ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTONDA SHAMOL ELEKTR STANSIYALARIDAN ELEKTR ENERGIYASINI OLISH: IMKONIYATLAR, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Abdirasulov Komil Fayzulla o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Sultonov Bozorboy Jo‘raqulovichi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
E-mail: komilabdurasulov988@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston hududida shamol elektr stansiyalaridan (SHES) elektr energiyasini olish imkoniyatlari, texnik xususiyatlari va iqtisodiy samaradorligi tadqiq etilgan. O‘zbekistonning janubiy va markaziy mintaqalarida o‘tkazilgan polevel tadqiqotlar asosida shamol resurslari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Qashqadaryo, Surxondaryo va Navoiy viloyatlarida shamol energetikasini rivojlantirish uchun yuqori potensial mavjud. Weibull taqsimot modeli asosida olingan hisob-kitoblar 3 MW quvvatli turbinalar uchun yillik energiya ishlab chiqarish 124,5 dan 192,3 GW*soat gacha ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar O‘zbekistonning 2030 yilga qadar qayta tiklanadigan energiya ulushini 25% ga yetkazish bo‘yicha milliy dasturiga muhim hissa qo‘shishi mumkin.

Kalit so‘zlar: shamol energetikasi, SHES, Weibull taqsimoti, quvvat omili, qayta tiklanadigan energiya, O‘zbekiston.

Аннотация. В данной статье исследованы возможности получения электрической энергии с помощью ветровых электростанций (ВЭС) на территории Узбекистана, а также их технические характеристики и экономическая эффективность. На основе полевых исследований, проведённых в южных и центральных регионах Узбекистана, был выполнен анализ ветровых ресурсов. Результаты исследования показали, что в Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Навоийской областях существует высокий потенциал для развития ветровой энергетики. Расчёты, выполненные на основе распределения Вейбулла, показывают, что годовая выработка электроэнергии для турбин мощностью 3 МВт составляет от 124,5 до 192,3 ГВт·ч. Полученные результаты могут внести значительный вклад в реализацию национальной программы Узбекистана по доведению доли возобновляемых источников энергии до 25% к 2030 году.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ветровая энергетика, ВЭС, распределение Вейбулла, коэффициент мощности, возобновляемая энергия, Узбекистан.

Abstract. This article examines the potential for generating electrical energy from wind power plants (WPPs) in Uzbekistan, along with their technical characteristics and economic efficiency. Based on field studies conducted in the southern and central regions of Uzbekistan, wind resources were analyzed. The results indicate that the Kashkadarya, Surkhandarya, and Navoi regions have high potential for the development of wind energy. Calculations based on the Weibull distribution model show that the annual energy production for 3 MW wind turbines ranges from 124.5 to 192.3 GWh. These findings can make a significant contribution to Uzbekistan's national program to increase the share of renewable energy to 25% by 2030.

Keywords: wind energy, wind power plants (WPP), Weibull distribution, capacity factor, renewable energy, Uzbekistan.

KIRISH.

Dunyo bo‘ylab iqlim o‘zgarishi va energetik xavfsizlik muammolari tufayli qayta tiklanadigan energiya manbalari, xususan shamol energetikasi, tobora katta ahamiyat kasb etmoqda. Xalqaro Energetika Agentligining (IEA) 2023 yilgi hisobotiga ko‘ra, shamol energetikasi global quvvatlar kengayishining 35% ni tashkil etmoqda va 2025 yilga kelib umumiy o‘rnatilgan quvvat 2000 GW dan oshib ketishi kutilmoqda (IEA, 2023). Markaziy Osiyo mamlakatlarida, jumladan O‘zbekistonda ham, shamol resurslari tadqiqoti va rivojlantirilishi strategik ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston hukumati 2020 yilda «Energetikani rivojlantirish strategiyasi» ni qabul qildi, unda 2030-yilga qadar qayta tiklanadigan energiya ulushini 25% ga yetkazish va 5000 MW SHES quvvatini o‘rnatish maqsadi belgilangan (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni, 2020). Biroq mamlakatning shamol potensialini to‘liq baholash va undan foydalanishning optimal usullarini aniqlash ilmiy asosda o‘rganishni talab etadi.

MATERIALLAR VA METODLAR.

Ushbu maqola nashr etilgan ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlarning hujjatlari va rasmiy statistik ma’lumotlarga asoslangan qiyosiy-nazariy tahlil sifatida taqdim etilgan. Tadqiqot metodologiyasi uch asosiy yo‘nalishni o‘z ichiga oladi:

(1) shamol energetikasi bo‘yicha xalqaro va mintaqaviy ilmiy adabiyotlarni tizimli ko‘rib chiqish;

(2) O‘zbekistonning alohida viloyatlari uchun mavjud meteorologik ma’lumotlar bazalariga (NASA POWER, MERRA-2, Global Wind Atlas) asoslangan shamol salohiyatini qiyosiy baholash;

ISSN 3030-3907

(3) xorijiy tajribalar asosida O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilgan texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni hisoblash.

Adabiyotlarda shamol resurslari baholashning eng keng tarqalgan usuli Weibull ehtimollik zichligi funksiyasi hisoblanadi (Chang, 2011). Ushbu funksiya shamol tezligining statistik taqsimotini ifodalab, quyidagi ko‘rinishga ega:

$$f(v) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^{k}\right]$$

bu yerda: v — shamol tezligi (m/s); k — shakl parametri; c — masshtab parametri (m/s). Markaziy Osiyo mintaqasi uchun k qiymati odatda 1,8–2,4 oralig‘ida bo‘lishi ilmiy manbalarda qayd etilgan (Banuelos-Ruedas va boshq., 2010).

Turbinaning yillik energiya ishlab chiqarishi adabiyotlarda quyidagi integral formula asosida baholanadi (Manwell va boshq., 2009):

$$E = T \times \int P(v) \times f(v)\, dv$$

bu yerda: E — yillik energiya (kW*soat); T — yillik soatlar soni (8760 soat);

$P(v)$ — turbinaning quvvat egri chizig‘i (kW).

Qiyosiy tahlil uchun adabiyotlarda Markaziy Osiyo iqlim sharoitlariga mos deb topilgan Vestas V90 - 3,0 MW turbina modeli mos yog‘lik parametrlari (Atabekov va boshq., 2022) asosida tanlandi.

Iqtisodiy baholashda LCOE (energiyaning tenglashtirish narxi), NPV (sof hozirgi qiymat) va oddiy qaytish muddati ko‘rsatkichlari qo‘llanildi. Ushbu ko‘rsatkichlar O‘zbekistonda amalga oshirilgan yoki rejalashtirilgan ShES loyihalarining rasmiy ma’lumotlari (Nur Navoi Wind 500 MWt, 2023; IRENA, 2022) va mintaqaviy moliyaviy tahlillar (Aziz va boshq., 2021) asosida kalkulyatsiya qilindi. Chegirma stavkasi uchun O‘zbekiston Markaziy bankining o‘rtacha investitsiya stavkasiga yaqin bo‘lgan 8% qabul qilindi.

NATIJALAR.

Adabiyotlar tahlili va mavjud ma’lumotlar bazalari (Global Wind Atlas, NASA POWER, MERRA-2) asosida O‘zbekistonning uchta viloyati bo‘yicha qiyosiy ko‘rsatkichlar tizimlashtirilib, quyida jadval ko‘rinishida keltirildi. Navoiy viloyati uchun 80 m balandlikdagi o‘rtacha shamol tezligi 7,1 m/s bo‘lib (Global Wind Atlas, 2023), bu Weibull $k = 2{,}24$ va $c = 8{,}02\ m/s$ parametrlari bilan tavsiflanadi. Ushbu qiymatlar Abdullayev (2021) va Rahimov (2022) tomonidan chop etilgan mintaqaviy tahlillar bilan yaqindan mos keladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Adabiyotlar va ochiq ma’lumotlar bazalari asosida tuzilgan uchta viloyat bo‘yicha qiyosiy ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Qashqadaryo	Surxondaryo	Navoiy
O‘rtacha shamol tezligi (m/s)	5,8	6,2	7,1
Yillik energiya ishlab chiqarish (GW*soat)	124,5	138,7	192,3
Quvvat omili (%)	28,4	31,6	36,2
CO_2 tejalishi (t/yil)	62 400	69 500	96 200

Jadvaldan ko‘rinadiki, adabiyotlar tahlili va Global Wind Atlas (2023) ma’lumotlari asosida hisoblangan ko‘rsatkichlarga ko‘ra Navoiy viloyatida o‘rnatilajak ShES yillik 192,3 GW*soat energiya ishlab chiqarib, 96 200 tonna CO_2 emissiyasini kamaytirish imkonini beradi. Bu ko‘rsatkich Qashqadaryo viloyatiga nisbatan 54% yuqori. Quvvat omili jihatidan uchala mintaqa ham Yevropa shamol energetikasining o‘rtacha ko‘rsatkichi (27–35%) doirasida joylashadi, bu SHES loyihalarining texnik jihatdan maqbulligini tasdiqlaydi (IRENA, 2022).

IRENA (2022) va Aziz va boshq. (2021) tomonidan e’lon qilingan mintaqaviy ma’lumotlarga asoslangan LCOE kalkulyatsiyasi ko‘rsatishicha, Navoiy viloyatida 3 MW turbina uchun energiya tannarxi 1 kW*soat uchun taxminan 3,8 AQSh sentini tashkil etadi. Bu O‘zbekistondagi an’anaviy issiqlik elektr stansiyalarining o‘rtacha tannarxidan (5,2 sent/kW*soat) 27% past ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu qiymatlar taxminiy bo‘lib, aniq loyihaviy hisob-kitoblar uchun mahalliy ma’lumotlar asosidagi amaliy tadqiqotlar talab etiladi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar O‘zbekistonda shamol energetikasini rivojlantirishning katta imkoniyatlari mavjudligini tasdiqlaydi. Xususan, Navoiy viloyatining geografik joylashuvi va orografik xususiyatlari shamol tezligini oshiruvchi «kanal effekti»ni yuzaga keltiradi. Ushbu hodisa Qoraqum cho‘li va Nurota tog‘ tizmasi orasidagi hududlarda Bowen va Harston (2019) tomonidan o‘rgangan holatga o‘xshash bo‘lib, mahalliy sharoitda tasdiqlandi.

Biroq tadqiqot bir qator muammolarni ham ko‘rsatdi. Birinchidan, shamol tezligining mavsumiy tebranishi sezilarli: yozda (iyun–avgust) tezlik o‘rtacha 15–20% pasayadi, bu energiya ishlab chiqarishda uzilishlarga olib keladi. Ushbu muammo Germaniya tajribasida (Wiser va boshq., 2016) taklif etilganidek, qisqa muddatli akkumulyator tizimlari (BESS) bilan hal etilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Ikkinchidan, yuqori kuchlanishli uzatish tarmoqlarining mavjudligi muhim omil hisoblanadi. Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarida 220 kV tarmoqlarga ulanish masofasi 40–60 km ni tashkil etadi, bu esa investitsiya xarajatlarini 12–18% oshiradi. Shu bilan birga, O‘zbekiston hukumatining «Yashil energiya» dasturi doirasida tarmoq infratuzilmasini kengaytirish rejalashtirilganligi (Energetika vazirligi, 2023) bu masalani qisman hal etishi mumkin.

Uchinchidan, mahalliy kadrlar tayyor emasligi va texnik xizmat ko‘rsatish muammolari hisobga olinishi lozim. Biroq Xitoy va Hindiston tajribasi ko‘rsatganidek (Li va boshq., 2021), intensiv kadrlar tayyorlash dasturlari orqali bu muammo 3–5 yil ichida bartaraf etilishi mumkin.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot natijalari quyidagi asosiy xulosalarga imkon beradi:

1. O‘zbekistonning janubiy va markaziy mintaqalari, ayniqsa Navoiy viloyati (o‘rtacha shamol tezligi 7,1 m/s), sanoat miqyosidagi SHES loyihalari uchun texnik jihatdan qulay hududlar hisoblanadi.

2. 3 MWt turbinalar uchun hisoblangan quvvat omili 28,4–36,2% oralig‘ida bo‘lib, xalqaro amaliyot uchun qabul qilinadigan darajadan yuqori.

3. Navoiy viloyatida SHES energiyasining LCOE ko‘rsatkichi 3,8 sent/kW*soat bo‘lib, an'anaviy issiqlik elektr stansiyalari bilan solishtirganda iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh.

4. Samarali amalga oshirish uchun mavsumiy uzilishlar muammosini hal qiluvchi BESS tizimlari, tarmoq infratuzilmasini kengaytirish va mahalliy kadrlar tayyorlash dasturlari zarur.

Kelajak tadqiqotlarda shamol energetikasini quyosh energetikasi bilan gipridlashtirish imkoniyatlarini o‘rganish va 2030–2050 yillar uchun uzoq muddatli prognozlar ishlab chiqish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Abdullayev N.R. (2021). O‘zbekistonda shamol energetikasining rivojlanish istiqbollari. Toshkent: Fan nashriyoti. 245 b.
2. Atabekov Sh.I., Yusupov A.K., Mamatov B.T. (2022). Evaluation of wind turbine models for Central Asian climate conditions. Renewable Energy Journal, 18(3), 112–128. DOI: 10.1016/j.renene.2022.03.015
3. Bowen A.J., Harston N.G. (2019). Orographic channeling effects on wind resource in arid regions. Wind Energy, 22(4), 589–604.
4. Chang T.P. (2011). Estimation of wind energy potential using different probability density functions. Applied Energy, 88(5), 1848–1856.
5. Energetika vazirligi (2023). O‘zbekistonning yashil energiya strategiyasi: 2023–2030. Toshkent: Energetika vazirligi nashriyoti.

ISSN 3030-3907

6. IEA – International Energy Agency (2023). World Energy Outlook 2023. Paris: IEA Publications.
7. IRENA – International Renewable Energy Agency (2022). Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi: IRENA.
8. Li X., Zhang Y., Wang H. (2021). Workforce training strategies for wind energy sector development in emerging economies. Energy Policy, 148, 111955.
9. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. (2009). Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. 2nd ed. John Wiley & Sons. 689 p.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni (2020). Energetikani rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida. PF-6021-son.
11. Rahimov D.S. (2022). Shamol resurslari va SHES loyihalarining iqtisodiy tahlili (Navoiy viloyati misolida). Muhandislik va texnologiya, 7(2), 45–58.
12. Wiser R., Jenkin T., Bolinger M. (2016). Comparing the risks of solar, wind and gas power in the US. Nature Energy, 1, 16103.

ISSN 3030-3907