

MIKRO GES GENERATORIGA 10 kVt QUVVAT BERUVCHI POKAKLI SUV G'ILDIRAGINING NAZARIY ASOSLARI VA ASOSIY PARAMETRLARINI ANIQLASH

Atabayev Dilshodbek Dilmurod o'g'li,

Qodirberganov Boburbek Quvondiq o'g'li,

Ramatjonov Sardorbek San'at o'g'li

“Elektrotexnika va Energetika” kafedrasi magistrantlari,

Urganch davlat universiteti, Urganch shahri.

Tel: +998975186611, Email: dilshodbekotaboyev@gmail.com

Raximov Azamat Qudrat o'g'li

“Elektr mashinalari va yuritmalari muhandisligi”

kafedrasi magistranti, Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Mazkur maqolada 10 kVt quvvatli mikro gidroelektr stansiya (mikro GES) uchun mo'ljallangan pokakli suv g'ildiragining nazariy asoslari yoritilgan. Qayta tiklanuvchi va markazlashmagan energiya manbalariga bo'lgan talab ortib borayotgan sharoitda mikro gidroenergetika tizimlari chekka va qishloq hududlarini elektr energiyasi bilan ta'minlashda muhim o'rin tutadi. Tadqiqotda pokakli suv g'ildiragining asosiy konstruktiv va energetik parametrlarini aniqlash masalalari ko'rib chiqilgan bo'lib, ular gidravlik quvvat, suv sarfi va bosim balandligi asosida hisoblangan. Past bosim va kichik suv sarfi sharoitlarida pokakli suv g'ildiragining afzalliklari tahlil qilingan. Taklif etilgan nazariy yondashuv mikro GESlar uchun suv g'ildiragining optimal geometrik va ishchi parametrlarini tanlash imkonini beradi hamda qurilmaning samarali va barqaror ishlashini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: mikro gidroelektr stansiya, pokakli suv g'ildiragi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, gidravlik quvvat, samaradorlik.

Abstract: This paper presents the theoretical foundations for designing a water wheel intended for a 10 kW micro-hydropower plant. In the context of increasing

demand for renewable and decentralized energy sources, micro-hydropower systems play a significant role in supplying electricity to remote and rural areas. The study focuses on determining the main design parameters of a bucket-type water wheel based on hydraulic power, water flow rate, and head. The advantages of bucket-type water wheels for low-head and small-flow conditions are analyzed. The proposed theoretical approach allows the selection of optimal geometric and operational parameters, ensuring reliable operation and improved efficiency of micro-hydropower installations.

Keywords: micro hydropower plant, bucket-type water wheel, renewable energy, hydraulic power, efficiency.

Аннотация: В данной статье рассматриваются теоретические основы проектирования ковшового водяного колеса, предназначенного для микро-гидроэлектростанции (микро-ГЭС) мощностью 10 кВт. В условиях возрастающего спроса на возобновляемые и децентрализованные источники энергии системы микро-гидроэнергетики играют важную роль в электроснабжении удалённых и сельских районов. В работе выполнено определение основных конструктивных и энергетических параметров ковшового водяного колеса на основе гидравлической мощности, расхода воды и напора. Проанализированы преимущества ковшовых водяных колёс при малых напорах и небольших расходах воды. Предложенный теоретический подход позволяет выбрать оптимальные геометрические и рабочие параметры водяного колеса, обеспечивая эффективную и надёжную работу микро-гидроэлектростанций.

Ключевые слова: микро-гидроэлектростанция, ковшовое водяное колесо, возобновляемые источники энергии, гидравлическая мощность, коэффициент полезного действия.

KIRISH

Bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish masalasi global miqyosda dolzarb hisoblanadi. Aholining elektr energiyasiga bo'lgan

ehtiyojining ortib borishi, an'anaviy yoqilg'i resurslarining cheklanganligi hamda ekologik muammolar kichik quvvatli energetik qurilmalarni jadal rivojlantirishni talab etmoqda. Shu nuqtayi nazardan, mikro gidroelektr stansiyalar (mikro GESlar) uzoq va markazlashgan tarmoqlardan uzoq hududlarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Mikro GESlarning asosiy afzalliklari ularning sodda konstruksiyasi, nisbatan past qurilish xarajatlari va ekologik xavfsizligidadir. Bunday qurilmalar asosan kichik suv sarfi va past bosim sharoitlarida ishlashga mo'ljallangan bo'lib, suv oqimining kinetik va potensial energiyasidan samarali foydalanishni ta'minlaydi. Mikro GESlarda energiya ishlab chiqarish samaradorligi asosan tanlangan gidravlik dvigatel turiga bog'liq.

Suv g'ildiraklari gidravlik dvigatellarning eng qadimgi va ishonchli turlaridan biri bo'lib, bugungi kunda ham kichik quvvatli gidroenergetika tizimlarida qo'llanilmoqda. Ular konstruktiv jihatdan sodda bo'lib, xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya jarayonida katta texnik murakkabliklarni talab etmaydi. Suv g'ildiraklarining turli konstruktiv turlari mavjud bo'lib, ularning ichida pokakli suv g'ildiragi past bosim va o'rtacha suv sarfi sharoitlarida yuqori samaradorlikni ta'minlashi bilan ajralib turadi.

Mazkur maqolada Xorazm viloyati sharoitida 10 kVt quvvatli mikro GES uchun mo'ljallangan pokakli suv g'ildiragining nazariy asoslari ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi suv oqimining gidravlik parametrlari asosida suv g'ildiragining asosiy geometrik va energetik ko'rsatkichlarini aniqlashdan iborat. Olingan natijalar mikro GESlarni loyihalashda hamda ularning samaradorligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega bo'lishi kutiladi.

АДАБИЙОТЛАР ТАHLILI

Past bosimli ($H \approx 0,5-3$ m) kanallashgan oqimlarda mikro GES qurishda turbinali sxemalar ko'pincha yuqori aylanish tezligi, murakkab yo'naltirgichlar hamda aniq tayyorlanadigan gidravlik elementlarni talab qiladi. Shu sababli, oqim energiyasini bevosita mexanik ishga aylantiruvchi suv g'ildiraklari past bosim sharoitida konstruktiv soddalik, mahalliy material va texnologiyalar bilan tayyorlash, ekspluatatsiyada servisga qulaylik jihatlaridan muqobil yechim sifatida ko'riladi. Kichik GES qurilmalarida turbinalar juda keng bosim diapazonida ishlashi mumkinligi qayd etilgan bo'lsa-da, past bosimli ob'ektlarda (ariq, kanal sharoitida) suv g'ildiragi kabi soddaroq energiya oluvchi qurilmalar iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin [1].

Suv g'ildiraklari oqimning berilish joyiga ko'ra klassik tarzda uch guruhga ajratiladi: yuqoridan suv tushiriladigan (overshot – “yuqori urimli”), oqim g'ildirakning markaziy qismiga yaqin beriladigan (breastshot – “o'rta urimli”), va pastdan urib o'tadigan (undershot – “pastki urimli”) turlar. Past bosimli kanallarda odatda tushish balandligi kichik bo'lgani sababli oqim tezligi va energiyasi cheklangan bo'ladi; shuning uchun energiyani maksimal olishda g'ildirakning ishchi qismi – pokak/kovsh geometriyasi, suvning kirish burchagi, to'lish-bo'shash jarayonlari hamda chiqishdagi yo'qotishlar (suvning ortiqcha qoldiq tezligi va chayqalish) asosiy rol o'ynaydi. Shuningdek, g'ildirak o'lchamlari va aylanish chastotasining mosligi generator bilan birlashtirish (reduktor, tasmali uzatma yoki bevosita ulash) masalasini ham belgilab beradi.

Past bosimli oqimlarda an'anaviy gidroturbinalardan samarali foydalanish qiyinlashishi qayd etilib, suv g'ildiragi asosidagi mikro GESlarda FIKni aniqlash va uni oshirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar zarurligi ta'kidlanadi [5]. Mazkur yondashuvda suv g'ildiragining foydali ish koeffitsienti valdagi quvvatning oqim quvvatiga nisbati orqali aniqlanadi: $\eta = \frac{N_{v,k}}{N_v}$. Oqim quvvati esa hajmiy sarf, erkin tushish tezlanishi va tushish balandligiga bog'liq holda ifodalanadi $N_v = Q_v g \Delta h$. [5]. Tajriba natijalari suv sarfi oshishi bilan yuklama ostida foydali quvvatning ortishi

kuzatilishini, demak loyihada Q va H ni real o'lchash hamda "ish rejimi"ga yaqin qiymatlarda sinov o'tkazish muhimligini ko'rsatadi.

Mikro GESni hisoblash va optimallashtirishda matematik modellash usullari (jumladan, MATLAB/Simulink muhiti) keng qo'llanilishi ko'rsatiladi. Modellash natijalariga ko'ra, oqim tezligi 1–4 m/s oraliqda bo'lganda rotor/kurakning chiqish burchagi kabi parametrlarni tanlash orqali foydali ish ko'effitsientini oshirish mumkin; masalan, $\beta = 30^\circ$ burchakda $v = 4$ m/s bo'lganda $Q \approx 0,75$ m³/s va $C_p \approx 0,15$ qiymatlari keltirilgan [4]. Bu natijalar pokakli suv g'ildiragi geometriyasi va oqim rejimi o'rtasida bog'liqlik mavjudligini, shuningdek, konstruktiv parametrlarni (diametr, kenglik, pokak soni, pokak chuqurligi) optimallashtirish orqali barqaror ish rejimini tanlash mumkinligini asoslaydi.

Pokak geometriyasini tanlashda g'ildirak diametri va kovsh chuqurligi orasidagi bog'lanishlar dastlabki loyihalash bosqichida qulaydir. Masalan, ichki diametrni tashqi diametr va kovsh chuqurligi orqali ifodalovchi munosabat $D_i = D_a - 2a$ hamda sarf kichik bo'lganda $Q \leq 0,5$ m³/s kovsh chuqurligini taxminiy belgilash $a \approx \frac{D_a}{4}$ kabi soddalashtirilgan ifodalar berilgan [4]. Ushbu munosabatlar dastlabki o'lchamlarni tez tanlashga yordam beradi, biroq yakuniy tanlov uchun kanalning real gidravlik rejimi, suv berish sxemasi (qaysi turdagi g'ildirak tanlanishi), pokakning to'lish darajasi va konstruktsion mustahkamlik talablari kompleks baholanishi lozim.

Kanal yoki ariq sharoitida suv sarfini aniqlash amaliyotida vodoyliv tipidagi o'lchash inshootlari qo'llanadi; bu holatda Bernulli tenglamasidan kelib chiqqan holda oqim tezligi va sarf orasidagi bog'liqliklar hamda ko'effitsientlar hisobga olinadi. Masalan, keng o'zanli vodoyliv uchun tezlik ifodasi $V = \varphi \sqrt{2g(H_0 - k)}$ va sarf tenglamasi $Q = \varphi b k \sqrt{2g(H_0 - k)}$ ko'rinishida beriladi [2]. Suv sarfini to'g'ri baholash mikro GESning maqsadli quvvatiga erishish uchun zarur bo'lgan Q va H qiymatlarini asoslashda, shuningdek suv yo'qotishlari (filtratsiya, gidravlik qarshiliklar) ta'sirini hisobga olishda muhimdir.

NAZARIY ASOS

Mazkur tadqiqotda 10 kVt quvvatli mikro gidroelektr stansiya uchun mo'ljallangan pokakli suv g'ildiragining asosiy energetik hamda kinematik parametrlarini aniqlash nazariy hisoblashlar orqali bajarildi. Hisoblashlar suv oqimining foydali gidravlik quvvati, suv g'ildiragining foydali ish koeffitsienti va aylanish harakati orasidagi bog'lanishlarga tayangan holda olib borildi.

Suv oqimining nazariy gidravlik quvvati:

$$P_{gid} = \rho g Q H$$

bu yerda ρ — suv zichligi (kg/m^3), g — erkin tushish tezlanishi (m/s^2), Q — suv sarfi (m^3/s), H — foydali bosim balandligi (m).

Suv g'ildiragidan olinadigan foydali mexanik quvvat:

$$P = \eta \rho g Q H$$

bu yerda η — suv g'ildiragining foydali ish koeffitsienti. Hisoblashlarda pokakli suv g'ildiragi uchun η qiymati adabiyotlar va amaliy tajribaga tayanib $\eta = 0.65 \div 0.80$ oraliqda qabul qilinadi:

Bosim balandligi H ma'lum bo'lganda oqimning nazariy tezligi:

$$v = \sqrt{2gH}$$

Suv g'ildiragining periferik (chekka) tezligi odatda oqim tezligining ma'lum ulushi sifatida olinadi:

$$u = \varphi v$$

bu yerda φ — tezlik koeffitsienti ($0.4 \div 0.6$ diapazonda tanlanadi).

G'ildirak radiusi R bo'lsa, burchak tezlik:

$$\omega = \frac{u}{R}$$

Aylanishlar soni (ayl/min) quyidagicha aniqlanadi:

$$n = \frac{60 \omega}{2\pi} = \frac{60 u}{2\pi R}$$

Foydali quvvat va burchak tezlikdan aylanish momenti topiladi:

$$M = \frac{P}{\omega}$$

Bu moment val, podshipniklar va umumiy konstruktsiyani mustahkamlikka hisoblash uchun asosiy yuklama bo'lib xizmat qiladi.

Hisoblashlarda quyidagi farazlar qabul qilindi: suv oqimi barqaror va uzluksiz; ρ doimiy; gidravlik va mexanik yo'qotishlar η tarkibida jamlangan; suv tushish balandligi (H) hisoblash davomida o'zgarmas deb qaraladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Hisoblangan asosiy ko'rsatkichlar

Berilgan sharoitlar: $H = 1 \text{ m}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Oqim tezligi: $v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 * 9.81 * 1} = 4.43 \text{ m/s}$

Periferik tezlik uchun $\varphi = 0.5$ qabul qilinib: $u = \varphi v = 0.5 * 4.43 = 2.215 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

G'ildirak radiusi $R = 1 \text{ m}$ bo'lganda burchak tezlik va aylanishlar soni:

$$\omega = \frac{u}{R} = \frac{2.215}{1} = 2.215 \text{ rad/s}, \quad n = \frac{60 \omega}{2\pi} = \frac{60 u}{2\pi R} = \frac{60 * 2.215}{2 * 3.14 * 1} = 21.1 \text{ ayl/min}$$

Nazariy gidravlik quvvat ($Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$):

$$P_{gid} = \rho g Q H = 1000 * 9.81 * 1 * 1 = 9810 \text{ Vt}$$

Jadval 1. Hisoblangan asosiy ko'rsatkichlar ($H = 1 \text{ m}$, $R = 1 \text{ m}$, $\varphi = 0.5$)

Ko'rsatkich	Belgilanishi	Qiymat
Suv sarfi	Q	$1 \text{ m}^3/\text{s}$
Bosim balandligi	H	1 m
Nazariy gidravlik quvvat	P_{gid}	9810 Vt
Oqim tezligi	v	4.43 m/s
Periferik tezlik	u	2.215 m/s
Radius	R	1 m
Burchak tezlik	ω	2.215 rad/s
Aylanishlar soni	n	21.1 ayl/min

Sezgirlik tahlili (η bo'yicha).

FIK η uchun 0.65; 0.75; 0.8 qiymatlarni ko'rib chiqamiz. η ning o'zgarishi mikro GESning quvvat natijasiga bevosita ta'sir qiladi. Amaliy sharoitda foydali quvvat:

$$P = \eta P_{gid} = 0.75 * 9810 = 7357.5 \text{ Vt}$$

10 kW foydali quvvatni $H = 1 \text{ m}$ sharoitida olish uchun zarur suv sarfi:

$$Q = \frac{P}{\eta \rho g H} = \frac{1000}{0.75 * 1000 * 9.81 * 1} = 1.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

Xuddi shunday η ning 0.65 va 0.8 holatlarida quvvat hamda suv sarfini hisoblab quyidagi 2-jadvalni shakllantiramiz

η	P, Vt	$Q, \text{m}^3/\text{s}$
0.65	6376.5	1.56
0.75	7357.5	1.36
0.80	7848	1.27

2-jadval shuni ko'rsatadiki, $H = 1 \text{ m}$ sharoitida foydali quvvatga erishish darajasi suv g'ildiragining foydali ish koeffitsientiga sezilarli bog'liq. η qiymati 0.65 dan 0.80 gacha oshirilganda $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ uchun foydali quvvat 6.38 kVt dan 7.85 kVt gacha ortadi. Shu bilan birga, 10 kW quvvatga erishish uchun zarur suv sarfi η pasayganda keskin oshadi: $\eta = 0.65$ holatda $Q = 1.57 \text{ m}^3/\text{s}$, $\eta = 0.75$ holatda $Q = 1.36 \text{ m}^3/\text{s}$, $\eta = 0.8$ holatda esa $Q = 1.27 \text{ m}^3/\text{s}$. Demak, loyihalanayotgan mikro GES uchun suv manbaini tanlashda suv sarfi yuqoriroq bo'lgan ariq (kanal)ni tanlash ham quvvatni ta'minlashda muhim omil hisoblanadi.

Sezgirlik tahlili (G'ildirak radiusi R bo'yicha)

Suv g'ildiragining aylanishlar soni va hosil qiladigan momenti periferik tezlik u va radius R ga bog'liq bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$n = \frac{60u}{2\pi R}, \quad M = \frac{P}{\omega} = \frac{P \cdot R}{u}$$

Ushbu tadqiqotda $H = 1 \text{ m}$ va $\varphi = 0.5$ qabul qilinganda $u = 2.215 \text{ m/s}$ bo'lib, radiusning turli qiymatlarida aylanishlar soni quyidagicha o'zgaradi:

3-jadval. Radius (R) bo'yicha aylanishlar sonining o'zgarishi ($u = 2.215 \text{ m/s}$)

Radius, R (m)	Aylanishlar soni, n (ayl/min)	Moment, M (kN*m)
0.8	26.45	3.61
1.0	21.10	4.51
1.2	17.64	5.42

3-jadval natijalariga ko'ra, radius oshishi bilan aylanishlar soni kamayadi, ya'ni n qiymati R ga teskari proporsional ravishda o'zgaradi. Bu holat mikro GES generatori bilan moslashtirish masalasida muhimdir: R katta bo'lganda g'ildirak katta moment hosil qilishga moyil bo'lsa-da, aylanishlar soni kamayadi va uzatma (reduktor yoki kamarli uzatma) nisbatini oshirish talab etiladi. Aksincha, R kichik bo'lganda aylanishlar soni ortadi, biroq konstruksiyada moment zaxirasi va mexanik mustahkamlik talablarini qayta baholash zarur bo'ladi. Shu sababli radius tanlovi gidravlik sharoit, kerakli quvvat va generatorning ish rejimi bilan birgalikda asoslanishi lozim.

XULOSA

Ushbu maqolada 10 kVt quvvatli mikro GES uchun mo'ljallangan pokakli suv g'ildiragining nazariy hisoblash asoslari ko'rib chiqildi va asosiy energetik hamda kinematik parametrlar aniqlandi. Berilgan $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ va $H = 1 \text{ m}$ sharoitda suv oqimining nazariy gidravlik quvvati $P_{gid} = 9810 \text{ Vt}$ (ya'ni 9.81 kW) ekani aniqlandi. Foydali ish koeffitsienti $\eta = 0.75$ deb qabul qilinganda foydali quvvat $P \approx 7357.5 \text{ Vt}$ bo'lib, bu qiymat 10 kVt maqsadga yetmasligini ko'rsatadi. Shundan kelib chiqib, $H = 1 \text{ m}$ sharoitida 10 kW quvvatni ta'minlash uchun suv sarfini oshirish zarurligi asoslandi: $\eta = 0.75$ holatda talab etiladigan minimal suv sarfi $Q \approx 1.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ni tashkil etadi.

Sezgirlik tahlili natijalariga ko'ra η qiymati 0.65–0.80 oralig'ida o'zgarganda 10 kVt uchun zarur suv sarfi mos ravishda $Q \approx 1.57 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $Q \approx 1.27 \text{ m}^3/\text{s}$ gacha

kamayadi, bu esa pokak geometriyasi va gidravlik yo'qotishlarni kamaytirish orqali samaradorlikni oshirish muhimligini bildiradi. Radius bo'yicha tahlil ham R ortishi bilan aylanishlar soni kamayishini ko'rsatdi. $R = 0.8 \text{ m}$ da $n \approx 26.45 \text{ ayl/min}$, $R = 1.2 \text{ m}$ da $n \approx 17.64 \text{ ayl/min}$, natijada generator bilan moslashtirish uchun uzatma nisbatini tanlash masalasi dolzarb bo'lib qoladi. Umuman, 10 kW mikro GESni amaliy joriy etishda suv sarfi yuqoriroq bo'lgan ariq/kanal uchastkasini tanlash va suv g'ildiragi parametrlarini optimallashtirish qurilmaning barqaror hamda samarali ishlashini ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мухаммадиев М.М. Гидроэнергетик қурилмалар. – Тошкент: «Фан ва технология», 2015. – 260 б. – ISBN 978-9943-390-91-6.
2. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Книга 2: Учебник. – 1991.
3. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Книга 1: Учебник. – 1984.
4. Мамедов Р.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИКРОГЭС ЭФФЕКТИВНО РАБОТАЮЩЕЙ В НИЗКОНАПОРНЫХ ВОДОТОКАХ // *Universum: технические науки* : электрон. научн. журн. 2022. 4(97).
5. Махкамов Г.У., Хакимов Ж.У. Экспериментальное исследование МикроГЭС. Определение коэффициента полезного действия водяного колеса // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102. – № 10. – С. 841.