

SOPLOLI GIDRTURBINA ISHCHI G'ILDIRAGI MAQBUL O'LCHAMLARI VA ENERGETIK PARAMETRLARINING ANALITIK TAHLILI

O'zbekov Mirsoli Odiljonovich

Farg'ona politexnika instituti

Energetika fakulteti dekani

texnika falsafa fanlar doktori, dotsent

m.uzbekov@ferpi.uz

Begmatov Eldorjon Muxammedovich

Farg'ona politexnika instituti

tayanch doktoranti (PhD)

begmatov.eldorjon@gmail.com

Bozarov Oybek Odilovich

Toshkent Davlat texnika universiteti

doktoranti (DSc)

obozarov7@inbox.ru

Begmatova Muxlisaxon Mualibjon qizi

Farg'ona politexnika instituti

tayanch doktoranti (PhD)

begmatova.muxlisaxon@gmail.com

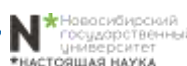
ANNOTATSIYA. Ushbu maqolada past bosimli mikroGESlarning bugungi kungi ahamiyati, ulardagi muammolarga qaratilgan ma'lumotlar va muammolarni kelib chiqish sabablari hamda ularning yechimlariga qaratilgan fikrlar o'z aksini topgan. Adabiyotlar tahlilidan kelib chiqib mikroGES turbinasi ishchi g'ildiragi bo'yicha hisoblashlar amalga oshirilgan. Turbinadagi soplolar soni, qiyalik burchaklari, yo'naltiruvchi kuraklar soni, yo'naltiruvchi kuraklar orasidagi markaziy burchak, suv sarfi, yo'naltiruvchi qurilma diametri, ta'minot silindri, suv oqimi tekis siqilish bilan eng kam energiya sarf qilishi uchun konuslik burchagi kabi kattaliklarning bir nechta variantlar bo'yicha chegaraviy shartlar kiritish orqali hisoblashlar ko'rib o'tilgan.

KA'LIT SO'ZLARI: Soplo (nozul), reaktiv turbinasi, mikroGES, past bosim, Segner suv g'ildiragi, Vites qutilari, Darsi koeffitsienti.

Iqlim o'zgarishlari ta'sirida, 2021-yilda O'zbekistonda gidroelektr stansiyalar asosida elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi suv yetishmaganligi sababli, har yilgidan 23 foizga kamaygan, bunday holat nafaqat O'zbekiston, balki Markaziy Osiyo mamlakatlarida ham kuzatildi. Shuning bilan birga, so'nggi ikki yil ichida O'zbekiston aholi va sanoatning, ayniqsa qishda yuklanishning eng yuqori cho'qqisiga to'g'ri keladigan ehtiyojlarini qondirish uchun qo'shni Markaziy Osiyo davlatlaridan elektr energiyasi importini qayta yo'lga qo'ydi [1].

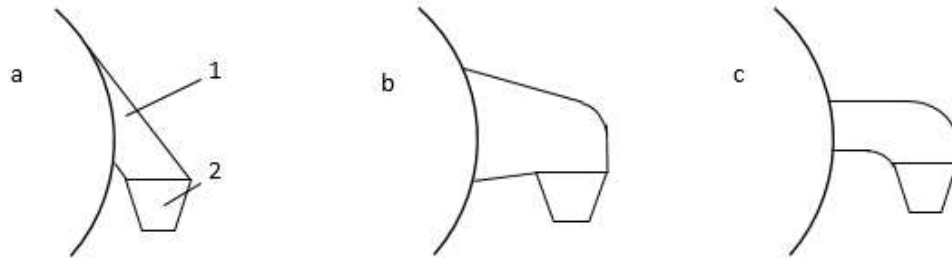
Energetika vazirligining ma'lumotlariga ko'ra, O'zbekiston Respublikasi konsepsiyasiga asosan, 2030-yilga borib O'zbekistonda elektr energiyasi iste'molining o'sishi 110 milliard kVt/soatga yetishi kutilmoqda. Konsepsiyada 2030 yilga qadar mamlakat elektr energiya generatsiyasida qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTEM)ning ulushini 11 foizdan oshirish ko'zda tutilgan. Shundan 5 foizi quyosh, 3 foizi shamol hamda 3,8 foizi gidroenergetika hissasiga to'g'ri kelishi aniqlandi [2].

Reaktiv turbinalarning mavjud konstruksiyalari (radial eksenel, pervanel, aylanuvchi pichoq, ikki qanotli) ular 4-5 m dan ortiq bosimlarda samarali ishlashi bilan tavsiflanadi.



Gidroturbinalar bo'yicha ma'lumot manbalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, reaktiv turbinalar muhim kamchilikka ega, ya'ni yuk o'zgaranda ularning samaradorligi keskin o'zgaradi va yuqori samaradorlik zonasi faqat quvvat o'zgarishining tor diapazonida kuzatiladi. Ushbu kamchilik energiya tanqisligi bo'lgan tizimlarda ishlatilganda reaktiv turbinalarning samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Past bosimlarda ushbu turbinalarning samaradorligi keskin pasayadi, bu esa past bosimli suv oqimida qoniqarsiz natija beradi.

Yuqoridagilardan hulosa qilib hozirgi kungacha ishlab chiqilgan soploli gidroturbinalarni o'rganishlardan ma'lum bo'ldiki, soploli gidroturbina ishchi g'ildiragiga birlashtirilgan soplolar asosan quyida 1-rasmda keltirilgan geometrik shakllarda ishlab chiqilgan. Ular ko'ndalang kesimi aylana yoki to'g'ri burchakli trubalardan tayyorlanishi mumkin.

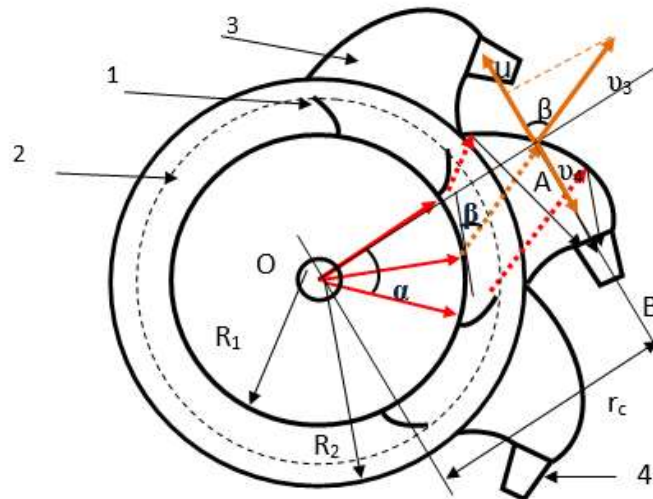


1-rasm. Soploli gidroturbina soplolarining yuqoridan ko'rinishi umumiy sxemasi. 1-soplo suv kirish kanali; 2- konussimon suv chiqish kanali.

[3]–ishlarda 1- a) rasmda keltirilgan soplo suv kirish kanali 1 va chiqish kanali 2 dan iborat ikki qismdan tashkil topgan. Unda radial yo'nalishda chiqqan suv oqimi suv kirish kanali ichki devoriga tomon yo'naladi, ishchi g'ildirakning aylanma harakati chiziqli tezligi ta'sirida suv oqimi bir oz suv chiqish kanaliga yo'naladi. Biroq yo'naltiruvchi qurilmadan chiqqan suv oqimi absolyut tezligi katta bo'lgani sababli deyarli radial yo'nalishda orqaga qaytadi. Natijada yo'naltiruvchi kurakdan chiqqan va soplo ichki devoridan qaytgan suv dastalari bir-biriga ta'sir etib, soplo ichida uyurmali tartibsiz harakatdagi kichik tezlikdagi suv oqimi yuzaga keladi. Bu suv oqimi suv bosimi ta'sirida suv chiqish kanaliga yo'naladi. Suvning chiqish tezligi kichik bo'lgani sababli soploda hosil bo'ladigan reaktiv kuch kichik bo'ladi. Boshqacha aytganda suv oqimining bunday harakati evaziga energiya yo'qotilishi kuzatiladi. b) rasmdagi soploda suv oqimining soploda kirish qismidagi ichki devordan qaytgan suv dastalari soploning radial yo'nalishdagi eng chetki nuqtalariga tomon harakatlanadi. Soploda kirish joyi markazi va pastki qismida soploda yo'nalgan oqim yana soplo yuqori qismidan ikkinchi marta qaytgan suv oqimi bilan ta'sirlashadi. Bu holda ham yuqorida aytib o'tilgandek energiya yo'qotilishi ro'y beradi. Bunda, suv dastasining soplo ichki devoriga ta'siri kuchining radial yo'nalishga perpendikulyar tashkil etuvchisi va soplodan chiqayotgan suv impulsini o'zgarishiga teng miqdordagi reaktiv kuch ta'sir etadi. s) rasmda keltirilgan soploning suv kirish kanali radial yo'nalishda bo'lib, suv chiqish kanali tomonga 90° burchakga buriladi. Bu holda burilish burchagi mos ravishda I.V.Semikin formulasiga binoan qarshilik koeffitsienti $\xi_{90}=1,25$ ga teng bo'ladi [4]. Agar burilish katta burchak ostida, tekis burilish sodir bo'lsa, energiya yo'qotilishi kamayadi. Bu soploda hosil bo'ladigan reaktiv kuch faqat undan chiqib ketayotgan suv dastasining impulsini o'zgarishiga teng bo'ladi.

[5]-ishda ishlarda soploli reaktiv gidroturbina ustida olib borilgan, ammo ishchi g'ildirak o'lchamiga bog'liq ravishda soplolar sonining o'zgarishi, va geometrik shaklini aniqlash usuli, uning o'lchamlarini gidroturbina o'lchamlariga bog'liqligi yoritilmagan. Tadqiqot ishlaridagi

gidroturbinaning ishchi g'ildiragi gorizontol kesimining yuqoridan ko'rinish umumiy sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Reaktiv soploli gidroturbina ishchi g'ildiragi gorizontol kesimining yuqoridan ko'rinishi.

2-rasmda ishchi g'ildirak soplosiga v_3 tezlikda kirgan suv bo'lagi A nuqta bilan ta'sirlashib soploning chiqishida v_4 absolyut tezlik bilan chiqishi tasvirlangan. R_2 radiusli vertikal trubadagi suv oqimi, markazdan radius bo'ylab tarqalib, 1-yo'naltiruvchi kuraklar orqali 3-soploning suv kirish kanaliga yo'naltiriladi. Dinamik muvozanatda ishlash vaqtida, suvning sopluga kirishdagi absolyut tezligi v_3 silindrning markazidan R_2 masofadagi nuqtaning chiziqli tezligi u bo'lsin. Suv oqimi v_3 tezlikda 3-soplo ichki devorlariga unga o'tkazilgan normalga nisbatan φ burchak ostida uriladi. Urilishi natijasida burchak kosinusiga proporsional holda ishchi g'ildirakka u tezlik yo'nalishida reaktiv kuch ta'sir ko'rsatadi. Soplo ichki devoridan qaytgan suv oqimi, konus hosil qilish burchagi $30^\circ-35^\circ$ bo'lgan konussimon konfuzor orqali soplodan chiqib ketadi. Ishchi g'ildirak soplodan chiquvchi suvning hosil qiluvchi F_A reaktiv kuchini xisoblash uchun undagi kiruvchi va chiquvchi suvning impulsini o'zgarishi aniqlanadi va sopluga A nuqtada ta'sir etuvchi kuch uchun quyidagi ifodaga olinadi [5]:

$$F = \rho S_3 v_3^2 \left(\cos \beta + \sqrt{\frac{S_3}{NS_4} \left(1 - \frac{S_3}{S_4} \right) + 1 - \frac{1}{2} (\xi_{s6} + \xi_2)} \right); \quad (1)$$

Hisoblangan ushbu kuch bitta soploda yuzaga keladigan kuch bo'lib, to'liq reaktiv kuchni soplolar soniga ko'paytirish orqali aniqlanadi .

(1) formuladan ko'rindiki, soploda hosil bo'ladigan reaktiv kuch, suvning soplodan chiqishidagi tezligi yo'naltiruvchi kurakning radial yo'nalishga nisbatan o'rnatilish burchagi β ga bog'liq. Yo'naltirilgan suv oqimi soploda bir tekisda burilish orqali reaktiv kuchni hosil qilishi uchun soplo ichki devorlariga suv dastasining urilish burchagi va undan qaytib, soploning suv chiqish darchasiga yo'nalishini soploning geometrik shakli ta'minlaydi. Suv bosimi va sarfiga mos holda ushbu gidroturbinalarda soploning geometrik o'lchamlari va soni o'zgaradi. Geometrik shakliga bog'liq holda uning energetik parametrlari ham o'zgaradi. Soplolardagi suv oqimining kirish qismi ishchi g'ildirak perimetri bo'ylab joylashib, soplolar orasidagi masofa katta bo'lganda, suv kirish joylarining qarshiligi va ishchi silindrning devorlari ta'siri natijasida energiya yo'qotilishi kuzatiladi.

Ishchi g'ildirak silindrining tashqi radiusi R_s , yo'naltiruvchi qurilma radiusi R_2 , yo'naltiruvchi kurakning radial yo'nalishdagi balandligi h_k , kurak va ishchi g'ildirak silindri ichki devori orasidagi masofa δ va silindr devori qalinligi b_s larning yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$R_s = R_2 + h_k + \delta + b_s \quad (2)$$

Ushbu gidroturbina ishchi g'ildiragining diametrini soplning o'lchamiga o'zgartirish orqali hohishimizga ko'ra ixtiyoriy o'lchamda tayyorlash mumkin, biroq, diametrni kattalashishi uning markaziga nisbatan inersiya momentini ortishiga va aylanish chastotasining keskin kamayishiga olib keladi. Shuningdek, qo'shimcha transmissiya qismlarini ishlatishga to'g'ri keladi. Natijada gidroturbina samaradorligi kichik bo'ladi. Aytgan bu kamchiliklarga yo'l qo'ymaslik uchun ishchi g'ildirak soplosi qismlarining eng maqbul o'lchamini aniqlash shart. Buning uchun gidroturbina uchun tanlangan generatorga mos ω aylanish chastotasini aniqlab olish kerak. Aylanish chastotasi gidroturbina soplosiga v_3 kirayotgan va v_4 chiqayotgan suv oqimi tezliklariga bog'liq. Soplodan suv chiqish joyi markazidan ishchi g'ildirak markazigacha bo'lgan masofa r_0 kuch yelkasini tashkil etadi, ushbu kuch yelkasining maqbul qiymati esa soploga kirayotgan suv oqimi v_3 tezligi bilan aniqlanadi:

$$r_0 = \frac{1}{3\omega_z} \left(t + \frac{1}{t} + 1 \right); \quad (3)$$

bu yerda quyidagi belgilashlar kiritilgan:

$$t = \sqrt[3]{\frac{27\omega_z^2 c + \sqrt{(27\omega_z^2 c + c)^2 - 4 + 2}}{2}}; \quad c = \frac{S_3 v_3^2 (\cos\beta + \sigma)}{\pi v_4}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{S_3}{S_4} \left(\frac{S_3}{S_4} - 1 \right) + 1} - \frac{1}{2} (\xi_{SK} + 1.25);$$

Bunda suv dastasining soplodan chiqishidagi absolyut tezligi quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$v_4 = v_3 \sigma$$

$$v_3 = \frac{\ell_k m v_2 \sin\alpha_1 \sin\beta}{2\pi R_2^2} e^{i(\alpha_2 - \beta)} + v_2 e^{i(\alpha_2 - \alpha_1)}; \quad v_2 = \frac{\Phi}{R_2^2} \sqrt{2gH(R_1^4 - R_1^2 R_2^4 + R_2^4)};$$

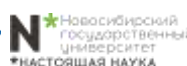
$$\xi_{SK} = 0,125\lambda \cdot \left(1 - \left(\frac{S_4}{S_3} \right)^2 \right); \quad (4)$$

Bu yerda S_3, S_4 – mos holda soplning suv kirish va chiqish joylarining yuzalari; α_1 i α_2 – mos holda yo'naltiruvchi kuraklarga suvning kirish va undan chiqish burchaklari; β – yo'naltiruvchi kuraklarning radial yo'nalishga nisbatan o'rnatilish burchagi; λ – Darsi koeffitsienti.

Trubaning g'adir-budurligi darajasiga va Reynolds soniga bog'liq holda Darsi koeffitsienti aniqlanadi. Barqarorlashgan oqimda silliq trubadagi turbulent rejimda oquvchi suyuqlik ($10^5 \leq Re \leq 10^8$). Nikuradze formulasidan foydalanib Darsi koeffitsientini aniqlaymiz [4; 160-b]:

$$\lambda = 0,0032 + 0,22 \cdot Re^{-0,237} \quad (5)$$

Yo'naltiruvchi qurilma darchalaridan chiqayotgan suv dastasi tezligi soploga kiringuncha kengayish va kuraklarning qarshiligi tufayli kamayadi. Soplodan chiqayotgan suv dastasi soploga katta kuch impulsi bilan ta'sir etishi uchun uning absolyut tezligi imkon darajasida kattalashtirilishi kerak. Shuning uchun [5; 98-100 b.]-ishda soploga suv kirish yuzasini undan suv chiqish yuzasiga nisbatining maqbullashtirish sharti ishlab chiqilgan. Unda gidroturbina ta'minot silindrining va soploga suv kirish joylari aylana shaklda bo'lib, ularning yuzalari orasida quyidagi munosabat olingan:



$$\frac{S_2}{S_c} \geq \sqrt{\zeta_{90^\circ} - \zeta_{SK}} ; \quad \zeta_{90^\circ} = 1,25; \quad (6)$$

bunda S_3 -soplo suv chiqish joyi ko'ndalang kesim yuzasi;

ζ_{90° -suvning 90° ga burilgandagi va ζ_{SK} - soplo konusida ko'ndalang kesimni kamayishidan yuzaga keluvchi qarshilik ko'effitsientlari.

Bitta soplone suv kirish va chiqish joylari yuzalari nisbatini quyidagi belgilab:

$$\frac{S_3}{S_4} = k \quad (7)$$

k ning qiymatini 2 ga teng olinishi tajribada yaxshi natija bergan uzluksizlik tenglamasiga asosan tezlikni 2 marta ortishiga olib keladi. Uning qiymatini oritshi suv sarfining kamayishig va joylardagi qarshiliklar evaziga uyurmali harakatni kuchaytiradi. Bu esa samaradorlikni kamayishiga olib keladi.

Ushbu shart bizning holda ham o'rinni bo'ladi. Ammo S_3 ishchi silindrda bitta soplo tiralgan A_7N_0 yoy uzunligi bilan aniqlanadi (3-rasm). Butun yoy uzunligining p foizini soplone ishchi silindrga A_7A_6 qotirilish qismi egallaydi. Qolgan $1-p$ foizini suv kirish qismi tashkil etadi. Soplone suv kirish qismining balandligi esa yo'naltiruvchi kuraklarning L balandligiga teng bo'ladi. U holda:

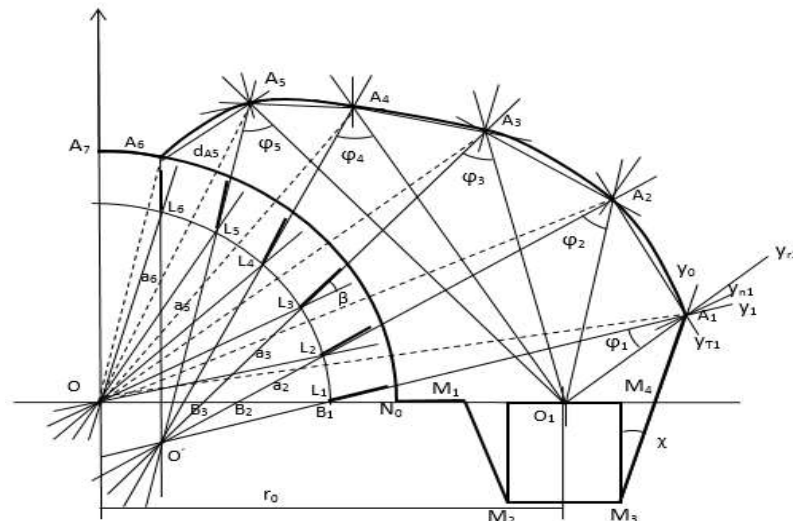
$$S_3 = \left(1 - \frac{p}{100}\right) \frac{2\pi}{m} R_s L; \quad (8)$$

Suv oqimining uzluksizligi va (7) dan foydalanib, S_4 yuzani aniqlaymiz:

$$S_4 = k S_3; \quad (9)$$

soplodan suv chiqish joyining x kengligi:

$$x = k \left(1 - \frac{p}{100}\right) \frac{2\pi}{m} R_s; \quad (10)$$



3-rasm. Soploli ishchi g'ildirakning soplosini geometrik shaklini hosil qilish usuli.

(1)-formula bilan ifodalanuvchi kuch soploga kiruvchi va undan chiquvchi suv dastasining impulslari farqi orqali aniqlangan. Bu kuch o'zining eng katta qiymatiga erishishi uchun soploga kiruvchi va undan chiquvchi suv oqimi absolyut tezliklari yo'nalishi orasidagi burchak imkon darajada katta bo'lib 180° ga yaqin bo'lishi kerak. Shuning bilan birga har bir yo'naltiruvchi kurakdan chiqayotgan suv dastasi kosoplo suv chiqish darchasi tomon tekis siqilish bilan

g'arakatlanishi kerak. Bu holatni tahlil etish uchun soploga yo'naltiruvchi kuraklardan yo'nalgan suv oqimini alohida kichik suv dastalariga ajratib olamiz. Bunda suvning qovushqoqligini e'tiborga olmay, geometrik optika qonuniga bo'ysunadi deb faraz qilishimiz mumkin. Chunki suyuqlik dastasida molekulalar orasida qovushqoqlik yo'q deb faraz qilsak, ular o'zlarini absolyut elastik jismday tutadi, vaholangki, suv dastasi ham ushbu qonuniyatga bo'ysunadi. Aytilganlarga asosan suv dastasi harakati traektoriyasi uchun tegishli shartlarni kiritamiz, ya'ni - yo'naltiruvchi kuraklardan chiquvchi suv oqimi soplo ichki devorlariga shunday urilsinki, devordan φ_i burchak ostida qaytgan suv dastasi qo'shni suv dastalari bilan kesishmay soploneg chiqish darchasi tomon yo'nalsin. Bunda suv dastasi xuddiki O nuqtadan chiqib soplo ichki devoriga yo'nalgandek bo'ladi (3-rasm).

Boshlang'ich holatda konfuzorning yuqoridan ko'rinishi $M_1M_2M_3M_4$ trapesiyani tashkil qiladi. Q suv sarfi va bosimi H bo'lgan suv manbaida ishlashi ko'zda tutilgan gidroturbinaning siklik chastotasi ω , unga mos soploneg suv chiqish joyining markazi O_1 bo'lsin. Ishchi g'ildirak markazidan O_1 nuqttagacha bo'lgan masofa r_0 , suv chiqish joyining radial yo'nalishdagi kengligi $M_2M_3=2\ell_0$, $M_1M_4=4\ell_0$, $V_2M_4=\ell_0$ va soplo konfuzorining konuslik burchagi $\angle M_3=\chi$ belgilashlarni kiritib, keyingi qadamlarda A_i nuqtalarni aniqlash ishi bajariladi.

Suv dastasi $L_0N_0, L_1N_1, \dots, L_nN_n$ yo'naltiruvchi kuraklar orqali A_0, A_1, \dots, A_n nuqtalarga yo'nalsin. Ushbu nuqtalardan qaytgan suv dastalari mos holda soploneg O_1 nuqtasiga kelsin. U holda 3-rasmdan ko'rishimiz mumkinki, agar A_0, A_1, \dots, A_n nuqtalar koordinatasi aniqlansa, bu nuqtalar orqali o'tgan egri chiziq soploneg chekka qismining yuqoridan ko'rinishdagi shakli va geometrik o'lchamlarini belgilaydi. Bu nuqtalarni koordinatalarini A_i kesishuvchi kesmalarni tug'ri chiziq deb qarab, har bir chiziqning Dekart koordinatalar sistemasidagi tenglamalarini tuzib olamiz va mos holda X_{A_i} va Y_{A_i} koordinatalarini aniqlaymiz. Bunda soplo egallagan burchakga mos yoyni ichida kuraklar sonini ko'p miqdorda olish soploneg geometrik shaklining tekis egri chizig'ini hosil qilish uchun yaxshi natija beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. <https://www.gazeta.uz/ru/2021/11/09/energy/>
2. <https://www.uzanalytics.com/iqtisodiet/9961/>
3. Casila J.C., Duka M., Reyes R.D.L., Ureta J.C., Potential of the Molawin creek for mikro hydro power generation: An assissment.//Sustainable Energy Technologies and Assissments.-Phillipines, 2019, -Vol.32. p.p. 111-120.
4. Mamadierov E.K., Определение основнйкх параметров микрогидроэнергетической установки, Heliotechnika, 2010 (2), p.p. 68-71.
5. Sweet P.P. Razrabotka MIKRO-GESs asynchronous generators for selskohozyaystvennyx potrebiteley Avtoref. diss. sugar tech. science Barnaul, Altai GTU. 2007.

