности подводящего канала, степени заиления и общего состояния показали накопление наносов и отложений иловых частиц, особенно в последнем участке, прилегающем к аванкамере. Определён фракционный состав наносов: 80 % общего объёма отложений приходится на весенне-летний период, удельный вес мелких (глинистых) фракций составляет 75–80 %, доля песчаных частиц диаметром более 0,05 мм — 20–25 %, а объёмная плотность осадка составляет 1,2 т/м³.

4. Для обеспечения надёжности насосных агрегатов в процессе эксплуатации с использованием методов технической диагностики были рассмотрены допустимые показатели вибрации насосов типов ОПВ 11-260 и 300 ВО-37/26Ц в соответствии с действующими нормативными критериями оценки.

При этом в качестве параметра общей вибрации принималось среднеквадратичное значение амплитуды колебаний при стационарной работе насоса в диапазоне частот 2–1000 Гц.

5. В целях повышения надёжности и энергосбережения разработаны рекомендации по снижению уклона уровня воды в подводящем и машинном каналах. По проектным расчётам изменение уклона машинного канала длиной 20 км с 0,00015 до 0,0001 позволяет экономить до 18,0 млн кВт·ч электроэнергии в год. Реализация предложенных научных рекомендаций обеспечивает повышение надёжности и безопасности каскада на 7–10 % и достижение значительного экономического эффекта.

6. На основе анализа и обработки результатов исследований оценено текущее состояние головного участка канала, включая зону безплотинного водозабора из Амударьи в КМК, и разработаны мероприятия по борьбе с наносами и заилением. Внедрение математической модели движения потока воды в подводящем канале насосных станций, а также научных рекомендаций, разработанных автором и внедрённых Управлением эксплуатации Каршинского магистрального канала, позволило повысить водоснабжение насосной станции №1 КМК на 5–7 %. За разработанную программу «Методики оценки надёжности объектов механической системы водоподъёма» автору выдано свидетельство № DGU 43239 Министерства юстиции Республики Узбекистан, и программа внедрена в производственную деятельность Управления эксплуатации КМК.

**ONE TIME SCIENTIFIC COUNCIL UNDER THE SCIENTIFIC COUNCIL
PhD.04/30.04.2021.T.111.04 FOR THE AWARDING OF SCIENTIFIC
DEGREES AT KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITY

TURSUNOV FERUZ YULDASHEVICH

**IMPROVING THE RELIABILITY AND SAFETY OF CASCADES OF
IRRIGATION PUMPING STATIONS (USING THE EXAMPLE OF THE
KARSHI MAIN CANAL)**

05.09.06 – Hydrotechnical and melioration construction

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

Karshi – 2025

The topic of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under B2024.1.PhD/T4525.

The dissertation was completed at the Karshi State Technical University.

The dissertation abstract is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) and is posted on the Academic Council web page (www.kstuu.uz) and on the information and educational portal "Ziynet" (www.ziynet.uz)

Scientific supervisor: **Rustam Khuzhakulov**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Oleg Yakovlevich Glovatskiy**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Jaloliddin Ibodullaevich Rashidov
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences

The leading organization: **Tashkent University of Architecture and Civil Engineering**

The defense of the dissertation will take place on "28" 10 2025 15:00 hours at a meeting of the one-time scientific council PhD 04/30.04.2021.T.111.04. at the Karshi State Technical University. (Address: 180100, Karshi, Mustakillik Street, 225). Tel.: (998-75)221-09-23; e-mail: admin@kstuu.uz.

The dissertation can be found at the Information and Resource Center of the Karshi State Technical University. (registered №155). (Address: 180100, Karshi, Mustakillik Street, 225) Tel.: (998-75)221-09-23

The abstract of the dissertation was sent out on "16" 10 2025. (register of the mailing protocol No. 3/R in "16" 10 2025).



S.S. Eshev
Chairman of the one-time scientific council for awarding academic degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

Sh.A. Latipov
Scientific Secretary of the one-time scientific council for awarding academic degrees, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor

A.A. Yangiev
Chairman of the scientific Seminar under the one-time scientific council for awarding academic degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (PhD dissertation abstract)

The objective of the study: to assess the current state of reliability and safety of Karshi main channel pumping stations during their operation and to justify their improvement.

The scientific novelty of the research is as follows:

Kaoru Ishikawa and Pareto diagrams, which allow predicting the duration of their operation for the cascade of Karshi main channel pumping stations, were developed taking into account the analysis of influencing factors and the reliability of the operating modes of the main equipment of the pumping station:

Based on statistical data on failures at irrigation pumping stations and their processing, methods for determining quantitative indicators of reliability and safety of pumping station equipment and structures were improved taking into account the technical condition of the pumping units;

A relationship was established between the period of operation without failures and reliability indicators at Karshi main channel pumping stations, taking into account the multi-element nature of the equipment and structures of the system;

Methods for assessing the vibration state of important components of hydraulic units, clarifying vibration norms and predicting the main types of equipment damage based on their characteristic features have been improved taking into account the results of vibration tests on pumping units.

Approbation of research results. The results of this research were discussed at 8 international and 6 republican scientific and practical conferences.

Publication of research results. A total of 23 scientific works on the topic of the dissertation, including 6 articles in scientific publications recommended for publication by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan as the main scientific results of doctoral dissertations, were published, of which 1 was published in foreign and 5 in republican journals. The “Device for Protecting Waterways from Floating Debris” co-authored by the author was granted a patent for invention No. 8088 based on application No. IAP 2024 0694 of the State Institution “Intellectual Property Center” under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan (registered in the State Register of Inventions of the Republic of Uzbekistan on 09.06.2025).

The Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan issued a certificate No. DGU 43239 on 14.10.2024 for the program “Methods for assessing the reliability of mechanical water lifting system facilities”, and 2 scientific recommendations prepared by the author were accepted for implementation by the Amu-Kashkadarya Irrigation Systems Basin Administration.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions and recommendations, a list of used literature, and appendices. The volume of the dissertation is 110 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Хужакулов Р., Байматов Ш.Х., Турсунов Ф.Ю., Исломов И., Насырова Н.Р., Ходжакулова Н.Х. Эксплуатационная надежность каскадов ирригационных насосных станций. Журнал «Архитектура.Строительство и дизайн.-2024,№2-С.233-239.(05.00.00.№4).

2. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Достижение эффективного управления эксплуатации насосных станций. Научно-практич. и инновац. журнал «Земля Узбекистана», №1, 2025,10-13 б. (05.00.00.,ОАК ning 01.12.2020 y.dagi№01-06/1733 xatiga asosan).

3. Хужакулов Р., Рахматов М.И., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Установка плавучих запаней на водозаборах крупных насосных станций. //Журнал «Инновационные технологии», №1(57), 2025.- С.68-73. (05.00.00; №38).

4. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Насырова Н.Р. Энергоэффективное взаимодействие водопроводящих сооружений насосных станций. Журнал «АГРО ИЛИМ», Спец.вып. №2 (109), 2025. - С.185-188 (05.00.00: №3)

5. Xujakulov R., Tursunov F.Yu., Baimatov Sh.Kh., Islomov I.M. Energy saving issues at large pumping stations. "Human capital and occupational safety" scientific and practical electronic journal. 2025, №2 (I part). -Pp. 462-467. (05.00.00., ОАК ning 30.11.2024 y.dagi 364/5-sonli qarori).

6. Хамдамов Б., Хужакулов Р., Насырова Н.Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М., Самандарова Г.А. "Suv yo'lini suzib yuruvchi chiqindilardan himoya qiluvchi qurilma"ga Adliya vazirligi huzuridagi "Intellectual mulk markazi" davlat muassasasining № IAP 2024 0694 raqamli 29.11.2024 y.dagi talabnoma asosida berilgan № 8088-sonli patent (O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reyestrda 09.06.2025 yilda ro'yxatdan o'tkazilgan).

II bo'lim (II часть; II part)

7. Tursunov F.Yu. "Qarshi magistral kanaldagi katta sugorish nosos stansiyalari kaskadlarining ishonchligi". "TIQXMMI" MTUning Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti "Global iqlim o'zgarishi oqibatlari, suv tanqisligini yumshatishning hozirgi holati va istiqbollari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to'plami, 19-20 mart 2024 y. - Qarshi. - b. 464-469.

8. Tursunov F.Yu. "Dunyodagi yirik gidroelektr stantsiyalarining qurilish tarixi". "TIQXMMI" MTUning Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti "Global iqlim o'zgarishi oqibatlari, suv tanqisligini yumshatishning hozirgi holati va istiqbollari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to'plami, 19-20 mart 2024 y. - Qarshi. - b. 460-464.

9. Xujakulov R., Tursunov F., Islomov I. The effect of sinking soilson the reliability of hydraulic structures «The effect of sinking soilson the reliability of hydraulic structures». In the collection of materials of the international scientific

and practical conference “The Future of Hydrogeology: Modern Trends and Prospects”. Karshi, KIEI, “Intellect”, 2024. - Pp. 87-94.

10. Хужакулов Р., Турсунов Ф., Исломов И., Самандарова Г.А. «Особенности совместной работы просадочных лессовых оснований и гидротехнических сооружений». В сб.материалов международной научно-практической конференции «Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы». Карши, КИЭИ, «Интеллект», 2024.- С.82-87.

11. Xujakulov R., Tursunov F.Yu. “Mashinali suv ko‘tarish tizimi obektlari ishonchliligini baholash uslublari” nomli dasturi uchun O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi tomonidan 14.10.2024 y.da berilgan № DGU 43239-raqamli guvohnoma.

12. Турсунов Ф.Ю., «Оценка эксплуатационных материалов по надёжности каскада насосных станций Каршинского магистрального», ЮКУ им. М. Ауэзова, 13-14 января 2025 г., г.Шымкент, Республика Казахстан, <https://us06web.zoom.us/j/4723115351?pwd=o3toliNuebihLaFoUuT2vnpbw8Q68b.1&omn=83509663433>

13. Khuzhakulov R., Tursunov F.Yu., Islomov I.M., “Reliability and safety of cascades of irrigation pumping stations”. International scientific and practical conference “Challenges and solutions in the integration of digital technologies into the graphic education process”, <https://doi.org/10.5281/zenodo.15243138>, april 14, 2025. - Pp. 398-404.

14. Хужакулов Р., Дусматов Р.К., Турсунов Ф.Ю., Насырова Н.Р., Исломов И. «Повышение надёжности эксплуатации гидротехнического узла Каршинского магистрального канала», The conference dedicated to the 90 th anniversary of the “Tashkent Institute of Irrigation and AgriculturalMechanization Engineers” National Research Universityon the topic “Development of Specialized Higher Education andScience in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities “International Scientific Conference, Conference Proceedings, ТПАМЕ, April 9-10, 2025. - b. 234-241.

15. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И. Устройство для защиты водотоков от плавника на водозаборах насосных станций. The conference dedicated to the 90 th anniversary of the “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University on the topic “Development of Specialized Higher Education andScience in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conference, Conference Proceedings, ТПАМЕ, April 9-10, 2025. - b. 241-248.

16. Хужакулов Р., Исломов И.Турсунов Ф.Ю., Насырова Н.Р. Эксплуатационная надёжность гидротехнического узла Каршинского магистрального канала. В сб.матер. междунар. научно-технич. конф. «Инновационные техноло гии в охране окружающей среды», 1-2 мая 2025 г., Самарканд, Сам ГАСУ, - С.217-221.

17. Хужакулов Р., Исломов И.М., Турсунов Ф.Ю. Анализ нестационарного движения многофазного потока с искусственным расслоением потока. “Mexanikada fan, ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyasi: muammolar, yechimlarva istiqbollar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman

materiallar to'plami. Qarshi, QDTU, "Intellekt" nashriyoti, 1-3 may 2025 y.-b.146-150.

18. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М. Исследование технического состояния основных сооружений, систем и оборудования насосных станций. "Механикада fan, ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasi: muammolar, yechimlar va istiqbollar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallar to'plami. Qarshi, QDTU, "Intellekt" nashriyoti, 1-3 may 2025 y. - b.166-170.

19. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М., "Sugorish nasos stantsiyalar kaskadlarining ishonchliligini oshirish" Gidrotexnika qurilish va gidroenergetikaning bugungi kundagi muammolari va ularning yechimlari, Respublika ilmiy-amaliy anjumani to'plami, Qarshi, QDTU, 13-14 mart, 2025.- b.230-233.

20. Хужакулов Р., Исломов И.М., Турсунов Ф.Ю., "Nasos stantsiyalariga suv olishda suzib yuruvchi cho'kindilardan himoya qiluvchi qurilma". Gidrotexnika qurilish va gidroenergetikaning bugungi kundagi muammolari va ularning yechimlari, Respublika ilmiy-amaliy anjumani to'plami, Qarshi, QDTU, 13-14 mart, 2025. - b. 245-248.

21. Хужакулов Р., Турсунов Ф., Исломов И., Самандарова Г., Хо'jayоров Ш. Operational Reliability of the Pumping Station of the Karshi Main Canal. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE. <https://cajotas.centralasianstudies.org/index.php/CAJOTAS> Volume: 06 Issue: 04 | 2025 ISSN: 2660-5317

22. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М., Самандарова Г.А. Раймова Н.Ж. Sug'orish nasos stantsiyalari ishonchliligi va xavfsizligini oshirish bo'yicha ilmiy tavsiyanoma (Qarshi magistral kanali misolida). Tavsiyanoma Amu-Qashqadaryo irrigatsiya tizimlari havza boshqarmasi texnik kengashi (bayonnoma №1, 26.05.2025 y.) va Qarshi davlat texnika universiteti Ilmiy kengashi (bayonnoma №2, 29.05. 2025 y.) tomonidan ko'rib chiqib, ma'qullangan va nashr etishga tavsiya etilgan. Qarshi, QDTU, "ILM-FAN-MA'NAVIYAT" nashriyoti, 2025. - 23 b.

23. Хужакулов Р., Турсунов Ф.Ю., Исломов И.М., Самандарова Г.А. Рекомендации по установлению причин и вида отказов гидротехнических сооружений ирригационных систем. Рекомендации рассмотрены и одобрены техническим советом Аму - Кашкадарьинского бассейнового управления ирригационных систем (протокол № 1 от 26.05.2025г.) и Советом Каршинского государственного технического университета (протокол №2, от 29.05.2025 г.). Карши, КГТУ, "ILM-FAN-MA'NAVIYAT", 2025. - 63 с.