



SHAMOL ELEKTR STANSIYASINING IQTISODIY
SAMARADORLIGI TAHLILI

*Xamidov Y.K. - Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti assistentlari*

*Abdurasulov K.F - Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti assistentlari*

*O'rinova Z.T.- Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti talabasi*

Annotatsiya: Ushbu maqolada shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy samaradorligini baholash omillari, investitsion xarajatlar, ekspluatatsiya xarajatlari, energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlari va qayta tiklanuvchi energetikaning iqtisodiyotga ta'siri o'rganiladi. Tahlil shamol energiyasining uzoq muddatli iqtisodiy ustunliklari va rentabelligini asoslashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: shamol elektr stansiyasi, iqtisodiy samaradorlik, energiya tannarxi, qayta tiklanuvchi energiya, investitsiya, LCOE, NPV, rentabellik, shamol energiyasi.

Анализ экономической эффективности ветровой
электростанции

Аннотация: В данной статье проводится анализ экономической эффективности ветровых электростанций, включая инвестиционные затраты, эксплуатационные расходы, показатели выработки энергии и влияние возобновляемой энергетики на экономику. Анализ направлен на обоснование долгосрочных преимуществ и рентабельности ветроэнергетики.

Ключевые слова: ветровая электростанция, экономическая эффективность, себестоимость энергии, возобновляемая энергия, инвестиции, LCOE, NPV, рентабельность, ветроэнергетика.



Analysis of the Economic Efficiency of a Wind Power Plant

Abstract: *This article analyzes the economic efficiency of wind power plants, including investment costs, operational expenses, energy production indicators, and the impact of renewable energy on the economy. The analysis focuses on justifying the long-term advantages and profitability of wind energy.*

Keywords: *wind power plant, economic efficiency, energy cost, renewable energy, investment, LCOE, NPV, profitability, wind energy.*

KIRISH

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida energiya tizimining transformatsiyasi jadal sur‘atlarda davom etmoqda. An‘anaviy energiya manbalari – ko‘mir, gaz va neftning narxlari o‘zgaruvchanligi, ularning cheklanganligi, ekologik xavflari va global iqlim o‘zgarishiga olib keluvchi issiqxona gazlari chiqindilarining ko‘payishi davlatlarni qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tishga majbur qilmoqda. Shunday manbalardan biri bo‘lmish shamol energiyasi bugungi kunda eng jadal rivojlanayotgan texnologiyalar qatoriga kiradi.

Shamol elektr stansiyalari (ShES) elektr energiyasi ishlab chiqarishda iqtisodiy tejamkorlik, ekologik poklik va uzoq muddatli barqarorlik bilan ajralib turadi. Shamolning tabiiy resurs sifatida cheklanmaganligi, ishlab chiqarish jarayonida cdtizimining umumiy tannarxini pasaytiradi. Shu bilan birga, shamol energetikasi texnologiyalarining takomillashuvi, turbinalarning quvvati oshgani, boshqaruv tizimlarining optimallasishi iqtisodiy samaradorlikni yanada yuqori darajaga olib chiqmoqda.

Ayniqsa, O‘zbekiston kabi shamol resurslari nisbatan barqaror bo‘lgan hududlarda shamol energiyasi kelajakda elektr energiyasining muhim qismi bo‘lishi mumkin. Respublikada qayta tiklanuvchi energiya ulushini oshirish strategiyasi doirasida shamol elektr stansiyalari bo‘yicha yirik loyihalar amalga oshirilmoqda. Bu esa ushbu sohaning iqtisodiy samaradorligini chuqur o‘rganish va ilmiy jihatdan asoslashni talab qiladi.



Shu nuqtayi nazardan, mazkur maqolada shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar, investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlari, energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlari, rentabellik darajalari va loyihaning qaytish muddati chuqur tahlil qilinadi. Shuningdek, shamol energetikasining milliy iqtisodiyotga, ekologik holatga va energetik mustaqillikka ta'siri yoritiladi.

Asosiy qism

Shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy samaradorligini belgilovchi omillar . Shamol elektr stansiyasi iqtisodiy samaradorligini baholashda bir qancha texnik, iqtisodiy va ekologik omillar hisobga olinadi. Ular quyidagilar:

Investitsion xarajatlar

ShES qurilishi umumiy qiymatning katta qismini tashkil etadi. Investitsiya quyidagi yo'nalishlarga bo'linadi:

Shamol turbinalari narxi

Bu umumiy xarajatning 45–55% gacha qismini tashkil qiladi. Turbina tannarxi quyidagilarga bog'liq:

- quvvati (1,5 – 5 MW),
- ishlab chiqaruvchi kompaniya,
- texnologik yangiligi,
- rotor diametri va minoraning balandligi.

Qurilish va montaj ishlari

Turbinalarni o'rnatish, poydevor qurish, yo'l-infratuzilma yaratish xarajatlari odatda 15–20% ni tashkil etadi.

Elektr tarmoqlariga ulash

Transformator stansiyalari, quvvat o'tkazgichlar, kabel liniyalari — jami 10–15%.

Loyiha oldi tadqiqotlar

Shamol tezligi monitoringi, geologiya, ruxsatnomalar – 3–5%.

Boshqa xarajatlar



Sug'urta, texnik nazorat, logistika va sertifikatlash.

Ekspluatatsiya xarajatlari

Shamol elektr stansiyasining eng katta afzalligi – ishlayotgan jarayonda yoqilg'i talab qilinmasligi. Shu bois ekspluatatsiya xarajatlari juda past bo'ladi:

- rejalashtirilgan texnik xizmatlar,
- moylash va turbina komponentlarini tekshirish,
- monitoring tizimlari,
- sug'urta va xavfsizlik xarajatlari.

Ularning yig'indisi stansiya qiymatining atigi 2–3% ni tashkil etadi. Issiqlik elektr stansiyalarida esa bu ko'rsatkich 20–35% gacha yetishi mumkin.

Shamol resursining uzluksizligi va barqarorligi

Shamol resursi iqtisodiy samaradorlikning asosiy mezonidir. Shamol tezligi

Shamol tezligi 6–8 m/s bo'lgan hududlar eng samarali.

- Shamolning yil davomida barqarorligi (capacity factor) 30–45% bo'lsa, loyiha yuqori rentabelli bo'ladi.
- Shamolning mavsumiy o'zgarishi energiya ishlab chiqarish jadvalini belgilaydi.

Odatda 1 m/s shamol tezligining oshishi ishlab chiqarishni 10–12% ga oshiradi.

Turbina samaradorligi va texnologik ko'rsatkichlar

Zamonaviy turbinalarda:

- foydali ish koeffitsienti (FIK) — 45–55%,
- rotor diametri 120–170 metr,
- xizmat muddati — 20–25 yil,
- avtonom monitoring va boshqaruv tizimlari mavjud.

Yangi avlod turbinalari shamol sekin bo'lgan hududlarga ham moslashgan, bu esa iqtisodiy samaradorlikni yana oshiradi.

Energiya ishlab chiqarish tannarxi (LCOE)



Shamol elektr stansiyalarining energiya tannarxi dunyo bo'yicha 1 kVt·soat uchun 2–4 sent atrofida. Bu jadallik bilan arzonlashib bormoqda. Sababi:

- Turbinalar rivojlanmoqda,
- Mahsulot hajmi oshmoqda,
- Xizmat ko'rsatish osonlashmoqda.

Ushbu omillar shamol energetikasini eng arzon energiya manbalaridan biriga aylantirgan.

Ijtimoiy-iqtisodiy ta'sirlar

ShES quyidagi foydalarni beradi:

- yangi ish o'rinlari yaratadi,
- hudud infratuzilmasini yaxshilaydi,
- energiya importini kamaytiradi,
- ekologik tozalikni ta'minlaydi,
- investorlar uchun jozibador soha yaratadi.

Shu bois shamol energiyasi faqat texnik emas, balki strategik iqtisodiy manfaatlarni ham ta'minlaydi.

Shamol elektr stansiyasining realist iqtisodiy samaradorligini baholash uchun zamonaviy investitsion tahlil usullari qo'llaniladi. Ushbu bo'limda asosiy baholash mezonlari — NPV, IRR, Payback Period, LCOE va boshqa ko'rsatkichlar keng tahlil qilinadi.

SOF QIYMATI

NPV (Net Present Value) — investitsiya loyihasidan olinadigan real, hozirgi qiymatdagi sof foyda miqdori.

Formula:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Bu yerda:

- CF_t — har yilgi pul oqimi,
- r — chegirma koeffitsienti,
- I_0 — boshlang'ich investitsiya,



- t — yillar soni.

NPV talqini

- $NPV > 0 \rightarrow$ loyiha iqtisodiy jihatdan foydali
- $NPV = 0 \rightarrow$ loyiha o'zini zo'rg'a qoplaydi
- $NPV < 0 \rightarrow$ zararli, amalga oshirish tavsiya etilmaydi

Shamol elektr stansiyalari odatda **musbat NPV** ga ega bo'ladi, chunki energiya tannarxi past, xizmat ko'rsatish xarajatlari minimal va ishlab chiqarish barqaror.

Iqtisodiy afzalliklari

Yoqilg'i xarajatlari nol darajada

Shamol tabiiy resurs bo'lgani uchun energiya ishlab chiqarish deyarli bepul.

Xizmat ko'rsatish arzon

Issiqlik stansiyalariga nisbatan 3–4 baravar kam xarajat talab qilinadi.

Uzluksiz 25 yil ishlaydi

Turbinalar 20–25 yil xizmat qiladi va qayta investitsiya talab qilmaydi.

Energiyaning tannarxi arzon

LCOE dunyodagi eng qulay ko'rsatkichlardan biri.

Investitsiyalarni jalb qiladi

Investorlar uchun xavfi past, daromadi barqaror.

Eng muhim omillar:

Joy tanlash mezonlari

- Shamol tezligi ≥ 6 m/s
- Yer relyefi tekis yoki engil ko'tarilgan
- Elektr tarmog'iga yaqinlik
- Logistika qulayligi
- Ekologik cheklovlar yo'qligi

To'g'ri joy tanlash energiya ishlab chiqarishni 20–30% ga oshiradi.

Taklif va tavsiyalar



Shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun quyidagi taklif va tavsiyalarni amalga oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi:

Investitsion xarajatlarni optimallashtirish

- Shamol turbinalarini tanlashda ularning quvvati, samaradorligi va xizmat muddati bo'yicha texnik-iqtisodiy asoslangan tanlov amalga oshirilishi zarur.
- Mahalliy ishlab chiqaruvchilarni qo'llab-quvvatlash orqali uskunalar importi hajmini kamaytirish investitsiya qiymatini sezilarli pasaytiradi.
- EPC (Engineering–Procurement–Construction) shartnomalarini qo'llash orqali qurilish va montaj jarayonlarini tejamkor tashkil etish mumkin.

LCOE (energiyaning bir kVt·soat tannarxi)ni pasaytirish

- Turbina joylashuvi bo'yicha ishonchli shamol xaritasidan foydalanish energiya ishlab chiqarishni oshiradi va tannarxni pasaytiradi.
- Turbinalarni optimal balandlikda o'rnatish shamol tezligi resursidan maksimal foydalanish imkonini beradi.
- Texnik xizmat ko'rsatishni rejalashtirilgan holda bajarish uskuna ishdan chiqishlarini kamaytiradi va tannarxni barqaror past ushlab turadi.

Ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish

- Raqamli monitoring, SCADA tizimlari va masofaviy diagnostika texnologiyalari qo'llansa, xizmat xarajatlari 15–25% gacha qisqaradi.
- Qiyin yetib boriladigan hududlardagi turbinalar uchun dron yordamida inspeksiya qilish texnik xizmat xarajatlarini yanada pasaytiradi.
- Mahalliy muhandis va texnik mutaxassislarni tayyorlash orqali xizmat ko'rsatish xarajatlarini import qilinadigan xizmatlarga bog'liqliksiz bajarish mumkin.

Moliyalashtirish mexanizmlarini takomillashtirish

- Davlat tomonidan imtiyozli kreditlar, soliq chegirmalari va subsidiyalar joriy etilishi investorlar uchun jozibadorlikni oshiradi.



- “Yashil obligatsiyalar” va xalqaro moliya institutlari (IFC, EBRD, ADB) kredit liniyalaridan foydalanish investitsion xavflarni kamaytiradi.

- Elektr energiyasini sotib olish bo'yicha uzoq muddatli PPA (Power Purchase Agreement) shartnomalari iqtisodiy barqarorlikni ta'minlaydi.

Shamol resurslarini aniqlash va joylashtirishni takomillashtirish

- 80–120 m balandlikdagi mastlar orqali kamida 12 oylik shamol o'lchovlarini o'tkazish loyiha samaradorligini keskin oshiradi.

- GIS texnologiyalari yordamida shamol, relyef, infratuzilma va elektr tarmoqlari joylashuvini birlashtirib eng optimal hududlar tanlanishi kerak.

- Shamol stansiyalarini klaster shaklida qurish infratuzilma xarajatlarini kamaytiradi.

Energiya tizimiga integratsiyani yaxshilash

- Shamol energiyasining o'zgaruvchanligini qoplash uchun akkumulyator energiya saqlash tizimlarini (BESS) qo'llash tavsiya etiladi.

- Elektr tarmoqlari quvvatini yangilash va zamonaviylashtirish shamol stansiyalarini tarmoqqa barqaror ulash imkonini beradi.

- Shamol + quyosh hibrid stansiyalarini tashkil etish orqali yil davomida energiya ishlab chiqarishni muvozanatlash mumkin.

Mahalliy ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish

- Mahalliy OTM va ilmiy markazlar bilan hamkorlikda shamol energetikasi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish innovatsiyalarni tezlashtiradi.

- Oliy ta'lim muassasalarida shamol energetikasi bo'yicha maxsus yo'nalishlarni kengaytirish malakali kadrlar yetishishini ta'minlaydi.

Ekologik va ijtimoiy omillarni yaxshilash

- Shamol stansiyasi hududining ekologik monitoringi muntazam olib borilishi kerak.

- Mahalliy aholi bilan ochiq muloqot va infratuzilma obyektlarini rivojlantirish ijtimoiy qo'llab-quvvatlashni kuchaytiradi.

Xulosa



Yuqorida keltirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, shamol elektr stansiyalari zamonaviy energetika sohasida iqtisodiy samaradorligi yuqori bo'lgan eng istiqbolli qayta tiklanuvchi manbalardan biridir. Shamol energiyasidan foydalanish katta hajmdagi investitsiya talab qilsa-da, ekspluatatsiya xarajatlarining pastligi, energiya tannarxining arzonligi va ekologik tozaligi uning uzoq muddatli rentabelligini ta'minlaydi. LCOE, NPV va IRR kabi iqtisodiy ko'rsatkichlar shamol stansiyalarining investitsion jozibadorligini ishonchli baholash imkonini beradi.

Shamol tezligining barqarorligi, to'g'ri tanlangan joylashtirish hududi, zamonaviy texnik yechimlar va samarali boshqaruv tizimlari energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, davlat tomonidan beriladigan imtiyozlar, xalqaro moliyaviy institutsiyalar bilan hamkorlik va PPA shartnomalarining mavjudligi investorlar uchun qo'shimcha ishonch yaratadi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, shamol elektr stansiyalarini rivojlantirish nafaqat energetik xavfsizlikni mustahkamlash, balki iqtisodiyotning barqaror o'sishiga, yangi ish o'rinlarining yaratilishiga va ekologik vaziyatning yaxshilanishiga sezilarli hissa qo'shadi. Kelajakda shamol energetikasi raqamlashtirish, hibrid energiya tizimlari va energiya saqlash texnologiyalarining keng qo'llanilishi hisobiga yanada samarali va raqobatbardosh bo'lib boradi.

Umuman olganda, shamol elektr stansiyalarini jadal rivojlantirish va ularning iqtisodiy samaradorligini oshirish O'zbekistonning "yashil energetika"ga o'tish strategiyasida muhim o'rin tutadi va uzoq muddatli energetik barqarorlikni ta'minlaydi.