

UO‘K: 621.221

BANKI TURBINASI ISH SAMARADORLIGIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLAR VA ULARGA QARSHI CHORALAR

Ochilov Obid Boymurod o‘g‘li – tayanch doktorant,
ORCID: 0000-0002-1172-4747, E-mail: obidbekochilov@bk.ru

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. Dunyo bo‘yicha elektr energiyasiga bo‘lgan talabning o‘sishi va elektr energiyasi ishlab chiqarishning istiqbollari, xususan gidroenergetika sohasi bo‘yicha tahlillar olib borildi. mikro-gidroelektrostansiyalar (mikroGES) lardan foydalanish va ularda ishlatiladigan banki turbinalarining samarali ishlashiga ta’sir etuvchi gidravlik, konstruksion, ekspluatatsion va tabiiy omillarga to‘g‘risida fikrlar yuritilgan. Ularni nazorat qilish turbina ishlash muddatini uzaytirish va energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam beradigan amaliy va nazariy usullar yoritilgan.

Samaradorlik monitoring tizimlarini joriy etish, tabiatga ta’sirni kamaytirish va banki turbinasining optimal dizaynini ishlab chiqish usullari ham keltirilgan. Banki turbinalarining samarali ishlashi uchun tizimli yondashuv va doimiy texnik xizmat ko‘rsatish muhim ahamiyat kasb etishi to‘g‘risida ma’lumotlar berilgan.

Kalit so‘zlar: elektr energiyasi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, gidroenergetika, mikroGES, gidravlik turbinalar, banki turbinasi, oqizqlar.

УДК: 621.221

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУРБИНЫ БАНКИ И МЕРЫ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

Очилов Обид Боймурод угли – докторант (PhD)

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. Проведен анализ мирового роста спроса на электроэнергию и перспектив генерации электроэнергии, особенно в области гидроэнергетики. Рассмотрено использование микро-гидроэлектростанций (микро-ГЭС) и факторы, влияющие на эффективную работу турбин Банки, применяемых в них, включая гидравлические, конструкционные, эксплуатационные и природные факторы. Выделены практические и теоретические методы контроля этих факторов, которые помогают продлить срок службы турбины и повысить эффективность производства энергии.

Также представлены внедрение систем мониторинга эффективности, снижение воздействия на окружающую среду и методы разработки оптимальной конструкции турбин Банки. Подчеркнута важность системного подхода и регулярного технического обслуживания для эффективной работы турбин Банки.

Ключевые слова: электроэнергия, возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика, микро-ГЭС, гидравлические турбины, турбина Банки, наносы.

UDC: 621.221

FACTORS AFFECTING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF HYDROELECTRIC TURBINES AND COUNTERMEASURES

Ochilov, Obid – Doctoral student (PhD)

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. An analysis was conducted on the global increase in demand for electrical energy and the prospects for electricity generation, particularly in the field of hydropower. The use of micro-

hydropower plants (micro-HPPs) and the factors affecting the efficient operation of Banki turbines used in them, including hydraulic, structural, operational, and natural factors, were discussed. Practical and theoretical methods for controlling these factors, which help extend the turbine's lifespan and improve energy production efficiency, were highlighted.

The implementation of efficiency monitoring systems, reducing environmental impact, and methods for developing the optimal design of Banki turbines were also presented. The importance of a systematic approach and regular maintenance for the efficient operation of Banki turbines was emphasized.

Keywords: *Electrical energy, Renewable energy sources, hydropower, micro-HPP, hydraulic turbines, Banki turbine, sediments.*

Kirish

Dunyo bo'yicha elektr energiyasiga bo'lgan talab tobora ortib bormoqda va bu tendensiya yaqin kelajakda ham davom etishi kutilmoqda. Bunga asosiy sabablar aholi sonining oshishi, urbanizatsiya, sanoat korxonalari va texnologiyalar hisoblanadi. Elektr energiyasiga bo'lgan talabning oshishi global iqtisodiyot, texnologiya va ekologik muammolar bilan chambarchas bog'liq. Bu muammolarni hal qilish uchun yangi innovatsion va texnologik yechimlar muhim ahamiyat kasb etadi.

Xalqaro Energiya Agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, 2023-yildan 2030-yilgacha elektr energiyasiga bo'lgan talab yiliga o'rtacha 2-3% ga oshishi kutilmoqda. Xususan 2022-2024-yillarda elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi quyidagicha bo'lganligini ko'rishimiz mumkin (1-jadval) [1].

1-jadval

Dunyo bo'yicha elektr energiyasi ishlab chiqarish 2022-2024-yillar million kVt/soat

T/r	Energiya ishlab chiqarish turi	2022-yil	2023-yil	2024-yil
1.	Issiqlik elektr stansiyalari	16 944,98	17 326,23	17 476,5
2.	Gidroelektr stansiyalar	4 345,61	4 279,19	4 422,5
3.	Qayta tiklanuvchi energiya manbalari	3 412,33	3 979,95	4 270,0
4.	Yadroviy elektr stansiyalar	2 683,2	2 723,12	2 745,0
5.	Boshqa	1 779,08	1 615,92	1 586,0
Jami:		29 165,20	29 924,40	30 500,00

1-jadval jadvaldan ko'rishimiz mumkinki qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan elektr energiyasi ishlab chiqarish 2022-yilda 26,6%, 2023-yilda 27,6%, 2024-yilda esa 28,5% ni tashkil etmoqda, bundan ko'rinib turibdiki qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan talab yildan yilga oshib bormoqda va 2030-yilga borib 45-50% ga yetishi kutilmoqda [2-4]. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish ekologik va global isish muammolarini oldini olishga katta hissa qo'shadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida gidroenergetika sohasi muhim ahamiyatga ega energiya ishlab chiqaruvchilardan biri hisoblanadi. Yuqoridagi jadvaldan ko'rishimiz mumkinki qayta tiklanuvchi energiya manbalarining 50% dan yuqori qismi aynan gidroenergetika sohasiga to'g'ri keladi. Shundan mikroGES larning ulushi 3% ni tashkil qiladi va bu ko'rsatkich asta sekin oshib bormoqda, mikroGES lardan foydalanish energiya mustaqilligini ta'minlaydi va qishloq hududlarining 20-30% energiya ta'minotini ta'minlashi mumkin hisoblanadi. MikroGES lar uchun ishlatiladigan tubinalar turli xil bo'lib ular quyidagicha ulushlarga to'g'ri keladi (2-jadval) [5].

2-jadval

MikroGES larda ishlatiladigan turbinalar nisbati

T/r	Turbina turi	Ulushi, %	Suv bosimi, m	Suv oqimi, m ³ /s
1.	Pelton	35,0	300-2000	0,01-5
2.	Fransis	25,0	50-300	5-100
3.	Kaplan	15,0	2-50	50-500
4.	Banki	15,0	10-200	0,1-10
5.	Turgo	10,0	50-250	0,5-20

Jadvaldan ko'rishimiz mumkinki o'rtacha suv bosimi va kichik suv oqimlari uchun Banki turbinasidan foydalanish samarali hisoblanadi. Shularni inobatga olib biz tadqiqotlarni Banki turbinasi bo'yicha olib bordik va ularning ish samaradorliklariga ta'sir etuvchi omillar va ularning oldini olish bo'yicha turli nazariy tajribalar o'tkazdik.

Uslub va materiallar

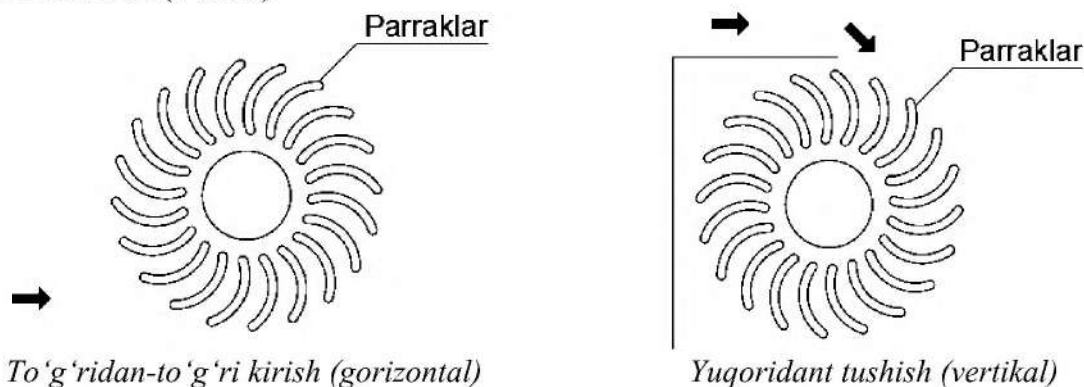
Banki turbinasi – bu arzon va turli geografik hududlarga moslashuvchan turbina bo'lib, u odatda quyidagi diapazonda bo'ladi: tashqi diametri $D = 0,20$ m dan $D = 1,4$ m gacha, parraklar kengligi $B = 0,14$ m dan $B = 0,90$ m gacha, aylanish tezligi $N = 100$ ayl/s dan $N = 3000$ ayl/s gacha [2]. Shuning uchun undan kichik daryo va kanallarda qo'llashimiz mumkin hisoblanadi.

Banki turbinasining ish samaradorligiga ta'sir etuvchi omillarni 4 turga bo'lish mumkin va ular quyidagicha:

1. Gidravlik omillar:

1.1. suv bosimi va oqim tezligi – bunda suvning tushish balandligi va sarfi muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. Loyihalash davomida qulay joylashuv tanlash mumkin.

1.2. Oqim yo'nalishi va suyuqlik dinamikasi – oqimining turbinaga qanday yo'naltirilishi va turbina ichida noto'g'ri harakatlanishi turbina samaradorligini kamaytiradi. Loyihalash davomida oqimning turbinaga to'g'ri yo'naltirish va uning energiyasidan samarali foydalanish texnologiyasini tanlash muhimdir (1-rasm).



1-rasm. Banki turbinasiga suv oqimining kirish turlari

Bunday holatda oqim yo'nalishi turbinaga to'g'ridan-to'g'ri (gorizontal) yoki yuqoridan (vertikal) tartibda kirishini hisobga olsak biz uchun eng qulay va arzon yechim bu to'g'ridan-to'g'ri (gorizontal) oqim yo'nalishini tanlash samarali, ammo energetik jihatdan optimal variant bu yuqoridan suv tushadigan (vertikal) turdagi turbina hisoblanadi.

2. Konstruktsion omillar:

2.1. Turbina diametri va kengligi - suv oqimining noto'g'ri taqsimlanishi, ishqalanishning ortishi natijasida turbina ish samaradorligi pasayadi va ularning xizmat ko'rsatish muddatlarini qisqartirib yuboradi. Buning oldini olish uchun loyihalash davomida eng optimal ish rejimini ta'minlay oladigan diametr va kenglikni tanlash lozim.

Bundan ko'rinib turibdiki biz uchun turbinaning eng qulay diametri 1 m ni tashkil etadi.

2.2. Turbina parraklari soni va oqimga nisbatan joylashish burchagi – parraklar soni kam bo'lsa yetarli darajada aylanishni ta'minlay olmaydi, aksincha bo'lsa qarshiliklar ortib ketishi mumkin, parraklarning oqimga nisbatan joylashish burchagi noto'g'ri tanlanishi natijasida ishqalanish ortadi

va turbina parraklarining tez yemirilishiga olib keladi. Buning oldini olish uchun loyihalash davomida optimal parraklar soni va oqimga nisbatan joylashish burchagini tanlash yechim topsa bo'ladi.

3. Eksploatatsion omillar (Texnik xizmat ko'rsatish va profilaktika) – turbina ishchi qismlarining nazorat qilinmasa va podshipniklar doimiy moylab turilmasa, ularning ishdan chiqishi vallar va ishchi qismlarning yemirilishiga olib keladi. Natijada turbinani kapital ta'mirlash ishlarini amalga oshirishga olib keladi, bu esa mablag' va vaqt yo'qotilishiga olib keladi. Buning oldini olish uchun to'g'ri eksploatatsiyani amalga oshirish va eksploatatsiya daftarini yuritish lozim.

4. Tabiiy omillar:

4.1. Qum va mayda toshlar - turbina pichoqlariga urilib, ularning yemirilishiga olib kelib, samaradorlikni pasaytiradi va texnik xizmat ko'rsatish talabini oshiradi. Bundan himoyalaniish juda qiyin va qimmat hisoblanadi, shuning uchun turbinalarga suv oqimini to'g'ri yo'naltirish, parraklar yasashida mustahkam materiallar (AISI 304 yoki AISI 316 zanglamaydigan po'lat)dan foydalanish va turbinaning optimal dizaynini tanlash orqali yemirilishni kamaytirish mumkin.

4.2. Barglar, yog'och bo'laklari va boshqa katta oqiziqlar – ularning turbina ichida tiqilib qolishi uning normal ishlashiga to'sqinlik qiladi. Oqiziqlar hajmiga nisbatan 3 guruhga bo'linadi yirik - 50 mm dan katta, o'rta hajmdagi 10-50 mm oralig'idagi, mayda – 10 mm dan kichik oqiziqlar. Bunday oqiziqlar turbinalarga jiddiy zarar yetkazishi va hatto butunlay ishdan chiqarishi ham mumkin. Buning oldini olish uchun turbinaga keluvchi suv yo'liga mexanik panjaralar o'rnatish arzon va sifatli yechim hisoblanadi. Panjara teshiklari kattaligi, joylashuvi va materialini tanlash uchun esa oqiziqlar hajmi va panjaralarning ishlash muddatlarini hisobga olish kerak.

4.3. Baliqlar va suv hayvonlari - suv tezligi yuqori bo'lishi va pichoqlarning harakati natijasida mayda baliqlar va suv hayvonlari jiddiy shikastlanishi, yirikroq baliqlar va suv hayvonlari esa turbinaga tiqilib qolishi mumkin. Bunday holatlar turbina parraklarini qiyshaytirishi yoki sindirib yuborishi mumkin va ish samaradorligiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Buning oldini olish uchun mexanik panjaralar o'rnatishdan tashqari baliqlar uchun alohida suv yo'laklari tashkil qilish lozim (3-jadval) [8].

3-jadval

Panjara teshiklari kattaligi va joylashuvini tanlash

T/r	Oqiziq turi	Teshiklar o'lchami, mm	Panjaraning joylashuvi, °
1.	Barglar va mayda yog'ochlar	5-15	20-30
2.	Plastmassa va boshqa qattiq chiqindilar	10-20	15-20
3.	Baliqlar va suv hayvonlari	15-30	10-15

Natijalar

Yuqoridagi ma'lumtlar asosida biz uchun optimal ish rejimida ishlaydigan banki turbinasini loyihalashtiramiz. Buning uchun biz, oqim tezligi - 3,4 m/s, geometrik napor - 3 m va 5 kV li 6 qutbli generatoridan foydalanilgan holat bo'yicha ko'rib chiqamiz. Birinchi navbatda suv oqimining turbinaga quyilish burchagini quyidagi formuladan foydalanib aniqlab olamiz [6, 7].

$$\tan(\alpha) = \frac{V \sin(\theta)}{V \cos(\theta) V_{tur}} = \frac{V \sin(\theta)}{V \cos(\theta) \left(\frac{V D}{2}\right)} = \frac{3,4 \sin(18^\circ)}{3,4 \cos(18^\circ) (3,4 \frac{1}{2})} \approx \tan(0,6854) = 34,4^\circ \approx 35^\circ \quad (1)$$

bu yerda $\tan \alpha$ – oqimning yo'nalish burchagi, °; V – oqimning o'rtacha tezligi, m; θ – parraklarning egilish burchagi, ° (Banki turbinasida parraklar odatda 16°–20° burchak bilan joylashadi, biz $\theta = 18^\circ$ deb olamiz); V_{tur} – turbinaning chiziqli tezligi, m/s.

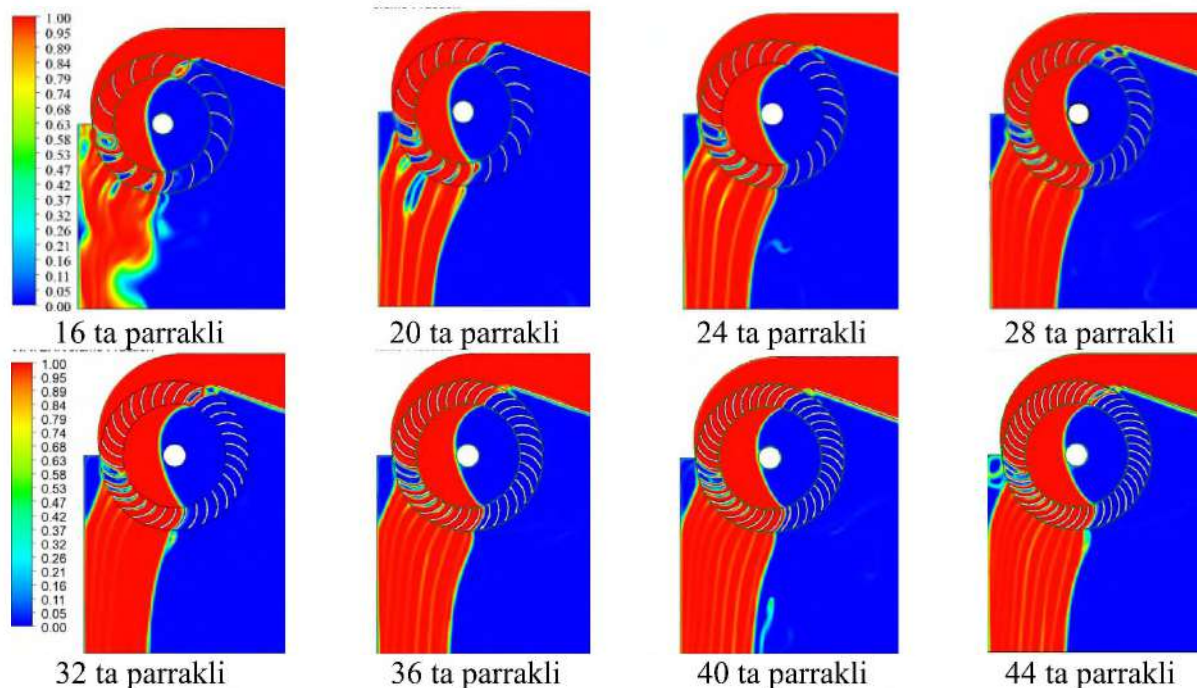
Turbinaga suv oqimining quyilish burchagini hisoblab oldik endi biz turbinaning diametrini aniqlashimiz mumkin bo'ladi, buning uchun quyidagi formuladan foydalanishimiz mumkin [9, 10]

$$D = \frac{82,9 \cdot V \cdot \tan \alpha \cdot \sqrt{H_g}}{N} = \frac{82,9 \cdot 3,4 \cdot 0,82 \cdot \sqrt{3}}{500} = 0,8 \text{ m} \quad (2)$$

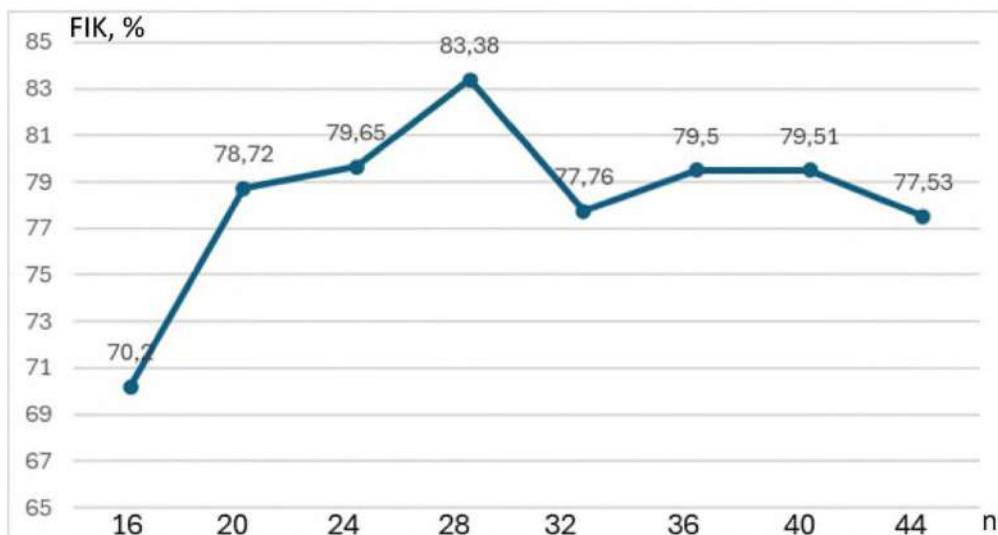
bu yerda D – turbina diametri, m; 82,9 – emperik koeffetsiyent; H_g – geometrik balandik, m; N – turbinaning aylanishlar soni, ayl/min.

Turbina diametrini 0,8 m deb olamiz va endi suv oqimi energiyasida to‘liq foydalanish uchun turbina parraklari sonini optimal qiymatlarini aniqlash bo‘yicha Solidworks dasturida matematik tahlillar o‘tkazib ko‘ramiz. Biz turbina parraklari sonini 16 tadan 44 gacha oshirib suv oqimi berib sinab ko‘rdik (2-rasm).

Parraklar sonining yetarli miqdorda emasligi suv oqimi noto‘g‘ri taqsimlanishiga olib keladi va bu suv oqimi energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini kamaytiradi. Parraklar sonining ko‘pligi esa qarshiliklarni ko‘paytiradi va turbina konstruksiyani og‘irlashtirib turbina narxining qimmatlashishiga olib keladi.



2.1-rasm. 500 ayl/min banki turbinasining parraklari soni bo‘yicha suv oqimining ta’siri



2.2-rasm. Parraklar sonining oqim energiyasidan foydalanish ko‘rsatkichi, %.

Yuqoridagi tahlil natijalarini umumlashtirganimizda banki turbina uchun eng optimal variant 28 parrakli turbina ekanligini ko‘rishimiz mumkin (2.2-rasm).

Xulosalar

1. 2030-yilga borib elektr energiyasiga bo'lgan talab hozirgiga nisbatan 20-30% atrofida oshishi, 35 000–38 000 terravattga yetishi va buning 45-50 % qismini Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan olinishiga erishilishi kutilmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va MikroGES lardan foydalanish ekologik muammolarni kamaytirish, global isishning oldini olish va energiya mustaqilligini ta'minlash imkoniyatini beradi. MikroGES lardan foydalanishda erkin oqimli suv energiyasidan foydalanish bu tizim samaradorligini yanada oshiradi.

2. MikroGES larni ommaviy ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish, tog'li va qishloq hududlarida elektr energiyasiga bo'lgan talabning 50 % gacha qismini qoplashi mumkin. Erkin suv oqimi energiyasidan foydalanadigan gidroturbinalardan banki turbinalari bo'yicha hali ko'p tadqiqotlarni amalga oshirish mumkinligi va ularning optimal ish parametrlarini aniqlash lozimligini ko'rsatadi.

3. Banki turbinasi uchun eng optimal suv oqimining tushish burchagi 35° ni, parraklari esa 28 tadan iborat turbina suv oqimi energiyasidan samarali foydalanishni ta'minlaydi, konstruksiyaviy jihatdan yengil va iqtisodiy jihatdan maqbul hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1] <https://www.iea.org/>.
- [2] Emanuele Quaranta, Jean Pierre Perrier and Roberto Revelli. Optimal design process of crossflow Banki turbines: Literature review and novel expeditious equations. *Ocean Engineering* Volume 257, 1 August 2022, 111582. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111582>.
- [3] Nirmal Acharya, Chang-Gu Kim, Bhola Thapa, Young-Ho Lee. Numerical analysis and performance enhancement of a cross-flow hydro turbine. *Renewable Energy* Volume 80, August 2015, Pages 819-826. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.064>.
- [4] Urishev , B., Quvatov , U. J., & Umirov , A. P. (2024). FOTOELEKTRIK NASOS QURILMASINING IQTISODIY SAMARADORLIGINI ANIQLASH: UDK: 621/472:338.001.36. *INNOVATION TEXNOLOGIYALAR*, 55(3), 103–110. Retrieved from <https://innotex-journal.uz/index.php/journal/article/view/23>.
- [5] Sinagra M., Sammartano V., Arico C., Collura A., Tucciarelli T. Cross-flow Turbine Design for Variable Operating Conditions. *Procedia Engineering* 70 (2014) 1539 – 1548 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.170>.
- [6] Anand R.S., Jawahar C.P., Evangelos Bellos, Anders Malmquist. A comprehensive review on Crossflow turbine for hydropower applications *Ocean Engineering* Volume 240, 15 November 2021, 110015 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110015>.
- [7] Bilal Abdullah Nasir. Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-Power Plant. February 2013 *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 2(3):308-311
- [8] Kundan Kumar Sahu, Charu Parashar & Priyanka Dhurvey. Numerical Analysis of Cross-Flow Hydro Turbine with Different Number of Blades Conference paper First Online: 18 January 2024 pp 121–131.
- [9] Mark Anthony Rotor, Ivy Liezel Magno, Christie Claire Boiser & Hamid Hefazi. Blockage and submersion depth effects on horizontal-axis tidal turbine (HATT) in a shear flow environment with wave–current interaction. *Marine Systems & Ocean Technology* Volume 19, pages 15–34, (2024).
- [10] Gerardo Cano-Perea, Edgar Mendoza & Boris Miguel Lopez-Rebollar. Numerical analysis of a ducted water current turbine for low energetic flow conditions. *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*. Volume 10, pages 217–237, (2024).