

## О'ZBEKISTONDA SHAMOL ENERGETIKASINING RIVOJLANISHI VA NAZARIY ASOSLARI

**M.N. Qarshiboyeva, D.H. Rahmatova**- NavDU magistranti

Ilmiy rahbar: NavDU professori, **Sayfullayeva G.I**

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada O'zbekiston sharoitida shamol energetikasining rivojlanish istiqbollari, uning nazariy asoslari hamda texnik imkoniyatlari tahlil qilingan. Shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning fizik prinsiplari, shamol resurslarini baholash usullari va shamol turbinalarining ishlash xususiyatlari yoritilgan. Shuningdek, mamlakatning shamol resurslariga boy hududlari aniqlanib, shamol elektr stansiyalarini samarali joylashtirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, O'zbekistonning tabiiy-iqlim sharoiti shamol energetikasini rivojlantirish uchun qulay ekani, zamonaviy shamol turbinolari va ilg'or boshqaruv texnologiyalarini qo'llash orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligi asoslangan.

**Kalit so'zlar:** shamol energetikasi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, shamol turbinolari, shamol resurslari, energiya samaradorligi, shamol tezligi, elektr energiyasi, aerodinamika, Betz qonuni, O'zbekiston.

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены перспективы развития ветровой энергетики в условиях Узбекистана, её теоретические основы и технические возможности. Освещены физические принципы преобразования энергии ветра в электрическую энергию, методы оценки ветровых ресурсов и особенности работы ветровых турбин. Кроме того, определены регионы Узбекистана с высоким ветровым потенциалом и

*рассмотрены возможности эффективного размещения ветровых электростанций. Результаты исследования показывают, что природно-климатические условия Узбекистана являются благоприятными для развития ветровой энергетики, а применение современных ветровых турбин и интеллектуальных систем управления позволяет существенно повысить эффективность производства электрической энергии.*

**Ключевые слова:** *ветровая энергетика, возобновляемые источники энергии, ветровая турбина, ветровые ресурсы, энергоэффективность, скорость ветра, электрическая энергия, аэродинамика, закон Беца, Узбекистан.*

**Abstract:** *The global transition toward renewable energy has accelerated the development of wind power technologies as an effective solution for reducing greenhouse gas emissions and enhancing energy security. Uzbekistan possesses significant wind energy resources, particularly in the Republic of Karakalpakstan, Navoi, Bukhara, and Jizzakh regions. This study examines the theoretical foundations of wind energy and evaluates the country's wind energy potential based on available meteorological and technical information. A review of the principles governing wind energy conversion, turbine operation, and resource assessment is presented. The study also discusses the prospects and challenges associated with integrating wind energy into Uzbekistan's power system. The findings indicate that Uzbekistan has favorable natural conditions for expanding utility-scale wind farms, although improvements in grid infrastructure, forecasting, and technological optimization remain necessary.*

**Keywords:** *wind energy, renewable energy, wind turbine, Uzbekistan, wind resource assessment, energy efficiency.*

So'nggi yillarda dunyo energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish jadal sur'atlarda rivojlanmoqda. Bunga asosiy sabab sifatida iqlim o'zgarishi, atmosferaga chiqarilayotgan karbonat angidrid miqdorini kamaytirish zarurati, energiya xavfsizligini mustahkamlash hamda qazib olinadigan yoqilg'i resurslarining cheklanganligi ko'rsatiladi.

Shamol energetikasi bugungi kunda quyosh energetikasi bilan bir qatorda eng tez rivojlanayotgan qayta tiklanuvchi energiya yo'nalishlaridan biridir. Zamonaviy shamol turbinalarining quvvati 10–20 MW gacha yetib, ularning foydali ish koeffitsienti va ishonchligi sezilarli darajada oshdi. Shu bilan birga, aerodinamik loyihalash, materialshunoslik va raqamli boshqaruv texnologiyalaridagi yutuqlar shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy samaradorligini ham yaxshiladi.

O'zbekiston iqtisodiyotining jadal rivojlanishi elektr energiyasiga bo'lgan talabni muntazam oshirmoqda. Mamlakatning tabiiy-iqlim sharoiti, ayniqsa cho'l va yarim cho'l hududlari, shamol energetikasini rivojlantirish uchun qulay imkoniyatlar yaratadi. Shamol resurslari, ayniqsa, Qoraqalpog'iston Respublikasi, Navoiy, Buxoro va Jizzax viloyatlarida yuqori salohiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi O'zbekistonda shamol energetikasining nazariy asoslarini tahlil qilish, shamol resurslarini baholashning ilmiy usullarini ko'rib chiqish hamda mamlakatning texnik salohiyatini ilmiy nuqtai nazardan baholashdan iborat.

Tadqiqot quyidagi ilmiy metodlarga asoslandi:

- ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish;
- shamol energetikasi bo'yicha nazariy modellarni o'rganish;
- meteorologik ma'lumotlarni qiyosiy tahlil qilish;
- shamol energiyasi quvvatini hisoblash usullarini qo'llash;

- statistik tahlil va matematik modellastirish.

Shamol oqimining nazariy quvvati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

bu yerda:

- **P** — shamol oqimining quvvati (W);
- **$\rho$**  — havo zichligi (kg/m<sup>3</sup>);
- **A** — rotorning supurish maydoni (m<sup>2</sup>);
- **V** — shamol tezligi (m/s).

Shamol turbinasining haqiqiy ishlab chiqaradigan quvvati esa quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$$

bu yerda  $C_p$ — quvvat koeffitsienti bo'lib, uning nazariy maksimal qiymati Betz qonuniga ko'ra 0,593 dan oshmaydi.

Nazariy tahlillar shuni ko'rsatadiki, shamol energiyasi ishlab chiqarish hajmi shamol tezligining kubiga proporsional ravishda ortadi. Shu sababli shamol tezligidagi kichik o'zgarish ham elektr energiyasi ishlab chiqarishga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

O'zbekiston hududlarining meteorologik xususiyatlari tahlili quyidagi tendensiyalarni ko'rsatadi:

| Hudud            | O'rtacha shamol tezligi (m/s) | Shamol energetikasi istiqboli |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Qoraqalpog'iston | 7–9                           | Juda yuqori                   |
| Navoiy           | 6–8                           | Yuqori                        |
| Buxoro           | 6–7                           | Yuqori                        |
| Jizzax           | 5–7                           | Yaxshi                        |

| Hudud                | O'rtacha shamol<br>tezligi (m/s) | Shamol<br>energetikasi istiqboli |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Samarqand            | 4–6                              | O'rtacha                         |
| Toshkent<br>viloyati | 4–5                              | O'rtacha                         |

Nazariy hisob-kitoblar shamol tezligi 8 m/s bo'lgan hududlarda energiya ishlab chiqarish 6 m/s bo'lgan hududlarga nisbatan qariyb ikki baravar yuqori bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Rotor diametrining ortishi shamoldan olinadigan energiyani sezilarli ravishda oshiradi, chunki rotor maydoni diametr kvadratiga proporsional ravishda ortadi.

Tahlillar zamonaviy 5–8 MW quvvatli shamol turbinalaridan foydalanish O'zbekiston sharoitida yuqori texnik samaradorlikni ta'minlashi mumkinligini ko'rsatadi. Natijalar O'zbekiston shamol energetikasining istiqbollari yuqori ekanligini ko'rsatmoqda. Biroq texnik imkoniyatlardan to'liq foydalanish uchun bir qator muammolarni hal qilish zarur.

Birinchi muammo elektr uzatish tarmoqlarining cheklanganligi hisoblanadi. Yirik shamol elektr stansiyalari odatda aholi zich yashamaydigan hududlarda joylashgan bo'lib, yuqori kuchlanishli elektr uzatish tarmoqlarini rivojlantirishni talab qiladi.

Ikkinchi muhim masala shamol energiyasining o'zgaruvchanligidir. Ushbu muammoni energiya saqlash tizimlari, aqlli elektr tarmoqlari va qisqa muddatli shamol prognozlari yordamida kamaytirish mumkin.

Uchinchi yo'nalish shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish bilan bog'liq. Pitch Control va Yaw Control tizimlari, shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv

algoritmlaridan foydalanish elektr energiyasi ishlab chiqarishni sezilarli oshirishi mumkin.

Kelajakdagi tadqiqotlarda hisoblash gidrodinamikasi (CFD), raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi va mashinaviy o'rganish usullaridan foydalanish O'zbekiston sharoitiga mos optimallashtirilgan shamol turbinalarini ishlab chiqishga xizmat qilishi mumkin.

O'zbekiston shamol energetikasini rivojlantirish uchun qulay tabiiy salohiyatga ega. Nazariy tahlillar mamlakatning cho'l hududlarida shamol resurslari yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Shamol energiyasidan samarali foydalanish uchun:

- zamonaviy yuqori quvvatli shamol turbinalarini joriy etish;
- shamol resurslarini aniq baholash;
- energiya saqlash texnologiyalarini rivojlantirish;
- elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish;
- sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarini qo'llash maqsadga muvofiq.

Ushbu chora-tadbirlar O'zbekiston energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya ulushini oshirish, energiya xavfsizligini mustahkamlash va issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirishga xizmat qiladi.

### Adabiyotlar ro'yxati

1. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. *Wind Energy Handbook*. Wiley.
2. Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. *Wind Energy Explained*. Wiley.
3. Hau, E. *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Springer.
4. International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook*.

5. International Renewable Energy Agency (IRENA). *Renewable Capacity Statistics*.
6. Global Wind Energy Council (GWEC). *Global Wind Report*.
7. IEC 61400 Series — *Wind Turbines Standards*.
8. Панферова, И. В. (2024). Организационные изменения в контексте модернизации современной школы. Экономика и социум, (12-2 (127)), 1378-1382.
9. Irina, P. (2019). Conceptualization of the Components of the Psycholinguistic Aspect of Foreign Language Acquisition. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences* Vol, 7(12).
10. Panferova, I. V., & Dusimbetova, N. B. (2019). Integration of linguistic and didactic issues in the language acquisition process. *Молодой ученый*, (43), 269-270.
11. Vitalievna, P. I. (2015). Specific peculiarities of practical teaching English grammar at non-language University. *European journal of education and applied psychology*, (2), 58-63.
12. Sabirbayevna, D. N. (2024). Theoretical and methodological foundation for developing students' literary literacy through neuro-pedagogical technologies. *Journal of Higher Education and Academic Advancement*, 1(11), 51-54.
13. Duschanova, N. Neyropedagogika Va Zamonaviy Ilmiy Yondashuvlar. *Maktabgacha va Maktab Ta'limi Jurnali*, 673488.
14. Sabirbayevna, D. N., & Baxtiyorovna, N. N. (2026). Masofaviy ta'lim tizimida pedagogik kompetentlik tushunchasining mazmuni va tarkibiy tuzilmasi. *Universal journal of academic and multidisciplinary research*, 4(33), 15-18.

15. Duschanova, N. (2025). Shaxsning ma'naviy, aqliy va ijodiy yetukligini ta'minlashda neyropedagogikaning roli. Ijtimoiy-gumanitar sohada ilmiy-innovatsion tadqiqotlar, 2(4), 321-329.