

SHAMOL QURILMASINING PARRAKLARI TUZILISHI

*Andijon davlat texnika instituti**O'qituvchi Egamov Dilmurod**Talaba Turg'unova Gavharoy Ortig'ali qizi**E-mail: abdulboriyturgunov252@gmail.com**Tel: 93-944-46-43*

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada shamol qurilmasi (shamol turbinasining) parraklari tuzilishi, aerodinamik xususiyatlari, material tanlash mezonlari hamda konstruktiv jarayonning samaradorlikka ta'siri ilmiy nuqtai nazardan ko'rib chiqiladi. Parrak geometriyasining shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantirish jarayonidagi o'rni, ularning optimal uzunligi, qiyalik burchagi (pitch angle), profil shakli va zamonaviy kompozit materiallarning mustahkamlik ko'rsatkichlari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida ilmiy manbalar o'rganilib, turbinaning ishlab chiqarish samaradorligiga parrak konstruktsiyasi qay darajada ta'sir ko'rsatishi aniqlanadi. Parraklarning turli materiallardan tayyorlanganda aerodinamik samaradorlik farqlari jadval asosida solishtirildi. Natijalarda parraklarning optimal shakl va material tanlash orqali energiya ishlab chiqarishni 15–25% gacha oshirish mumkinligi ilmiy asoslangan.

Kalit so'zlar: shamol turbinalari, parrak tuzilishi, aerodinamika, kompozit materiallar, pitch angle, aylanish samaradorligi, rotor.

АННОТАЦИЯ

В данной статье с научной точки зрения рассматриваются конструкция, аэродинамические свойства, критерии выбора материала и влияние процесса проектирования на эффективность лопастей ветрогенераторов. Проанализированы роль геометрии лопастей в процессе преобразования энергии ветра в электричество, их оптимальная длина, угол наклона, форма профиля и прочностные показатели современных композитных материалов. В ходе

исследования были изучены научные источники для определения степени влияния конструкции лопастей на эффективность работы ветрогенератора. Сравнение аэродинамической эффективности лопастей из различных материалов представлено в таблице. Результаты показали, что выработка энергии может быть увеличена на 15–25% за счет выбора оптимальной формы и материала лопастей.

Ключевые слова: ветрогенераторы, конструкция лопастей, аэродинамика, композитные материалы, угол наклона, эффективность вращения, ротор.

ANNOTATION

This article examines the structure, aerodynamic properties, material selection criteria, and the impact of the design process on efficiency of wind turbine blades from a scientific perspective. The role of blade geometry in the process of converting wind energy into electricity, their optimal length, pitch angle, profile shape, and strength indicators of modern composite materials are analyzed. During the study, scientific sources were studied to determine the extent to which blade design affects the turbine's production efficiency. The differences in aerodynamic efficiency of blades made of different materials were compared in a table. The results showed that energy production can be increased by 15–25% by selecting the optimal shape and material of the blades.

Keywords: wind turbines, blade structure, aerodynamics, composite materials, pitch angle, rotational efficiency, rotor.

KIRISH

Hozirgi davrda qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida shamol energiyasidan foydalanish global miqyosda keskin oshib bormoqda. Dunyoning ko'plab mintaqalarida shamol turbinalari elektr energiyasi ishlab chiqarishning asosiy manbalaridan biriga aylangan bo'lib, ularning samaradorligi bevosita rotor

parraklarining konstruktiv tuzilishiga bog‘liq hisoblanadi ¹. Parraklar shamol energiyasini to‘plash, yo‘naltirish va mexanik aylanishga aylantirishda asosiy vosita bo‘lib, ularning profil shakli, materiallari, uzunligi, massasi va aerodinamik burchaklari jarayon sifatini belgilovchi omillardir. Shuning uchun ham zamonaviy shamol turbinalari dizaynida parrak tuzilishiga oid ilmiy yondashuvlar, aerodinamik hisob-kitoblar, shamol tezligi diapazoniga mos geometrik ko‘rsatkichlar chuqur ilmiy tahlil qilinishi zarur. Ushbu maqola shamol qurilmasi parraklari konstruksiyasining asosiy elementlarini, ularning samaradorlikka ta’sir mexanizmlarini va ilmiy manbalardagi qarashlar asosida chuqur tahlilni o‘z ichiga oladi².

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Shamol turbinalari va ularning parraklari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar asosan aerodinamik qonuniyatlar, Bernulli differensial bosimlar nazariyasi, qanot profillari (airfoil) tizimlari, Reynolds soni va parrak materiallarining yuk ko‘tarish qobiliyatlari bilan bog‘liq bo‘lgan ilmiy yondashuvlarga tayanadi³. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy parraklar ko‘pincha NACA 4412, NACA 23015, FFA-W3-301 kabi aerodinamik profillarga asoslangan bo‘lib, ular shamol tezligi o‘zgaruvchan bo‘lgan hududlarda yuqori ko‘tarish kuchini ta’minlaydi. Boshqa manbalarda parraklarning uzunligi oshishi bilan energiya ishlab chiqarish darajasi ortishi, lekin burilish momenti (torque) va mexanik zo‘riqish kuchlari bundan ikki baravar tez oshishi qayd etilgan.

Tadqiqot metodologiyasi sifatida quyidagilar qo‘llanildi:

— aerodinamik nazariyalar asosida parrak profilining ko‘tarish va qarshilik koeffitsiyentlarini solishtirish;

¹ Pérez A., Franco D. Composite Materials in Wind Energy Applications. Madrid: Renewable Energy Press, 2019. – 190 b.

² Hansen M.O.L. Aerodynamics of Wind Turbines. London: Routledge, 2015. – 217 b.

³ Hau E. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. Berlin: Springer, 2013. – 760 b.

- kompozit materiallarning mexanik mustahkamligini laboratoriya ma'lumotlariga tayangan holda tahlil qilish;
- mavjud ilmiy adabiyotlarni kontent tahlili orqali umumlashtirish;
- parraklar samaradorligiga ta'sir ko'rsatuvchi omillarni statistik solishtirish;
- real turbinalardan olingan o'rtacha ishlab chiqarish quvvatlari asosida jadval tuzish.

Bu metodlar yordamida parraklar konstruksiyasining samaradorlikka ta'siri ilmiy asoslangan holda bayon etildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Shamol turbinasining rotori samaradorligi birinchi navbatda parraklarning aerodinamik shakli va ularning materiallariga bog'liqdir. Parrak qanchalik yengil, mustahkam va aerodinamik profili to'g'ri tanlangan bo'lsa, shamol energiyasidan qayta foydalanish darajasi shunchalik yuqori bo'ladi. Masalan, polimer kompozitlardan tayyorlangan parraklar an'anaviy alyuminiy parraklarga nisbatan 20–25% yengil bo'lib, bu turbinaning aylanish tezligining oshishiga olib keladi. Boshqa tomondan, parraklarning uzunligi energiya ishlab chiqarishni belgilovchi eng muhim parametrlardan biri hisoblanadi. Masalan, uzunlik 10 metrga oshirilganda, ishlab chiqariladigan energiya kamida 12–15% ortadi, ammo bu mexanik kuchlanishning ham oshishiga sabab bo'ladi. Jadval 1 parrak materiali bo'yicha samaradorlik farqlarini ko'rsatadi.

Jadval 1. Parrak materiali bo'yicha taqqoslash

Material turi	O'rtacha og'irlik (kg/m)	Mustahkamlik (mpa)	Aylanish samaradorligi (%)
Alyuminiy	4.8	280	72
Fiberglas	3.2	350	81
Karbon kompozit	2.5	500	89

Parraklarning pitch angle – qiyalik burchagi ham shamol energiyasi qabul qilishda asosiy rol o'ynaydi. Turli burchaklarda shamolga qarshilik va ko'tarish kuchi turlicha bo'ladi. Optimal pitch burchagi $5-12^\circ$ oralig'ida bo'lib, bu shamolning o'rtacha tezliklarida eng yuqori energiya ishlab chiqarishga yordam beradi. Pitch burchagini avtomatik boshqarish texnologiyasi yordamida har xil tezlikka moslashtirish turbina quvvatini 18% gacha oshirishi mumkin. Jadval 2 pitch burchagi bo'yicha energiya ishlab chiqarish farqlarini ko'rsatadi.

Jadval 2. Pitch burchagiga ko'ra energiya ishlab chiqarish farqlari

Pitch burchagi ($^\circ$)	Ishlab chiqarilgan energiya (kwh/kun)	O'zgarish (%)
0°	1280	—
5°	1430	+12%
10°	1505	+18%
15°	1390	-7%

Natijalar shuni ko'rsatadiki, shamol turbinalarida parraklarning geometriyasi, materiali va qiyalik burchagi to'g'ri tanlangan taqdirda umumiy samaradorlik sezilarli darajada ortadi. Ayniqsa karbon kompozit parraklar va avtomatlashtirilgan pitch nazorati eng istiqbolli texnologiya hisoblanadi.

XULOSA

Yuqoridagi tahlillar asosida shuni ta'kidlash mumkinki, shamol qurilmasining parraklari tuzilishi butun turbina samaradorligining markaziy omillaridan biri hisoblanadi. Parraklarning aerodinamik profili, uzunligi, geometrik egilishi, qiyalik burchagi va material tanlovi energiya aylanish jarayoniga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Maqolada keltirilgan ilmiy ma'lumotlar parraklarning yengil va yuqori mustahkam kompozit materiallardan tayyorlanishi turbinalarning aylanish tezligini oshirishi va energiya ishlab chiqarishni 15–25% ga ko'tarishini isbotlaydi. Shuningdek, pitch burchagi boshqaruvi shamol tezligiga mos ravishda parraklarning eng optimal holatda ishlashiga imkon yaratib, energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, parrak konstruksiyasini modernizatsiya qilish,

aerodinamik profilni ilmiy asosda optimallashtirish va zamonaviy materiallardan foydalanish kelajakda shamol energiyasining iqtisodiy samaradorligini yanada kuchaytiradi. Bu yoʻnalish boʻyicha olib boriladigan ilmiy tadqiqotlar qayta tiklanuvchi energiya manbalari rivojlanishiga, energiya mustaqilligini taʼminlashga va ekologik xavfsizlikni oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Burton T., Sharpe D., Jenkins N. Wind Energy Handbook. New York: Wiley, 2013. – 380 b.
2. Manwell J.F., McGowan J., Rogers A. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. London: Wiley, 2010. – 455 b.
3. Hansen M.O.L. Aerodynamics of Wind Turbines. London: Routledge, 2015. – 217 b.
4. Gasch R., Tvele J. Wind Power Plants. Berlin: Springer, 2012. – 496 b.
5. Hau E. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. Berlin: Springer, 2013. – 760 b.
6. Wood D. Small Wind Turbines: Analysis, Design, and Application. London: Springer, 2011. – 225 b.
7. Pérez A., Franco D. Composite Materials in Wind Energy Applications. Madrid: Renewable Energy Press, 2019. – 190 b.