ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 6

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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

SHAMOL TURBINALARINING AERODINAMIK SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI

Mohira Fozilova
Andijon davlat texnika instituti, stajyor-o‘qituvchi
Andijon, O‘zbekiston.
E-mail: Fmohira0@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish masalalari tahlil qilinadi. Asosiy e’tibor turbina parraklarining shakli, profili va geometrik parametrlarining havo oqimi bilan o‘zaro ta’siriga qaratilgan. Tadqiqot davomida aerodinamik yo‘qotishlar, turbulentlik ta’siri va parrak burchagining energiya ishlab chiqarishga ta’siri o‘rganilgan. Shuningdek, Betz chegarasi asosida maksimal nazariy samaradorlik va real sharoitdagi cheklovlar solishtirilgan. Maqolada zamonaviy optimallashtirish usullari, jumladan, kompyuter modellashtirish, yangi materiallar va adaptiv boshqaruv tizimlari orqali samaradorlikni oshirish yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Olingan natijalar shamol turbinalarining foydali ish koeffitsientini oshirish hamda past tezlikdagi shamol sharoitida ishlash samaradorligini yaxshilash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Shamol energetikasi, shamol turbinalari, aerodinamik samaradorlik, parrak profili, Betz chegarasi, havo oqimi, turbulentlik, CFD modellashtirish, energiya ishlab chiqarish, foydali ish koeffitsienti (FIK), past tezlikli shamol, optimallashtirish, aerodinamik yo‘qotishlar.

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы повышения аэродинамической эффективности ветровых турбин. Основное внимание уделено взаимодействию формы, профиля и геометрических параметров лопастей турбины с воздушным потоком. В ходе исследования изучены аэродинамические потери, влияние турбулентности и влияние угла установки лопастей на выработку энергии. Также на основе предела Беца проведено сравнение максимальной теоретической эффективности с ограничениями в реальных условиях. В статье рассмотрены современные методы оптимизации, включая компьютерное моделирование, новые материалы и адаптивные системы управления, направленные на повышение эффективности. Полученные результаты позволяют повысить коэффициент полезного действия ветровых турбин, а также улучшить эффективность работы при низких скоростях ветра.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветровые турбины, аэродинамическая эффективность, профиль лопастей, предел Беца, воздушный поток, турбулентность, CFD-моделирование, выработка энергии, коэффициент

ISSN 3030-3907

полезного действия (КПД), низкоскоростной ветер, оптимизация, аэродинамические потери.

Abstract. This article analyzes the issues of improving the aerodynamic efficiency of wind turbines. The main focus is on the interaction between the shape, profile, and geometric parameters of turbine blades and the airflow. During the study, aerodynamic losses, the effect of turbulence, and the influence of blade pitch angle on energy production were investigated. In addition, based on the Betz limit, the maximum theoretical efficiency was compared with real operating constraints. The paper also discusses modern optimization methods, including computer modeling, advanced materials, and adaptive control systems aimed at improving efficiency. The obtained results make it possible to increase the efficiency (power coefficient) of wind turbines and improve their performance under low wind speed conditions.

Keywords: wind energy, wind turbines, aerodynamic efficiency, blade profile, Betz limit, airflow, turbulence, CFD modeling, energy production, efficiency (power coefficient), low wind speed, optimization, aerodynamic losses.

KIRISH.

Hozirgi kunda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortib borishi va an’anaviy yoqilg‘i manbalarining cheklanganligi sababli qayta tiklanuvchi energiya manbalariga, xususan shamol energetikasiga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada oshmoqda. Shamol energiyasi ekologik toza, qayta tiklanuvchi va uzoq muddatli istiqbolda barqaror energiya manbai hisoblanadi. Shu sababli ko‘plab davlatlarda shamol elektr stansiyalarini qurish va ularning samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Shamol turbinalarining samaradorligi asosan ularning aerodinamik xususiyatlariga bog‘liq bo‘lib, bu jarayon havo oqimi va parraklar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir orqali aniqlanadi. Nazariy jihatdan shamol energiyasidan foydalanishning maksimal samaradorligi Betz qonuni bilan chegaralangan bo‘lsa-da, amaliy sharoitlarda bu ko‘rsatkich turli yo‘qotishlar sababli pastroq bo‘ladi. Ayniqsa, turbulentlik, parrak shaklining noto‘g‘ri tanlanishi va burchak sozlamalarining optimal emasligi energiya ishlab chiqarish hajmiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

So‘nggi yillarda shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirishga qaratilgan turli yondashuvlar ishlab chiqilmoqda. Jumladan, parraklarning aerodinamik profilini optimallashtirish, kompyuter modellashtirish (CFD) yordamida havo oqimini tahlil qilish, adaptiv boshqaruv tizimlarini joriy etish va yangi kompozit materiallardan foydalanish orqali samaradorlikni oshirish imkoniyatlari kengaymoqda. Bu esa shamol energetikasining iqtisodiy

ISSN 3030-3907

samaradorligini oshirish va energiya ishlab chiqarish hajmini ko‘paytirishda muhim ahamiyatga ega [1].

ADABIYOTLAR TAHLILI

Shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish masalalari bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu yo‘nalishda dastlabki fundamental ishlardan biri A. Betz tomonidan taklif etilgan nazariya bo‘lib, unga ko‘ra shamol energiyasidan maksimal foydalanish koeffitsienti 59,3% dan oshmasligi aniqlangan. Mazkur nazariya shamol turbinalari samaradorligini baholashda asosiy mezon sifatida keng qo‘llaniladi.

Zamonaviy tadqiqotlarda shamol turbinalarining samaradorligi asosan parraklarning aerodinamik xususiyatlariga bog‘liq ekanligi ko‘rsatib o‘tilgan. J.F. Manwell, J.G. McGowan va A.L. Rogers tomonidan olib borilgan ishlarda turbina parraklarining geometriyasi, uzunligi va burilish burchagi energiya ishlab chiqarish samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi asoslab berilgan. Ularning tadqiqotlarida parrak profilini to‘g‘ri tanlash orqali aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish mumkinligi ta’kidlangan.

Bundan tashqari, yangi materiallar, jumladan, yengil va mustahkam kompozit materiallardan foydalanish ham turbinalarning aerodinamik va mexanik samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda. Xalqaro ilmiy manbalarda qayd etilishicha, innovatsion materiallar va aqlli boshqaruv tizimlari yordamida shamol turbinalarining foydali ish koeffitsientini sezilarli darajada oshirish mumkin [2-3].

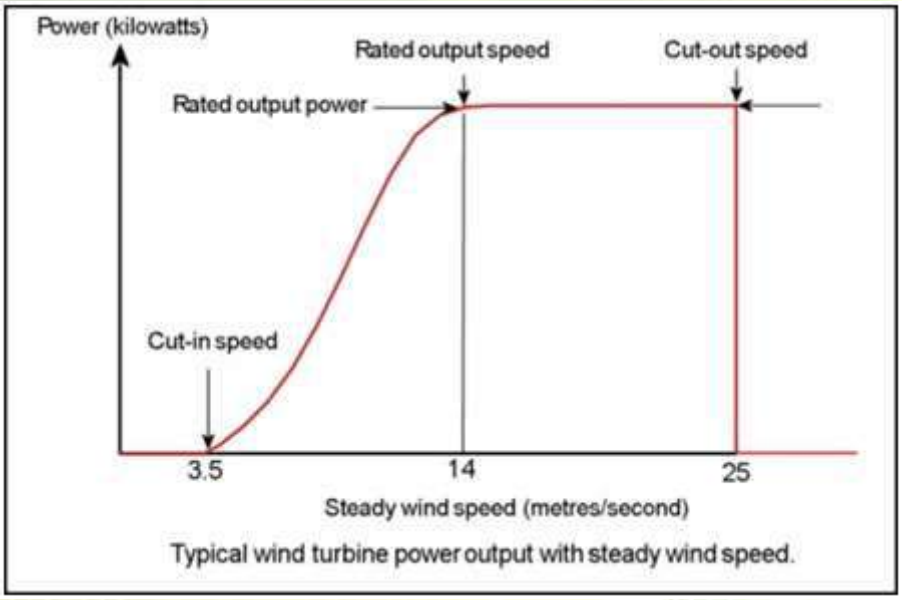
METOD

Ushbu tadqiqotda shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish masalasi nazariy tahlil va taqqoslash usullari orqali o‘rganildi. Tadqiqot davomida shamol tezligi, parrak shakli, burilish burchagi va havo oqimining xususiyatlari asosiy omillar sifatida ko‘rib chiqildi.

Birinchi bosqichda shamol oqimining turbina parraklariga ta’siri sifat jihatdan tahlil qilindi. Bu yerda havo oqimining tezligi oshishi bilan energiya ishlab chiqarish qanday o‘zgarishi kuzatildi.

Ikkinchi bosqichda turli parrak shakllari (aerodinamik profil) va ularning samaradorlikka ta’siri solishtirildi. Parrak burchagini o‘zgartirish orqali maksimal energiya olish sharoitlari aniqlangan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. shamol tezligi va quvvat bog‘liqligi grafiki

Uchinchi bosqichda shamol tezligi va ishlab chiqariladigan quvvat o‘rtasidagi bog‘liqlik grafik ko‘rinishda tahlil qilindi. Bu orqali shamol tezligi oshishi bilan energiya ishlab chiqarish keskin ortishi aniqlangan [4].

NATIJA

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligi bir qator muhim omillarga bog‘liqligi aniqlandi. Eng avvalo, shamol tezligi oshishi bilan turbina tomonidan ishlab chiqariladigan energiya miqdori keskin ortishi kuzatildi. Past tezliklarda turbina samaradorligi juda past bo‘lsa, o‘rtacha tezliklarda maksimal o‘sish bosqichi yuzaga keladi va yuqori tezliklarda barqarorlashadi.

Shuningdek, parraklarning aerodinamik shakli va burilish burchagi turbina samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Optimal profil tanlanganda havo oqimi bilan o‘zaro ta’sir yaxshilanib, energiya yo‘qotishlari kamayadi va foydali ish koeffitsienti ortadi. Noto‘g‘ri tanlangan konstruktiv parametrlar esa turbulentlikni oshirib, samaradorlikni pasaytirishi mumkin.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy modellashtirish va optimallashtirish usullaridan foydalanish orqali shamol turbinalarining samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Ayniqsa, past tezlikli shamol sharoitida ishlashni yaxshilash uchun parrak geometriyasini optimallashtirish muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish kompleks yondashuvni talab qilishini va to‘g‘ri loyihalash orqali energiya ishlab chiqarish hajmini oshirish mumkinligini ko‘rsatdi [5].

MUHOKAMA

Olingan natijalar shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligi ko‘p omillarga bog‘liq murakkab jarayon ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida

ISSN 3030-3907

aniqlanganidek, shamol tezligi asosiy rol o‘ynasa-da, faqatgina tezlikni oshirish orqali yuqori samaradorlikka erishib bo‘lmaydi. Bu jarayonda turbina parraklarining shakli, burilish burchagi va konstruktiv xususiyatlari hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Adabiyotlar tahlili bilan solishtirilganda, olingan natijalar mavjud ilmiy qarashlar bilan mos keladi. Xususan, parrak profilining to‘g‘ri tanlanishi aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirishi va energiya olish samaradorligini oshirishi haqidagi fikrlar ushbu tadqiqotda ham tasdiqlandi. Shu bilan birga, turbulent oqimlarning salbiy ta’siri ham amaliy jihatdan muhim omil sifatida qayd etildi.

Muhokama jarayonida yana bir muhim jihat shundan iboratki, real sharoitlarda shamol oqimi doimo o‘zgaruvchan va notekis bo‘ladi. Bu esa nazariy hisob-kitoblar bilan amaliy natijalar o‘rtasida farq yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Shuning uchun shamol turbinalarini loyihalashda faqat nazariy maksimal samaradorlikka emas, balki real ekspluatatsiya sharoitlariga moslashuvchanlikka ham e’tibor qaratish zarur.

Shuningdek, zamonaviy texnologiyalar, jumladan, kompyuter modellashtirish va aqlli boshqaruv tizimlaridan foydalanish samaradorlikni oshirishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilishi ta’kidlandi. Bunday yondashuvlar yordamida turbina ishini real vaqt rejimida optimallashtirish va turli sharoitlarga moslashtirish mumkin [6].

XULOSA

Ushbu tadqiqotda shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirish masalalari tahlil qilindi va asosiy ta’sir etuvchi omillar aniqlab berildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, turbina samaradorligi shamol tezligi, parrak shakli va burilish burchagiga bevosita bog‘liq bo‘lib, ushbu parametrlarni optimal tanlash orqali energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada oshirish mumkin.

Shuningdek, aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish, turbulentlikni nazorat qilish va zamonaviy modellashtirish usullaridan foydalanish samaradorlikni oshirishning muhim yo‘llari sifatida aniqlandi. Ayniqsa, past tezlikdagi shamol sharoitida ishlovchi turbinalar uchun optimallashtirish alohida ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, shamol turbinalarining samaradorligini oshirish kompleks yondashuvni talab qiladi va ilmiy asoslangan loyihalash orqali qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini yanada oshirish mumkin [7].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Betz A. *Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1926.

ISSN 3030-3907

2. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. 2nd ed. Wiley, 2009.
3. Burton T., Jenkins N., Sharpe D., Bossanyi E. *Wind Energy Handbook*. 2nd ed. Wiley, 2011.
4. Mathew S. *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Springer, 2006.
5. Hau E. *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Springer, 2013.
6. Bianchi F.D., De Battista H., Mantz R.J. *Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*. Springer, 2007.
8. Islam M.R., Mekhilef S., Saidur R. "Progress and recent trends of wind energy technology." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013

ISSN 3030-3907