

**GIDROENERGETIKA//ГИДРОЭНЕРГЕТИКА//HYDROPOWER****NASOS AGREGATLARIDAN CHIQUVCHI SUV OQIMLARI UCHUN
TAKOMILLASHTIRILGAN MIKRO GIDROELEKTR STANSIYASINI ISHLAB
CHIQUVCHI****Qo'ziyev Z.E.¹, Uzoqov G'.N.², Safarov A.B.^{1,2}, Davlonov X.A.²**¹Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, Buxoro, O'zbekiston²Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: Maqolada O'zbekistonning janubiy-g'arbiy hududlari xususan, Buxoro va Qashqadaryo viloyatlaridagi nasos agregatlaridan chiquvchi suv oqimlariga moslashtirilgan mikro gidroelektr stansiyasini ishlab chiqish tadqiqot natijalari keltirilgan. Vertikal o'qli mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tahlillari keltirilgan. Ishlab chiqilgan vertikal o'qli mikro gidroelektr stansiyasining foydali ish koeffitsientining suv bosimi, sarfi o'zgarishi, suv oqimini yo'naltiruvchi va propeller tipli suv g'ildiragi parraklarining o'rnatilish burchagining qiymatlariga bog'liqlik empirik tenglamalari keltirilgan. Suv g'ildiraklarining optimal aylanma tezligini geometrik qonunlar asosida matematik modeli ishlab chiqilgan. Qurilma parraklariga suv oqimining kirish burchagi $\beta=148^{\circ}$, yo'naltiruvchi apparatdan suv oqimining chiqish burchagi $\alpha=53^{\circ}$ bo'lganda gidroturbinaning maksimal foydali ish koeffitsienti 75 % ni tashkil qilishi asoslangan. Shuningdek, mikro gidroelektr stansiyasining past bosimli suv oqimlarida ishonchli ishlashini ta'minlashda takomillashtirilgan magnitoelektrik generator ishlab chiqilgan. Natijada, uning elektromagnit quvvati 20% miqdorida oshganligi aniqlangan. Mikro gidroelektr stansiyasining quvvati suv sarfi va bosimiga qarab 1...50 kW gacha ishlab chiqarish mumkinligi, ushbu stansiya atrofidagi avtonom iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash imkoniyati mavjudligi asoslangan.

Kalit so'zlar: nasos agregati, suv sarfi, suv bosimi, vertikal o'qli mikro gidroelektr stansiya, modellashtirish, suv g'ildiragi, yo'naltiruvchi apparat, magnitoelektrik generator, yakor, induktor, chulg'am, qutb, elektromagnit quvvat.

**РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
ДЛЯ ПОТОКОВ ВОДЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ****Кузиев З.Э.¹, Узаков Г.Н.², Сафаров А.Б.^{1,2}, Давлонов Х.А.²**¹Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан²Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по разработке микрогидроэлектростанции, адаптированной к потокам воды, выходящим из насосных агрегатов расположенных в юго-западных регионах Узбекистана, в частности, в Бухарской и Кашкадарьинской областях. Представлен анализ научных исследований по разработке микрогидроэлектростанций с вертикальной осью. Приведены эмпирические уравнения зависимости коэффициента полезного действия разработанной вертикально-осевой микрогидроэлектростанции от расхода воды, изменения напора воды, угла наклона направляющих потока воды а также лопастей водяного колеса пропеллерного типа. Разработана математическая модель оптимальной скорости вращения водяного колеса на основании геометрических законов. Обоснован максимальный коэффициент полезного действия гидротурбины составивший 75%, при этом угол взаимодействия потока воды с лопастями установки составляет $\beta=148^{\circ}$, угол выхода потока воды из направляющего аппарата $\alpha=53^{\circ}$. Также, разработан усовершенствованный магнитоэлектрический





генератор обеспечивающий надёжную работу микрогидроэлектростанции в низконапорных водотоках. В результате, было установлено что его магнитоэлектрическая мощность увеличилась на 20%. Обоснована возможность разработки микрогидроэлектростанции мощностью 1...50 кВт, в зависимости от расхода и напора потока воды, а также обеспечения бесперебойной электроэнергией автономных потребителей расположенных около данной станции.

Ключевые слова: насосный агрегат, расход воды, напор воды, микрогидроэлектростанция с вертикальной осью, моделирование, водяное колесо, направляющий аппарат, магнитоэлектрический генератор, якорь, индуктор, обмотка, полюс, электромагнитная мощность.

DEVELOPMENT OF IMPROVEMENT OF MICRO HYDROELECTRIC POWER PLANT FOR WATER FLOWS OF PUMPING DEVICES

Kuziev Z.E.¹, Uzakov G.N.², Safarov A.B.^{1,2}, Davlonov X.A.²

¹Bukhara engineering-technological institute, Bukhara, Uzbekistan

²Karshi engineering-economics institute, Karshi Uzbekistan

Abstract: The article presents the results of research on the development of a micro hydroelectric power plant adapted to the water flows coming out of pumping devices located in the southwestern regions of Uzbekistan, in particular, in the Bukhara and Kashkadarya regions. An analysis of scientific research on the development of micro hydroelectric power plants with a vertical axis is presented. Empirical equations are given for the dependence of the efficiency of the developed vertical-axis micro hydroelectric power plant on water consumption, changes in water pressure, the angle of inclination of the water flow guides, and propeller-type water wheel blades. A mathematical model of the optimal speed of rotation of the water wheel based on geometric laws has been developed. The maximum efficiency of the hydro turbine is justified, which is 75%, while the angle of interaction of the water flow with the blades of the installation is $\beta=148^\circ$, the angle of the exit of the water flow from the guide vane $\alpha=53^\circ$. Also, an improved magnetolectric generator has been developed to ensure reliable operation of the micro hydroelectric power station in low-pressure watercourses. As a result, it was found that its magnetolectric power increased by 20%. The possibility of developing a micro hydroelectric power plant with a capacity of 1 ... 50 kW, depending on the flow rate and pressure of the water flow, as well as providing uninterrupted electricity to autonomous consumers located near this station, is substantiated.

Keywords: pumping device, water flow, water pressure, vertical-axis micro hydroelectric power plant, modeling, water wheel, guide vane, magnetolectric generator, stator, rotor, winding, pole, electromagnetic power.

Hozirgi kunda ekologik muammolar va energetik xavfsizlikni barqarorlashtirish, markazlashgan elektr energiya ta'minoti tizimlaridan olisda joylashgan avtonom iste'molchilarni energiya bilan uzluksiz ta'minlashning ahamiyati juda yuqori hisoblanadi. Bu muammolarning asosiy echimi sifatida qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida ishlovchi energetik qurilmalar, xususan, kichik quvvatli gidroenergetik qurilmalarni ishlab chiqish va samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Avtonom iste'molchilarni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlashda boshqa qayta tiklanadigan energiya manbalariga nisbatan barqarorligi yuqori bo'lgan gidroelektr stansiya (GES) larni ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda [1].

O'zbekistonda ham qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida ishlaydigan energetik qurilmalarni ishlab chiqish va joriy etishni jadallashtirish maqsadida qator tadbirlar amalga oshirilmoqda. Iqtisodiyotning turli tarmoqlari hamda ijtimoiy va uy-joy kommunal xizmat ko'rsatish sohalarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etish orqali respublika hududlarida energiya etishmovchiligi qoplanishini ta'minlash, bu boradagi ishlarni 2023-yilda



kompleks tashkil etish mexanizmlarini joriy qilish maqsadida umumiy quvvati 4300 MVt bo'lgan qayta tiklanuvchi energiya manbalarini, shu jumladan "O'zbekenergo" AJ va tadbirkorlik sub'ektlari tomonidan Andijon, Jizzax, Qashqadaryo, Namangan, Samarqand, Surxondaryo, Toshkent, Farg'ona viloyatlarida umumiy quvvati 235,23 MVt bo'lgan 103 ta kichik quvvatli GESlarni qurish orqali 2023-yilda qo'shimcha 243,56 mln kV·soat elektr energiyasi ishlab chiqarish rejalashtirilgan [2].

Turli suv oqimlarida ishlovchi mikro gidroelektr stansiyalarni yaratish va samaradorligini oshirish bo'yicha erishilgan natijalarga qaramay markazlashgan elektr energiya ta'minoti tizimidan uzoqda joylashgan hududlarda mikro gidroelektr stansiyalarni loyihalash ishlarida foydalanib kelinayotgan bo'lsada, ammo respublikamizning janubiy-g'arbiy hududlarida o'zgaruvchan va past bosimli nasos suv oqimlariga moslashtirilgan vertikal o'qli gidroenergetik qurilmalarni modellashtirish va suv g'ildiragi parraklarining suv oqimi bilan ta'sirlashish kuchlarini kamaytirishda parraklarning optimal o'rnatilish burchagini aniqlash va ishlash samaradorligini oshirish bo'yicha tadqiqotlar etarlicha o'tkazilmagan.

Vertikal o'qli gidroenergetik qurilma ma'lum bo'lib, u korpusga joylashtirilgan uchta suv oqimini yo'naltiruvchi qo'zg'almas parraklar, bitta qo'zg'almas valga birlashtirilgan suv oqimi ta'sirida aylanish imkoniga ega bo'lgan ikkita propeller tipli gidroturbinalardan tashkil topgan, korpus tashqi qismiga o'rnatilgan mexanik uzatmalar elektr generator rotoriga ulangan. Ushbu gidroenergetik qurilma orqali gorizontal va vertikal suv oqimlaridan foydalanib uzluksiz elektr energiyasini olish mumkin. Gidroenergetik qurilmaning kamchiligi konstruksiyasi murakkab va ishonchliligi pastligidir [3].

Vertikal suv oqimlari uchun gidroenergetik qurilma ma'lum bo'lib, u vertikal qo'zg'almas valda suv oqimini bir tekisda yo'naltiruvchi qo'zg'almas parraklar, aylanish imkoniyatiga ega bo'lgan Kaplan tipli gidroturbinadan tashkil topgan. Bunday gidroenergetik qurilma o'rta bosimli suv oqimlarda barqaror ishlashga mo'ljallangan. Ushbu gidroenergetik qurilmaning kamchiligi past bosimli suv oqimlarida ishlash samaradorligini pastligidir [4].

Suv oqimlaridan foydalanib elektr energiyasini olish uchun vertikal o'rnatilgan gidroenergetik qurilma ma'lum bo'lib, u qo'zg'almas korpus, suv oqimini yo'naltiruvchi quvur, aylanish imkoniga ega bo'lgan metal quvurga joylashtirilgan suv g'ildiragi va elektr generator tarkib topgan. Ushbu ma'lum gidroenergetik qurilmaning kamchiliklari: suv g'ildiragi parraklarining suv bilan ta'sirlashishda qarshilik kuchlari yuqoriligi, past bosimli suv oqimlarda ishlash samaradorligi va o'zgaruvchan suv sarflarida elektr generator ishlab chiqaradigan elektr energiyasi ishonchliligi pastligidir [5].

Suv ta'minoti quvurlaridagi suv oqimlaridan foydalanib elektr energiyasini olish imkoniyatiga ega bo'lgan propeller tipidagi gidroturbinali gidroenergetik qurilma ma'lum bo'lib, u parraklari propeller tipli suv g'ildiragi o'rnatilgan aylanish imkoniga ega bo'lgan val podshipniklar orqali mahkamlangan quvurga birlashtiriluvchi qo'zg'almas moslamalar, valni elektr generator rotori bilan bog'lovchi zanjirli uzatmalardan tarkib topgan. Ushbu ma'lum gidroenergetik qurilmaning kamchiliklari: past bosimli suv oqimida ishlash samaradorligi va suv oqimi sarfi o'zgaruvchilikda elektr generator ishlab chiqaradigan elektr energiyasi ishonchliligi pastligidir [6].

Tadqiqotning maqsadi - o'zgaruvchan va past bosimli suv oqimlarda samarador ishlovchi vertikal o'qli gidroelektr stansiyasini modellashtirish asosida samaradorlik ko'rsatgichlarini aniqlash.

Tadqiqot natijasida O'zbekistonning janubiy-g'arbiy hududlari xususan, Buxoro va Qashqadaryo viloyatlarining Amu-Buxoro mashina kanali va Qarshi magistral kanali korxonalaridagi nasos agregatlarining yuqori baf tomonida suvni oqib tushish balandligi o'rtacha 0,8...1,6 m gacha va suv oqimi tezligi 3...5 m/s bo'lishi aniqlandi. SHu sababi, ushbu suv oqimlariga samarador ishlashga mo'ljallangan mikro gidroelektr stansiyalarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy qilish muhim ahamiyatga ega.

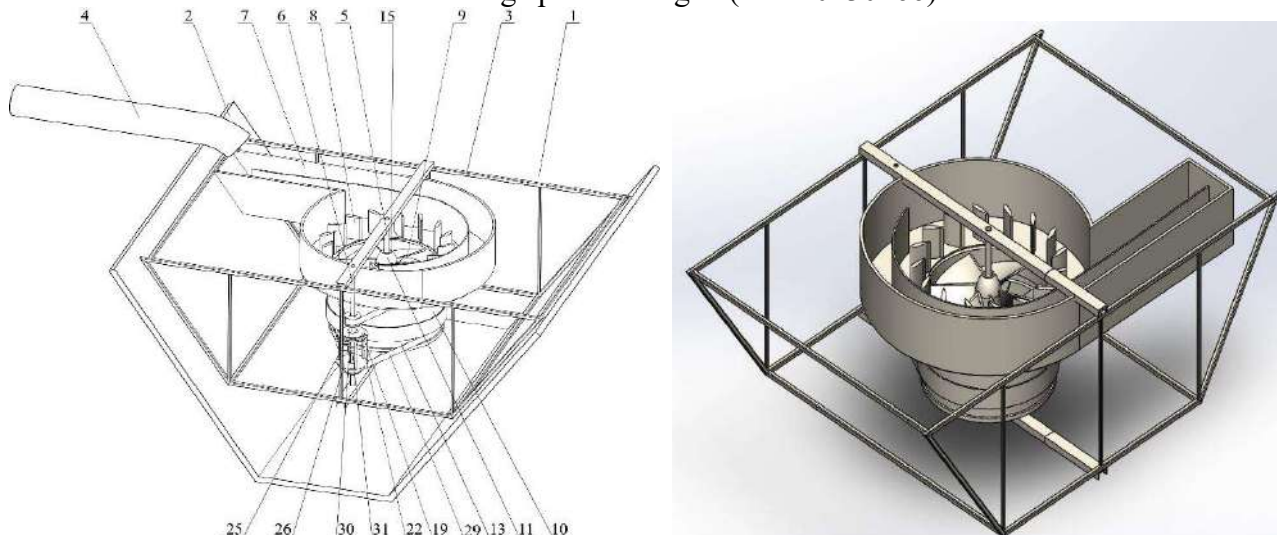
Vertikal o'qli gidroenergetik qurilma, qo'zg'almas valda joylashgan suv oqimi harakatlanuvchi havza ichida o'rnatilgan suv oqimini yo'naltiruvchi apparat, propeller tipli suv parraklari mahkamlangan turli yo'nalishlarda aylanuvchi suv g'ildiraklari, qo'zg'almas val hamda





birinchi suv g'ildiragi ostida ikkinchi suv g'ildiragi ustida suv oqimini bir tekis yo'naltiruvchi qo'zg'almas apparat, qo'zg'almas valda o'rnatilgan kichik aylanish tezliklarda yuqori elektromagnit quvvat olish imkonini beradigan yakori mis chulg'amlardan, induktorlari doimiy magnitlardan tarkib topgan magnitoelektr aksial generatoridan tashkil topgan. Aksial magnitoelektr generatoridan elektr energiyasini olishda cho'tka va kollektorlardan foydalanilgan. Birinchi suv g'ildiragi elektr generatorning yakoriga va ikkinchi suv g'ildiragi elektr generatorning induktorlariga tasmali uzatmalar orqali mexanik harakatga keltiriladi. Hidroenergetik qurilma kanal suv oqimi ustida o'rnatilgan metal profillardan tarkib topgan ramada qo'zg'almas val orqali mahkam joylashtirilgan. Taklif etilayotgan vertikal o'qli gidroenergetik qurilma o'zgaruvchan va past bosimli suv oqimlarda samarador ishlashga mo'ljallangan bo'lib, iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash imkonini beradi.

Mikro gidroelektr stansiyasi quyidagi tartibda ishlaydi: Kanal 2 suv oqimlari ustida metal profillardan tarkib topgan rama 3 mahkamlangan bo'lib, suv oqimi quvur 4 orqali rama 3 ga qo'zg'almas val 5 orqali o'rnatilgan vertikal o'qli gidroenergetik qurilma 1 ga uzatiladi. Suv oqimi aylanma harakatlanuvchi maxsus havza 7 ga suv oqimini yo'naltiruvchi apparat 8 o'rnatilgan bo'lib, birinchi suv g'ildiragi 10 ga suv oqimini bir tekisda uzatilishi natijasida, suv g'ildiragi 10 soat strelkasi yo'nalishi bo'ylab barqaror aylanma harakat qilishni boshlaydi, birinchi suv g'ildiragi 10 ostida va ikkinchi suv g'ildiragi 13 ustida hamda qo'zg'almas val 5 da suv oqimini bir tekis yo'naltiruvchi qo'zg'almas apparat 17 o'rnatilgan bo'lib, ikkinchi suv g'ildiragi 13 ga suv oqimini bir tekisda uzatilishi natijasida, ikkinchi suv g'ildiragi 13 soat strelkasi yo'nalishiga teskari barqaror aylanma harakat qilishni boshlaydi. Birinchi suv g'ildiragi 10 metal disk 26 va vtulka 27 lar orqali birlashtirilgan magnitoelektr aksial elektr generator 24 ning yakori 22 ga va ikkinchi suv g'ildiragi 13 flans birikma 25 orqali birlashtirilgan magnitoelektr aksial elektr generator 24 ning induktor 19,20 lariga tasmali uzatmalar 28,29 orqali mexanik harakat uzatiladi. Qo'zg'almas val 6 da o'rnatilgan yakori 22 mis chulg'amlar 23 dan, induktor 19,20 lari doimiy magnitlar 21 dan tarkib topgan magnitoelektr aksial elektr generator 24 dan uch fazali o'zgaruvchan elektr energiyasi cho'tka 30 va kollektor 31 lardan olinadi. Bunda magnitoelektr aksial elektr generator 24 yakori 22 va induktor 19,20 lari bir-biriga nisbatan teskari aylanishi natijasida kichik aylanish tezliklarida yuqori elektromagnit quvvat olinadi (1-rasm). Ishlab chiqilgan qurilmaga O'zbekiston Respublikasi "Intellectual mulk markazi" dan ixtiroga patent olingan (IAP 20230166).



1-rasm. Takomillashtirilgan vertikal o'qli mikro gidroelektr stansiyasi (IAP 20230166).

Taklif etilayotgan vertikal o'qli mikro gidroelektr stansiyasining foydali ish koeffitsientining suv bosimi, sarfi o'zgarishi, suv oqimini yo'naltiruvchi va propeller tipli suv g'ildiragi parraklarning o'rnatilish burchagining qiymatlariga bog'liqlik empirik tenglamalari quyidagi matematik ifoda orqali aniqlanadi [7,8,9]:

$$\eta(\lambda_t, Q) = Q \cdot \left[\frac{3,33}{2} \cdot \left(\frac{90}{\lambda_t} + Q + 0,78 \right) \cdot \exp \frac{-50}{\lambda_t} \right] \quad (1)$$

bu erda: $\lambda_t = \left[\frac{1}{\lambda+0,0} - 0,0035 \right]^{-1}$ va $\lambda = \frac{R \cdot A \cdot \omega}{Q}$ parraklarning tez yuruvchanlik koeffitsienti; Q – suv oqimining sarfi, m^3/s ; R – suv g‘ildiragining tashqi radiusi, m ; A – suv g‘ildiragi parraklarining yuzasi, m^2 ; ω – suv g‘ildiragining burchak tezligi, rad/c .

Suv g‘ildiragi momentining konstruksiya parametrlariga bog‘liqlik matematik ifodasi quyidagi topiladi.

$$M = \frac{\gamma \cdot Q}{g} \cdot (R_1 \cdot c_1 \cdot \cos(\alpha_1) - R_2 \cdot c_2 \cdot \cos(\alpha_2)) \quad (2)$$

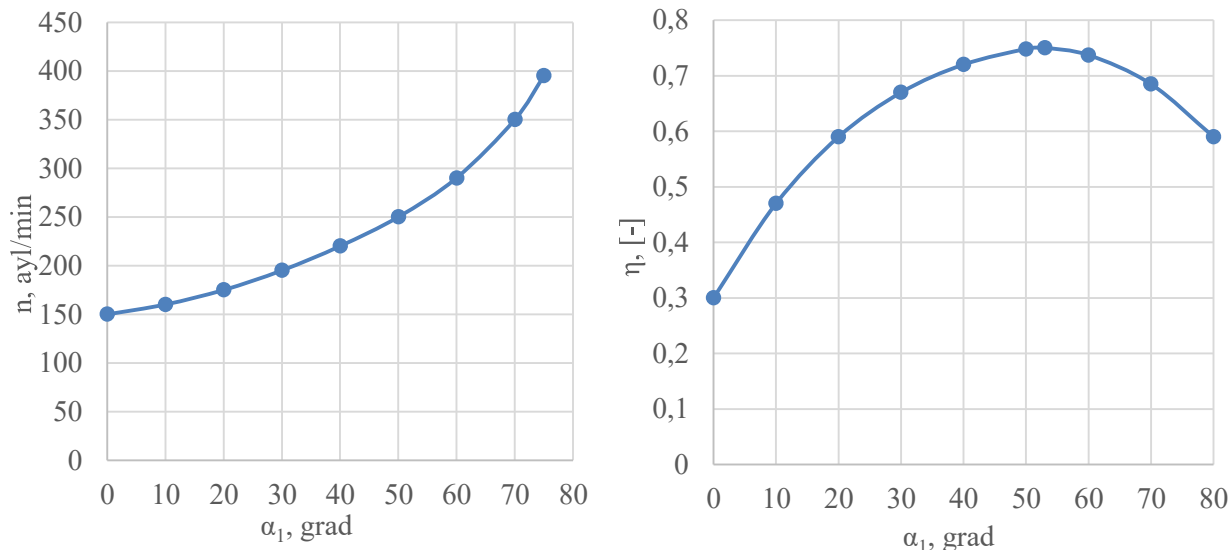
bu erda: γ – suvning solishtirma og‘irligi, N/m^3 ; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; Q – suv oqimining sarfi, m^3/s ; R_1 – suv g‘ildiragining tashqi radiusi, m ; R_2 – suv g‘ildiragining ichki radiusi, m ; c_1 – oqimning yo‘naltiruvchi apparatdan chiqish tezligi, m/s ; c_2 – oqimning suv g‘ildiragidan chiqish tezligi, m/s ; α_1 – yo‘naltiruvchi apparatning chiqish burchagi; α_2 – suv g‘ildiragidan suv oqimining chiqish burchagi ($\alpha_2 = 90^0$).

Suv g‘ildiraklarining optimal aylanma tezligini quyidagi soddalashtirilgan matematik ifodadan foydalanib aniqlaymiz:

$$n_{opt} = \frac{30}{\pi R_1} \cdot \sqrt{\eta \cdot g \cdot H} \cdot \sqrt{1 - \frac{tg(\alpha_1)}{tg(\beta_1)}} \quad (3)$$

bu erda: g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; H – suv napori, m ; α_1 – yo‘naltiruvchi apparatdan suv oqimining chiqish burchagi; β_1 – parraklarga suv oqimining kirish burchagi; η – gidroturbina foydali ish koeffitsienti.

2-rasmda gidroenergetik qurilmaning samaradorlik ko‘rsatgichlarining ko‘rsatgichlari keltirilgan. Bunda parraklarga suv oqimining kirish burchagi $\beta_1 = 148^0$, yo‘naltiruvchi apparatdan suv oqimining chiqish burchagi $\alpha_1 = 53^0$ bo‘lganda gidroturbinaning maksimal foydali ish koeffitsienti 75 % hamda optimal aylanish tezligi 260 ayl/min ni tashkil qilishi aniqlandi.



a)

b)

2-rasm. Vertikal o‘qli gidroenergetik qurilma suv g‘ildiragining optimal aylanish tezligi (a) va maksimal foydali ish koeffitsienti (b) egri chiziqlari.

Nasos agregatlaridan chiquvchi suv oqimining quvvati formulasi [10]:

$$P = \rho \cdot Q \cdot \left[g \cdot H + \frac{v_{kir}^2 - v_{chiq}^2}{2} \right] \quad (4)$$





bu erda: ρ – suvning zichligi, kg/m^3 ; $v_{\text{kir}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ – aylanayotgan suv parraklarida oqimning kirish tezligi, m/s ; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; H – suv oqimining, bosimi, m ; v_{chiq} – aylanayotgan suv parraklarida oqimning chiqish tezligi, m/s .

Agar quvurdan chiquvchi suv oqimining sarfi va bosimini tezligiga bog‘liqligi hisobga olinsa, u holda ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$P = \rho \cdot Q \cdot \left[\frac{Q^2}{2 \cdot S^2} + \frac{v_{\text{kir}}^2 - v_{\text{chiq}}^2}{2} \right] \quad (5)$$

bu erda: S – suv oqimining ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Taklif etilayotgan vertikal o‘qli mikro gidroelektr stansiyasi asosan nasos agregatlaridan chiqadigan suv oqimlariga moslashtirilgan bo‘lib, suv oqimi sarfi va bosimidan kelib chiqib, quvvati 1...50 kVt gacha ishlab chiqirish mumkin. Vertikal o‘qli gidroelektr stansiyasi suv g‘ildiragining maksimal foydali ish koeffitsienti parraklarga suv oqimining kirish burchagi $\beta_1 = 148^\circ$, yo‘naltiruvchi apparatdan suv oqimining chiqish burchagi $\alpha_1 = 53^\circ$ bo‘lganda 75 % ni tashkil qilishi aniqlandi.

Past bosimli suv oqimlari mavjud bo‘lgan hududlarda qo‘llanishi ko‘zda tutilayotgan gidroelektr stansiyalari uchun kichik aylanish tezligiga ega bo‘lgan elektr generatorlardan foydalanish qurilmalarning ishlash samaradorligini va ishonchligini oshiradi.

Uch fazali doimiy magnitlardan tashkil topgan generatoridan olinadigan elektromagnit quvvatni hisoblash quyida keltirilgan ifodadan aniqlanadi [11]:

$$P_e = \frac{3}{2} \omega [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q \quad (6)$$

Juft qutblar soni p bo‘lgan generatorning elektromexanik momenti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$M_e = \frac{3}{2} p [\psi_{PM} + (L_d - L_q) i_d] i_q \quad (7)$$

bu erda: ψ_{PM} – magnit oqim, Vb .

$$\psi_{PM} = \frac{\sqrt{2} E_f}{\omega} \quad (8)$$

Elektr generatorning stator va rotor teskari aylangandagi elektromagnit tezlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\omega = p(\omega_{m1} + \omega_{m2}) \quad (9)$$

bunda bu erda: p – juft qutblar soni.

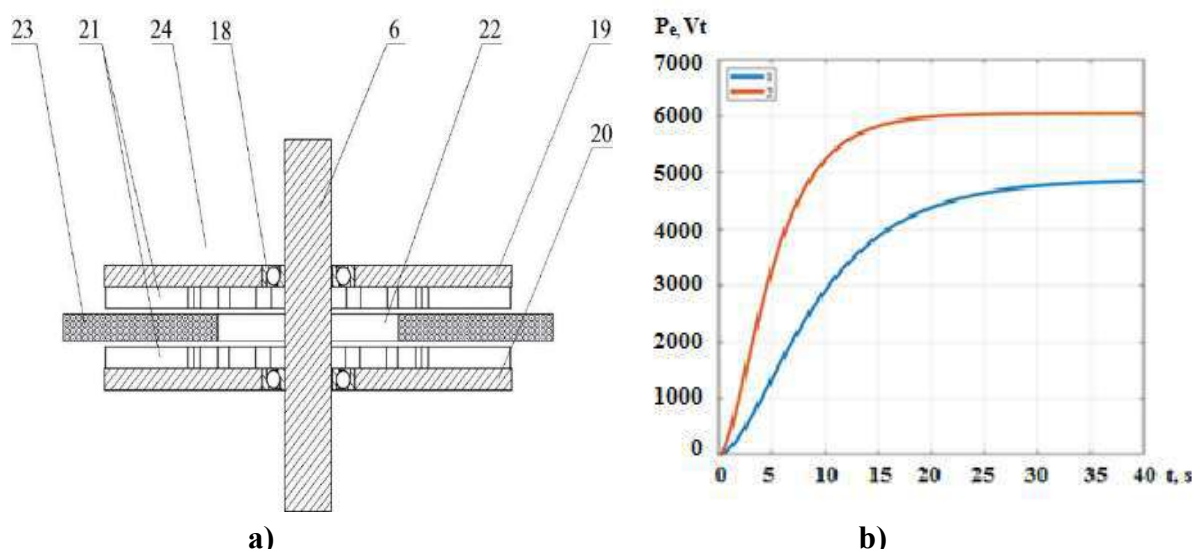
Yakor chulg‘ami induktivligini hisoblash [12]:

d o‘qi va q o‘qi bo‘yicha

$$\begin{cases} L_d = m \mu_0 \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{N k_w}{p} \right)^2 \cdot \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{g'} \cdot k_{fd} \\ L_q = m \mu_0 \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{N k_w}{p} \right)^2 \cdot \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{g_q} \cdot k_{fq} \end{cases} \quad (10)$$

bu erda: N – bitta chulg‘amdagi o‘ramlar soni; R_1 – yakorning tashqi diametri, m ; R_2 – yakorning ichki diametri, m ; p – juft qutblar soni; k_w – yakor chulg‘amini to‘ldirish koeffitsienti; m – fazalar soni.

3 a) rasmda mikro gidroelektr stansiya uchun induktor va yakori bir-biriga nisbatan teskari aylanadigan ko‘p qutbli takomillashtirilgan elektr generatorning vertikal qirqimi keltirilgan. Ushbu generatorda kichik aylanish tezliklarida yuqori elektr yurituvchi kuch (EYUK) hosil qilish mumkin.



3-rasm. Takomillashtirilgan magnitoelektrik generatorning vertikal qirqimi (a), elektr generatorning elektromagnit quvvatlarining solishtirish egri chiziqlari (b).

3 b) rasmda takomillashtirilgan ko‘p qutbli magnitoelektrik generatorning elektromagnit quvvati qiymatlari solishtirilgan. Bunga ko‘ra generatorning yakor va induktori bir-birigi nisbatan teskari aylanganda (1-egri chiziq), generatorning elektromagnit momenti va elektromagnit quvvati generator yakori qo‘zg‘almas induktori aylangan holga (2-egri chiziq) nisbatan 20% oshgani aniqlandi. Turli suv oqimining turli tezliklarida elektr generatorning dinamik rejimdagi elektromagnit quvvat qiymatlari (6) ifoda orqali aniqlandi.

Shunday qilib, taklif etilayotgan vertikal o‘qli gidroenergetik qurilma o‘zgaruvchan va past bosimli suv oqimlarida samarador ishlashga mo‘ljallangan bo‘lib, gidroturbinaning foydali ish koeffitsienti 75 % va elektr generatorning dinamik rejimdagi elektromagnit quvvati 20% miqdorida oshganligi hisobidan avtonom iste‘molchilarning elektr energiyasi ishonchligini oshirishimiz va uzluksizligi ta‘minlashimiz mumkin.

Xulosalar:

1. Ishlab chiqilgan vertikal o‘qli gidroenergetik qurilma asosan o‘zgaruvchan va past bosimli nasos agregatlaridan chiqadigan suv oqimlariga moslashtirilgan bo‘lib, suv oqimi sarfi va bosimidan kelib chiqib, quvvati 1...50 kW gacha ishlab chiqirish imkoniyati mavjudligi asoslandi.

2. Modellashtirish natijasida suv oqimining kirish burchagi $\beta_1 = 148^\circ$, yo‘naltiruvchi apparatdan suv oqimining chiqish burchagi $\alpha_1 = 53^\circ$ bo‘lganda gidroturbinaning maksimal foydali ish koeffitsienti 75 % ni tashkil qilishi aniqlandi.

3. Ishlab chiqilgan qilinayotgan o‘zgaruvchan va past bosimli suv oqimlarida samarali ishlaydigan ko‘p qutbli magnitoelektrik generatorning yakor va induktori bir-birigi nisbatan teskari aylanganda uning elektromagnit quvvati 6 kW tashkil qilishi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ardizzon, G.; Cavazzini, G.; Pavesi, G. A new generation of small hydro and pumped hydro power plants: Advances and future challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 31, 746–761; doi: 10.1016/j.rser.2013.12.043.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 16 fevraldagi PQ-57-son qarori [https://lex.uz/uz/docs/6385716].
3. KR101256823B1 [https://patents.google.com/patent/KR101256823B1]
4. CN105240184 [https://patents.google.com/patent/CN105240184]
5. JP2009092070A [https://patents.google.com/patent/JP2009092070A]
6. US20220074381A1 [https://patents.google.com/patent/US20220074381A1]



7. Dariusz Borkowski. Analytical Model of Small Hydropower Plant Working at Variable Speed. IEEE Transactions on Energy Conversion 2018, 10, 1109; doi: 10.1109/tec.2018.2849573.
8. Dong, Z.; Tan, J.; Muljadi, E.; Nelms, R.M.; St-Hilaire, A.; Pevarnik, M.; Jacobson, M.D. Developing of Quaternary Pumped Storage Hydropower for Dynamic Studies. IEEE Trans. Sustain. Energy 2020, 11, 2870–2878; doi: 10.1109/tste.2020.2980585.
9. Zhang, J.; Leontidis, V.; Dazin, A.; Tounzi, A.; Delarue, P.; Caignaert, G.; Piriou, F.; Libaux, A. Canal lock variable speed hydropower turbine design and control. IET Renew. Power Gener. 2018, 12, 1698–1707; doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.5312.
10. Ғ.Н. Узоқов., С.М. Хўжақулов., Й.Ғ. Узоқова. Муқобил энергиядан фойдаланиш асослари. Ўқув қўлланма. ҚарМИ, Тошкент. 2017.-159 б.
11. W. Wang., Weijun Wang., H. Mi., L. Mao., G. Zhang., Hua Liu., Y. Wen. Study and Optimal Design of a Direct-Driven Stator Coreless Axial Flux Permanent Magnet Synchronous Generator with Improved Dynamic Performance, // Energies, 2018, 11(11):3162
12. S.S. Laxminarayan., M. Singh., A.H. Saifee., A. Mittal. Design, modeling and simulation of variable speed Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator // Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 19, February 2017, pp. 114-124