

UDK: 621/472:338.001.36

FOTOELEKTRIK NASOS QURILMASINING IQTISODIY SAMARADORLIGINI ANIQLASH

Urishev Bobaraim – texnika fanlari doktori, professor, ORCID: 0009-0004-6546-8226,
E-mail: bob-urishev@mail.ru

Quvatov Ulugbek Jalolovich – texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
ORCID: 0009-0002-3138-963X, E-mail: u.quvvatov@gmail.com

Umirov Asror Pardayevich – texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
ORCID: 0009-0007-5051-6012, E-mail: asror.umirov@mail.ru

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

***Annotatsiya.** Maqolada turli mamlakatlar sug'orish tizimlarida qo'llaniladigan nasos qurilmalari elektrodvigatellarini harakatga keltirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligi muhokama qilingan. Fotoelektrik nasos qurilmalari iqtisodiy samaradorligining zamonaviy ko'rsatkichlari-qurilmalarning xizmat muddati davomidagi qiymati, sof joriy (keltirilgan) qiymat, ishlab chiqarilgan energiyaning meyorlashtirilgan (keltirilgan) narxi va xarajatlarni qoplash muddatini hisoblash uslubiyoti keltirilgan. Mazkur uslubiyot bo'yicha quvvati 100 kVt bo'lgan fotoelektrik nasos qurilmasining iqtisodiy ko'rsatkichlarini hisoblash natijalari keltirilgan.*

***Kalit so'zlar:** quyosh energiyasi, fotoelektrik qurilma, nasos qurilmasi, sof joriy (keltirilgan) qiymat, energiyaning meyorlashtirilgan qiymati, xarajatlarni qoplash muddati, qurilmaning xizmat muddati davomidagi qiymati.*

УДК: 621/472:338.001.36

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Urishev Bobaraim – доктор технических наук, профессор

Куватов Улугбек Жалолович – доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Umirov Asror Pardayevich – доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В статье обсуждены вопросы эффективности снабжения солнечной энергией электродвигателей насосных установок, используемых в оросительных системах разных стран мира. Приведена методика расчета современных показателей экономической эффективности фотоэлектрических насосных установок, таких как стоимость установки в течение срока службы, чистый текущий (приведенный) доход, нормированная (приведенная) стоимость выработанной энергии и срок окупаемости капитальных затрат. Приведены результаты расчетов, фотоэлектрической насосной установки мощностью 100 кВт, выполненных по предложенной методике.*

***Ключевые слова:** солнечная энергия, фотоэлектрическая установка, насосная установка, чистый текущий (приведенный) доход, нормированная стоимость энергии, срок окупаемости затрат, стоимость установки в течение срока службы.*

UDC: 621/472:338.001.36

DETERMINING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF A PHOTOVOLTAIC PUMPING UNIT

Urishev, Bobaraim – Doctor of Technical Sciences, professor

Kuvatov, Ulugbek Jalolovich – Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor

Umirov, Asror Pardayevich – Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor

Karshi Engineering-Economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the issues of the efficiency of solar energy supply to electric motors of pumping units used in irrigation systems in different countries of the world. A methodology for calculating modern indicators of the economic efficiency of photovoltaic pumping units is given, such as the cost of the unit during its service life, net current (present) income, normalized (present) cost of generated energy and the payback period of capital expenditures. The results of calculations of a photovoltaic pumping unit with a capacity of 100 kW, performed according to the proposed methodology, are presented.*

Key words: *solar energy, photovoltaic installation, pumping installation, net present value, levelized cost of energy, payback period, life cycle cost of plant.*

Kirish

Sugʻorish tizimlarida qoʻllaniladigan nasos qurilmalari elektrodvigatellarini harakatga keltirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish boʻyicha ishlar oʻtgan asrning 70 yillarida boshlangan [1].

Hozirgi kunda chet el ilmiy manbalarida quyosh energiyasi asosidagi nasos qurilmalari “solar water pumps” (quyosh-suv nasoslari), “solar irrigation” (quyosh irrigatsiyasi), “PV irrigation” (fotoelektrik yoki fotovoltik irrigatsiya), “PV water pumping systems” (fotoelektrik suv nasos tizimlari) nomlari bilan ataladi. Quyosh panellari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi qurilmalarning zamonaviy nomi fotoelektrik qurilmalar (FEQ) deb ataladi. Shu sababli quyosh nurlanishi asosida elektr energiyasi bilan taʼminlanadigan nasos qurilmalarini fotoelektrik nasos qurilmalari (FENQ) deb atash maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz.

Dunyoda FENQdan foydalanish boshlanganiga 50 yildan oshgan boʻlsa ham quyosh panellarining narxi juda baland boʻlganligi uchun bu sohada rivojlanish juda past edi. Masalan, 1977-yilda 1 kilovatt quvvatga ega boʻlgan quyosh paneli narxi 76000 dollar boʻlsa 2023-yilga kelib 700 dollargacha tushib bordi [2]. Shu sababli hozirgi kunda FENQlar organik yoqilgʻidagi issiqlik elektr stansiyalari va dizel generatorlardan taʼminlanadigan qurilmalarga nisbatan arzon va ishonchli hisoblanadi [3, 4].

FENQlarni loyihalashda ularning iqtisodiy samaradorligini aniqlash, jumladan mablagʻ oqimining xizmat muddati davomidagi prognozini, kiritilgan investitsiyani qoplash jarayoni va muddati, bir kilovatt soat energiya narxini bilish juda katta ahamiyatga ega va bu masala samarali, aniq natijalarni beradigan hisoblash usullaridan foydalanishni talab qiladi.

Materiallar va usullar

FENQning iqtisodiy samaradorligini aniqlashni hozirgi vaqtdagi iqtisodiy tahlillarni olib borishning zamonaviy usullari hisoblangan qurilmalarning xizmat muddati davomidagi qiymati (*LCC*), sof joriy (keltirilgan) qiymat (*NPV*)ni aniqlash, ishlab chiqarilgan energiyaning meyorlashtirilgan (keltirilgan) qiymati (*LCOE*) va xarajatlarni qoplash muddati (*PP*) ni hisoblash usullaridan foydalanamiz [5-8].

Qurilmalar, mexanizmlarning xizmat muddati qiymati *LCC* (Life Cycle Cost) taqqoslanayotgan variantlarda kapital xarajatlar miqdorini, xizmat muddati davomida yuzaga keladigan ekspluatatsiya xarajatlarini, tiklash va oxirgi yil uchun hisoblanadigan qoldiq narxni aniqlashdan iborat [5]:

$$LCC = CC + MC + EC + RC - SC, \quad (1)$$

bunda CC – kapital xarajatlar; MC – ekspluatatsiya xarajatlari; EC – elektr energiya narxi; RC – tiklash xarajatlari; SC – qoldiq narx qiymati.

Kapital xarajatlar (CC) jihozlarni sotib olish uchun, qurilmalarni loyihalash, o'rnatish va boshqa injiniring ishlariga sarf bo'lgan xarajatlarni o'z ichiga oladi. Bu xarajatlar loyihaning birinchi yilida amalga oshiriladigan xarajatlar hisoblanadi.

Ekspluatatsiya xarajatlari MC jihozlarga texnik xizmat ko'rsatish va joriy ta'mirlash xarajatlarini o'z ichiga oladi. Ko'pincha MC qiymati CC qiymatining 1 % i miqdorida qabul qilinadi [6].

Elektr energiya narxi (EC) FEQ ishlab chiqargan elektr energiyasi uchun belgilangan tarif bo'yicha xizmat muddati davomida nasos qurilmasi iste'mol qilgan elektr energiyasi uchun to'lovlar miqdoriga teng. Tarifni belgilashda differensial koeffitsiyentlarni qo'llash mumkin, lekin bu koeffitsiyentlar hozircha noma'lum bo'lganligi uchun tarif qiymatini hozirgi narxda doimiy qabul qilamiz. YES qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$EC = \mathcal{E}_{NS} \cdot C_{el}, \quad (2)$$

bunda \mathcal{E}_{NS} – yil davomida nasos qurilmasi iste'mol qilgan elektr energiyasi miqdori, C_{el} - elektr energiyasining tarif bo'yicha narxi, so'm/kVt.

Tiklash xarajatlari RC xizmat muddati davomida kapital ta'mirlash va jihozlarni yangisiga almashtirish xarajatlarini o'z ichiga oladi. Masalan qurilmaning xizmat muddati 25 yil bo'lsa, undagi akkumulyatorlarning xizmat muddati 10 yil, demak 10 – va 20 – yillarda 2 marta akkumulyatorlar almashtiriladi va ularning to'liq narxi xarajatlarga kiritiladi.

Qurilmaning qoldiq narxi SC xizmat muddati tugagandan keyin jihozlarning erkin narxlarda sotilishi va umumiy xarajatlardan ayirib tashlanishi kerak bo'lgan mablag' qiymatini anglatadi. Odatda qoldiq narx qurilma narxining 20% ini tashkil qiladi [5].

Sof joriy (keltirilgan) qiymat (NPV) qurilmaning xizmat muddati davomida daromadlar oqimining keltirilgan qiymati bilan boshlang'ich kapital xarajatlar orasidagi farqdir. Ko'rib chiqilayotgan yilda daromadlar oqimining keltirilgan qiymatini aniqlash diskontlash orqali amalga oshiriladi, ya'ni kelajakdagi daromadlar va xarajatlar qiymatlari ko'rib chiqilayotgan yil uchun loyihaning joriy bahosiga diskont stavkasi yordamida aylantiriladi. NPV ni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin [7]

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{D}{(1+d)^t} - CC, \quad (3)$$

bunda N – xizmat muddati, yil, D – yillik daromad, d – diskont stavkasi; t – ko'rib chiqilayotgan yil.

Demak, loyiha iqtisodiy samarador bo'lishi uchun NPV qiymati musbat, ijobiy bo'lishi kerak, lekin ba'zi loyihalarda bu qiymat boshlang'ich yillarda manfiy, keyinchalik musbat qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

Natijalar

Iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlarini aniqlash hisoblarini maksimal quvvati 100 kVt bo'lgan FENQ uchun uchun amalga oshiramiz.

FEQ uchun zarur bo'lgan kapital mablag'lar miqdori 1-jadvalda keltirilgan. FEQ uchun quvvati 560 Vatt bo'lgan N tipidagi monokristall quyosh panellaridan foydalanamiz. Har birining maydoni 2,58 m² bo'lgan panellar soni 100 kVt quvvatni ta'minlash uchun 180 taga teng bo'ladi, ularning umumiy maydoni 461,3 m² ni tashkil etadi. Quyosh panellarining f.i.k. STC bo'yicha 21,68 %, narxi 3100 ming so'm [9].

Qurilmada quvvati 100 kVt FEQga mo'ljallangan inverter qabul qilingan, uning pasport bo'yicha f.i.k. 98% ga teng, tok kuchlanishi 200...1000 kVt ni tashkil qiladi [10]. Quyosh panellari

o'rnatiladigan profillar va komponentlar xarajatlari bozor narxlari bo'yicha, FEQni montaj qilish uchun sarf bo'ladigan xarajatlar kapital mablag'larning 5% i miqdorida qabul qilingan [11].

1 - jadval

FEQ jihozlarining narxi

Jihozlar nomi	Miqdori	Narxi, ming so'm	Umumiy narxi, ming so'm
Quyosh paneli Jinko 560W JKM560N-72HL4-V, dona	180	3100	558000
Invertor 100 kVt Huawei SUN2000 - 100KTL-M1 AFCI 3ph, dona	1	56 256	56 256
Quyosh panellari o'rnatiladigan profillar, m	1000	16	16000
Quyosh panelining komponentlari (kabellar, o'chirgich, saqlagich va b.)	-	-	4000
FEQni montaj qilish	-	-	27900
Jami: CC:			662156

FEQning xizmat muddati davomidagi qiymatlari (LCC)ni aniqlaymiz va olingan natijalarni 2-jadvalda keltiramiz. Asosiy jihozlar FEQ va invertorning xizmat muddatlarini [5] bo'yicha mos ravishda 20 va 15 yilga teng etib qabul qilamiz.

2-jadval

FEQning xizmat muddati davomidagi qiymati (LCC)

№	Texnik – iqtisodiy parametrlar	Miqdori
1.	FEQning xizmat muddati, yil	20
2.	Invertorning xizmat muddati, yil	15
3.	FEQ ga sarf bo'lgan kapital mablag'lar (CC), ming so'm	662156,0
4.	FEQning xizmat muddati davomida ishlab chiqargan elektr energiyasi miqdori (EC), kVt·soat	2673020
5.	Elektr energiya narxi, ming so'm	1459469
6.	Ekspluatatsiya xarajatlari (MC), ming so'm	6622,0
7.	Tiklash xarajatlari (RC), ming so'm	60 000
8.	Qurilmaning qoldiq narxi (SC), ming so'm	132431,0
9.	Qurilma xizmat muddati davomidagi narxi, ming so'm	2055816,0

FEQ uchun sarf bo'lgan kapital xarajatlar (CC) summasi 1-jadval bo'yicha olinadi.

FEQning yil davomida ishlab chiqargan elektr energiyasi miqdori quyidagi tenglama asosida aniqlanadi [12, 13].

$$EC_{\text{um}} = GTI \cdot \eta_{\text{opt}} \cdot \eta_{\text{iss}} \cdot \eta_{\text{chang}} \cdot \eta_{\text{sif}} \cdot \eta_{\text{omik}} \cdot \eta_{\text{inv}} \cdot \eta_{\text{feq}} \cdot S_{\text{feq}}, \quad (4)$$

bunda GTI – gorizontga nisbatan 30^0 ostida joylashgan panel sirtiga tushadigan quyoshning global yig'indi nurlanishi (global total irradiation) miqdori, $kVt \cdot soat/m^2$. Qashqadaryo viloyati uchun GTI ning yillik o'rtacha miqdori $1938 kVt \cdot soat/m^2$ ni tashkil qiladi [13]. Sankey diagrammasi bo'yicha quyosh energiyasidan foydalanish koeffitsiyentlari [12, 13] da keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra quyidagilarni tashkil qiladi: $\eta_{\text{opt}} = 0,9$ – sirdan qaytishdagi optik yo'qotish hisobga oluvchi; $\eta_{\text{iss}} = 0,9$ – o'rtacha issiqlik tufayli yo'qotishni hisobga oluvchi; $\eta_{\text{chang}} = 0,92$ – chang bosganligi uchun yo'qotishni hisobga oluvchi; $\eta_{\text{sif}} = 0,96$ – panel sifatining pasayishi va massivdagi panellarning mos kelmasligi tufayli yo'qotishni hisobga oluvchi; $\eta_{\text{omik}} = 0,983$ – tok o'tkazgichlardagi omik yo'qotishni hisobga oluvchi; $\eta_{\text{inv}} = 0,98$ – invertor f.i.k., $\eta_{\text{feq}} = 0,217$ – FEQ f.i.k.

Demak, yil davomida FEQ tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi miqdori $EC_{yil} = 289,73 \cdot S_{feq} = 289,73 \cdot 461,3 = 133651 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$, xizmat muddati davomida $EC = 2673020 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ ga teng.

bunda $S_{feq} - 100 \text{ kVt}$ quvvatni ta'minlash bo'yicha FEQ massivining maydoni, m^2 .

Elektr energiyasi narxini qayta tiklanuvchi energiya manbalari Xalqaro agentligining 2022-yil uchun bergan ma'lumotlariga ko'ra quyosh energiyasining dunyo bo'yicha o'rtacha narxi asosida $0,048 \text{ \$/kVt} \cdot \text{soat}$ ($546 \text{ so}^m / \text{kVt} \cdot \text{soat}$) qabul qilamiz [14]. O'zbekiston Respublikasida qurilayotgan va ishga tushgan quyosh elektr stansiyalaridagi tender jarayonida e'lon qilingan energiya tariflari $0,02679 \text{ \$/kVt} \cdot \text{soat}$ (Masdar Clean Energy kompaniyasi) dan $0,04273 \text{ \$/kVt} \cdot \text{soat}$ (Total Eren kompaniyasi) ga teng [15].

Ekspluatatsiya xarajatlarini CC qiymatining 1% i miqdorida qabul qilamiz [6].

Tiklash xarajatlari RC uchun FEQ xizmat muddatning 15 yilida inverter xizmat muddatining tugashi munosabati bilan uni yangisiga almashtirish va ba'zi komponentlar uchun 60 mln. so^m ga teng miqdorda belgilandi.

Qurilmaning qoldiq narxi $SC = 0,2 \cdot CC$ miqdorida qabul qilindi. Demak FEQ ning xizmat muddati davomidagi qiymati $LCC = 2055816,0$ ming so'mga teng.

Suv narxi qiymatini Respublikamizda sug'orish suvi uchun aniq narx belgilanmaganligi uchun shartli ravishda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 17-iyundagi 5742-sonli Qarorida tasdiqlangan qishloq xo'jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish Konsepsiyasida belgilangan ko'rsatkichlarga asoslanib 1 m^3 suv narxini $c_s = 0,015 \text{ dollar/m}^3$ ($170,6 \text{ so}^m / \text{m}^3$) ga teng qilib qabul qilamiz [16]. Quvvati 100 kVt gacha bo'lgan nasos qurilmasi haydab bergan suv hajmi napor qiymati 20 metr , f.i.k. $0,8$ ga teng bo'lgan hollarda sug'orish mavsumi (may-avgust oylari) davomida taxminan 1 mln. m^3 ni tashkil qiladi.

Hisoblarda bank meyoriy stavkasi i hozirgi paytda energetikada qo'llaniladigan meyorlar asosida 15% ga teng qilib [17], inflyatsiya darajasini O'zbekiston Respublikasi Markaziy bankining ma'lumotlari bo'yicha 2023-yil aprel oyi uchn 11% miqdorida qabul qilamiz [18]. Diskont stavkasi va kapitalni qaytarish koeffitsiyentini quyidagi formulalar bilan hisoblaymiz [7]:

$$d = \frac{i-f}{1+f}, \quad (5)$$

$$CRF = \frac{d \cdot (1+d)^N}{(1+d)^N - 1}, \quad (6)$$

bunda, i – bank meyoriy stavkasi, f – inflyatsiya miqdori, N – qurilmaning xizmat muddati, $N = 20$ yil.

Kapitalni qaytarish koeffitsiyenti (CRF) qurilmaning joriy vaqtdagi qiymatini xizmat muddati bo'yicha yillik bir xil o'zgaras qiymatga aylantirib berish uchun xizmat qiladi.

Sof keltirilgan qiymatni quyidagi formula bilan aniqlaymiz [19]

$$NPV = RV/CRF - CC, \quad (7)$$

bunda RV - olinadigan sof foyda, $RV = C - MC$, $C = V \cdot c_s$ – nasos qurilmasi haydab beradigan suvni sotishdan olinadigan foyda, V – suv hajmi, m^3 , c_s – suv narxi.

Meyorlashtirilgan energiya qiymati (LCOE) ni quyidagi formula bilan hisoblaymiz [7]

$$LCOE = (CC \cdot CRF + MC) / EC. \quad (8)$$

Investitsiya xarajatlarini qoplash muddatini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$PP = CC / RV. \quad (9)$$

FENQning iqtisodiy samaradorligini zamonaviy dinamik usullar bilan aniqlash hisoblari natijalari 3-jadvalda keltirilgan. Ushbu jadvaldagi *CC*, *MC* va *EC* qiymatlarini 1- va 2-jadvallardan olamiz.

3 - jadval

Qurilmalarning texnik-iqtisodiy parametrlarini aniqlash

№	Texnik – iqtisodiy ko‘rsatkichlar nomi	Miqdori
1.	Energetik qurilmaning xizmat muddati, yil	20
2.	Energetik qurilmaga sarf bo‘lgan kapital xarajatlar (<i>CC</i>), ming so‘m	662156,0
3.	Nasos qurilmasi haydab bergan suv hajmi, V, m^3	1000000,0
4.	Suv narxi, ming so‘m	170600,0
5.	Ekspluatatsiya xarajatlari (<i>MC</i>), ming so‘m	6622,0
6.	Qurilmaning yil davomida ishlab chiqargan elektr energiyasi miqdori (<i>EC</i>), kVt·soat	133651
7.	Sof foyda (<i>RV</i>), ming so‘m	163978
8.	Bank meyoriy foiz stavkasi (<i>i</i>)	0,15
9.	Inflyatsiya darajasi (<i>f</i>)	11,0
10.	Diskont stavkasi (<i>d</i>)	0,036
11.	Kapitalni qaytarish koeffitsiyenti, <i>CRF</i>	0,071
12.	Sof keltirilgan qiymat (<i>NPV</i>), ming so‘m	1647393,3
13.	Meyorlashtirilgan energiya qiymati, (<i>LCOE</i>) so‘m/kVt·soat	401,0
14.	Xarajatlarni qoplash muddati (<i>RR</i>), yil	4,0

Muhokama

Yuqoridagi 3-jadvalda keltirilgan hisoblar natijalari nasos qurilmalarini FEQ energiyasi bilan ta‘minlash asosiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha iqtisodiy samara berishi mumkinligini ko‘rsatdi, masalan, sof keltirilgan qiymat (*NPV*) miqdori bo‘yicha 20 yil xizmat muddati davomida 1,64 mlrd. so‘mdan oshiq foyda olinadi, *LCOE* qiymati 401 so‘m/kVt·soat ni tashkil etadi, bu esa qayta tiklanuvchi energiya manbalari Xalqaro agentligining yuqorida keltirilgan *LCOE* qiymati 546 so‘m/kVt·soat ga nisbatan ancha kam qiymatga ega, shu bilan birga xarajatlar 4 yil ichida qoplanadi.

Bundan tashqari quyosh energiyasidan foydalanish natijasida atmosferaga zaharli chiqindilarning tarqalishining oldini olish, tabiiy gaz iste‘molini tejash tufayli ham FENQning iqtisodiy samaradorligi oshadi, masalan, Xalqaro energetika agentligining ma‘lumotlariga ko‘ra 1 kVt·soat elektr energiyasini yoqilg‘i yordamida ishlab chiqarganda atmosferaga 0,48 kg CO_2 chiqarib yuboriladi [20]. Ushbu zaharli gazdan tozalash uchun amalga oshiriladigan tadbirlarga Xalqaro valyuta fondining ma‘lumotlari bo‘yicha 75 dollar (853125 so‘m)/tonna mablag‘ sarf bo‘ladi [21]. Demak hisoblarda keltirilgan 133651 kVt·soat elektr energiyasi FEQda ishlab chiqarilsa bir yilda 54730000 so‘m, 20 yil xizmat muddati davomida 1 mlrd. so‘mdan ortiq mablag‘ tejaladi va atrof-muhitga bir yilda 64,15 tonna CO_2 zararli gaz chiqishining oldi olinadi.

Shu bilan bir qatorda har bir 1 kVt·soat elektr energiyasi uchun 0,32...0,37 kg shartli yoqilg‘i sarf bo‘lishini hisobga olsak, FEQ bir yilda ishlab chiqaradigan 133651 kVt·soat elektr energiyasi o‘rtacha 40000 m^3 dan ortiq gazni tejash imkonini beradi.

Xulosalar

1. Nasoslarni quyosh energiyasi bilan ta‘minlashning iqtisodiy samaradorligini zamonaviy dinamik usullar bilan aniqlashning uslubiyoti ishlab chiqildi.

2. Sug'orish tizimida qo'llaniladigan quvvati 100 kVt bo'lgan fotoelektrik nasos qurilmasining iqtisodiy samaradorligini hisoblash natijalari sof keltirilgan qiymat (NPV) miqdori bo'yicha 20 yil xizmat muddati davomida 1,64 mlrd. so'mdan ortiq foyda olinishi mumkinligini, LCOE qiymati 401 so'm/kVt-soat ni tashkil etishini, kapital xarajatlar esa 4 yilda qoplanishini ko'rsatdi.

3. Hisoblar natijalari quvvati 100 kVt bo'lgan nasos qurilmasi yil mobaynida quyoshdan elektr energiyasi bilan ta'minlansa, bunda yiliga 40 ming m³ gaz tejalishi, atmosferaga 64,15 tonna CO₂ zararli chiqindi chiqishining oldini olish mumkinligini ko'rsatdi.

Adabiyotlar

- [1] S.S. Chandel, M. Nagaraju Naik, Rahul Chandel. Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49 (2015) 1084–1099. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083>
- [2] Lazard's levelized cost of energy analysis—version 16.0. www.lazard.com/research-insights/2023-levelized-cost-of-energyplus/
- [3] Kiprono, A W., Llario, A I., (2020) *Solar Pumping for Water Supply: Harnessing solar power in humanitarian and development*, Rugby, UK: Practical Action Publishing <<http://dx.doi.org/10.3362/9781780447810>>.
- [4] M.Abu-Aligah. Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it with Diesel Powered Pump. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. Volume 5, Number 3, pp. 273-280.
- [5] P.D. Narale, N.S. Rathore and M.M. Lad. Techno economic assessment of solar photovoltaic water pumping system. *International Journal of Agricultural Engineering*. Indian Institute of Technology, New Delhi. Volume 7. Issue 1. April, 2014. pp 1-6.
- [6] Misrak Girma 1, Ababayehu Assefa and Marta Molinas. Feasibility study of a solar photovoltaic water pumping system for rural Ethiopia. *Environmental Science*. Volume 2, Issue 3, 697-717. DOI: 10.3934/environsci. 2015 3.697
- [7] Gobind Pillaia, Husain Ali Yaqoob Naser. Techno-Economic Potential of Largescale Photovoltaics in Bahrain. <https://core.ac.uk/download/pdf/322330335.pdf>
- [8] E. Drury, P. Denholm, R. Margolis, "The Impact of Different Economic Performance Metrics on the Perceived Value of Solar Photovoltaics", 2011. National Renewable Energy Laboratory, USA. <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/52197.pdf>.
- [9] Торговая площадка “Контроль”. г. Ташкент. Солнечный панель Jinko 560W JKM560N-72HL4-V. <https://kontrol.uz/ru/product/detail/solnechnyi-panel-jinko-560w>
- [10] Торговая площадка “Контроль”. г. Ташкент. Huawei SUN2000-100KTL-M1 AFCI 3ph инвертор 100 кВт. <https://kontrol.uz/ru/product/detail/huawei-sun2000-100ktl-m1-afci-3ph-invertor-100-kvt>
- [11] Enas Shouman, Mervat Badr. Economics analysis of diesel and solar water pumping with case study water pumping for irrigation in Egypt. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 2 (2016) pp 950-954. <https://www.researchgate.net/publication/298715623>.
- [12] Avezova N.R., Matchanov N.A., Rakhimov E.Yu., Khakimov M.A., Dalmuradova N.N., Dekhkonova M.K. Assessment of solar energy potential of Kashkadarya region. *Alternative Energy and Ecology (ISJAE)*. 2022;(01):18-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.15518/isjaee.2022.01.018-031>

- [13] Raximov E.Y. O‘zbekistonning gelioenergetik resurslarini baholash uchun ma’lumotlar bazasini shakllantirish va verifikatsiyalash.: Texn. fan. bo‘yicha PhD dissert. Farg‘ona: Farg‘. politex. inst., 2021. – 116 bet.
- [14] Renewable Power Generation Costs in 2023. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/electricity>
- [15] Первый открытый тендер на строительство ФЭС выиграла компания из ОАЭ. Агентство финансовых новостей. <https://dividends.nuz.uz/2019/10/04/pobeditelem-tendera-na-stroitelstvo-fjes-stala-kompaniya-iz-oaje/>
- [16] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyundagi 5742-sonli “Qishloq xo‘jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari to‘g‘risida” Qarori. <https://lex.uz/docs/4378524>
- [17] Чернов С.С., Бельчикова Е.С. Проблемы определения ставки дисконтирования в процессе экономического обоснования эффективности энергопроектов. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-opredeleniya-stavki-diskontirovaniya-v-protssesse-ekonomicheskogo-obosnovaniya-effektivnosti-energoproektov/viewer>
- [18] O‘zbekiston Respublikasi Markaziy banki. Yillik, yil boshidan va oylik inflyatsiya. <https://cbu.uz/oz/monetary-policy/annual-inflation/indicators/>
- [19] Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Технико-экономический анализ: Учеб. пособие / Под общ. ред. В.В. Елистратова и Г.И. Сидоренко. — СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2008. - 248 с.
- [20] Углеродоемкость электроэнергии в мире и России. Аналитический центр при правительстве РФ. Энергетический бюллетень, №72, 2019. 28 с. <https://ac.gov.ru/files/publication/a/22245.pdf>
- [21] Kenneth Gillingham. Carbon Calculus. Finance & development, december 2019, vol. 56, no. 4. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/the-true-cost-of-reducing-greenhouse-gas-emissions-gillingham.htm>