ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, 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

SHAMOL TURBINALARINI TAHLIL QILISHDA QO‘LLANILADIGAN ZAMONAVIY DASTURLAR TAHLILI

B.Raxmonov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: boburraxmonov1234@gmail.com
B.Boynazarov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
M.Uzbekov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
M.Qosimova
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada shamol turbinalarini tahlil qilishda qo‘llaniladigan zamonaviy dasturiy vositalar va ularning imkoniyatlari o‘rganilgan. Jumladan, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics hamda WindPRO dasturlarining shamol turbinalarini modellashtirish va optimallashtirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda CFD (Computational Fluid Dynamics) usullari asosida aerodinamik jarayonlarni modellashtirish, turbulensiya modellari, oqim strukturalari, bosim taqsimoti hamda quvvat koeffitsientlarini aniqlash masalalari yoritilgan. Shuningdek, vertikal va gorizontal o‘qli shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirishda sonli modellashtirishning roli ko‘rsatib berilgan. Olingan natijalar zamonaviy dasturiy komplekslardan foydalanish shamol energetikasi tizimlarini loyihalash, optimallashtirish va iqtisodiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Shamol turbinalari, CFD modellashtirish, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO, aerodinamika, turbulensiya modeli, vertikal o‘qli shamol turbinalari, gorizontal o‘qli shamol turbinalari, quvvat koeffitsienti, sonli modellashtirish, qayta tiklanuvchi energiya.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные программные средства, используемые для анализа ветротурбин и их возможностей. В частности, анализируется важность программ ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics и WindPRO для моделирования и оптимизации ветротурбин. Исследование охватывает вопросы моделирования аэродинамических процессов, определения моделей турбулентности, структур потока, распределения давления и коэффициентов мощности на основе методов вычислительной гидродинамики (CFD). Также показана роль численного моделирования в повышении аэродинамической эффективности ветротурбин с вертикальной

ISSN 3030-3907

и горизонтальной осью вращения. Полученные результаты подтверждают важность использования современных программных комплексов при проектировании, оптимизации и экономической эффективности ветроэнергетических систем.

Ключевые слова: Шамол турбины, модели CFD, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysical, WindPRO, аэродинамика, модели турбулентности, вертикальные турбинные турбины, горизонтальные турбинные турбины, какие коэффициенты, только модельные турбины, гайта тикланувчи энергия.

Abstract. This article studies modern software tools used in the analysis of wind turbines and their capabilities. In particular, the importance of ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics and WindPRO programs in modeling and optimizing wind turbines is analyzed. The study covers the issues of modeling aerodynamic processes, determining turbulence models, flow structures, pressure distribution and power coefficients based on CFD (Computational Fluid Dynamics) methods. It also shows the role of numerical modeling in improving the aerodynamic efficiency of vertical and horizontal axis wind turbines. The results obtained confirm the importance of using modern software complexes in the design, optimization and economic efficiency of wind energy systems.

Keywords: Wind turbines, CFD modeling, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO, aerodynamics, turbulence model, vertical axis wind turbines, horizontal axis wind turbines, power factor, numerical modeling, renewable energy.

KIRISH.

Shamol energetikasi zamonaviy energetikaning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Shamol turbinalarining samaradorligini oshirish maqsadida zamonaviy modellashtirish va CFD dasturlari keng qo‘llanilmoqda.

Dunyo miqyosida shamol turbinalarini tahlil qilishda ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO kabi zamonaviy dasturlaridan keng foydalanib kelinmoqda.

Zamonaviy shamol energetikasida shamol turbinalarining samaradorligini oshirish, aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish va konstruktsion mustahkamligini optimallashtirish uchun sonli modellashtirish texnologiyalari keng qo‘llaniladi. Ushbu texnologiyalar orasida ANSYS Fluent dasturi eng kuchli va universal CFD (Computational Fluid Dynamics) dasturlaridan biri hisoblanadi. Dastur yordamida shamol turbinalarida sodir bo‘ladigan aerodinamik, issiqlik, turbulent va ko‘p fazali oqim jarayonlarini yuqori aniqlikda modellashtirish mumkin.

ISSN 3030-3907

ANSYS Fluent shamol oqimining rotor bilan o‘zaro ta’siri, bosim taqsimoti, turbinadan keyingi oqimlari, girdoblar hosil bo‘lishi, turbulensiya va energiya yo‘qotishlarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, vertikal o‘qli shamol turbinalari (VO‘SHT) uchun ANSYS Fluent murakkab oqim strukturasi sababli juda muhim hisoblanadi.

ANSYS Fluent dasturida 2D va 3D CFD modellashtirish, turbulent oqimlarni hisoblash, rotor harakatini modellashtirish, bosim va tezlik maydonlarini aniqlash, ko‘p fazali oqimlar, issiqlik almashinuvi, aeroelastik tahlil, dinamik mesh, LES va DNS modellashtirish, moving reference frame (MRF), sliding mesh texnologiyasi. Dasturda shamol turbinalarida aerodinamik, turbulensiya, bosim taqsimoti, mexanik mom, turbine ortidagi oqimlar, vibratsiya va energiya konversiyasi kabi fizik jarayonlar bir vaqtning o‘zida tahlil qilish mumkun.

ANSYS Fluent CFD hisoblashlarida Navye-Stoks tenglamalariga asoslanadi.

Massaning saqlanish qonuni

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V}) = 0$$

Bu yerda:

ρ — zichlik;

$\vec{V}$ — tezlik vektori.

Navye-Stoks tenglamasi:

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{V} + \rho \vec{g}$$

Bu tenglama:

Bosim, yopishqoqlik, inertsiya, gravitatsiya ta’sirlarini hisoblaydi.

Energiya tenglamasi

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} = k\nabla^2 T + \Phi$$

Bu yerda:

T — temperatura;

C_p — issiqlik sig‘imi;

k — issiqlik o‘tkazuvchanlik;

Φ — dissipation energiyasi.

Shamol turbinalarida oqim deyarli har doim turbulent bo‘ladi. Shu sababli ANSYS Fluentda maxsus turbulensiya modellari qo‘llaniladi.

k–ε modeli

Bu eng keng tarqalgan turbulensiya modeli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

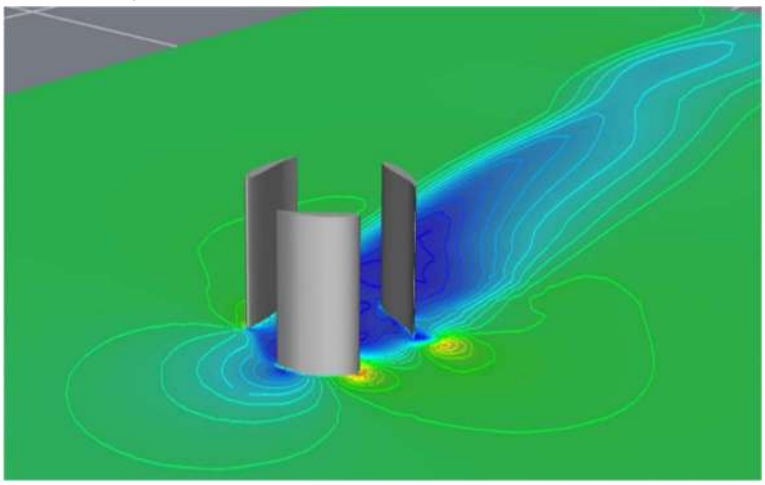
Model ikkita qo‘shimcha tenglamadan iborat:
turbulent kinetik energiya k;
dissipatsiya tezligi ε.
Turbulent kinetik energiya formulasi

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho k\vec{V}) = \nabla\left[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k})\nabla k\right] + G_k - \rho\varepsilon$$

Dissipatsiya tezligi tenglamasi

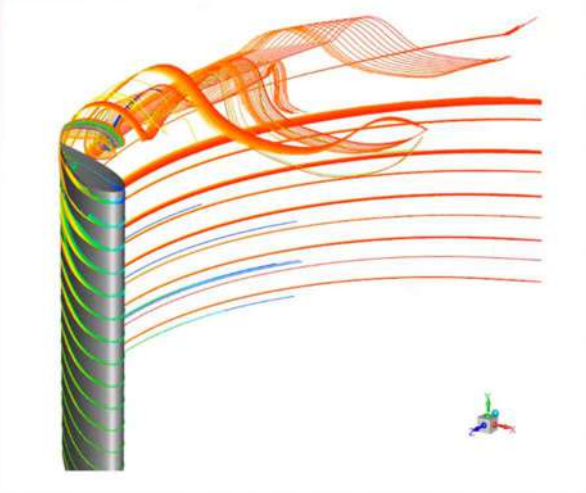
$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho\varepsilon\vec{V}) = \nabla\left[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon})\nabla\varepsilon\right] + C_1\frac{\varepsilon}{k}G_k - C_2\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

Yuqoridagi formulalar yordamida berilgan geometriya atrofida suniy shamol hosil qilinib (boshlang‘ich va chegaraviy shartlar asosida) geometrik jihatdan murrakkab va yajriba konstruksiyasini ishlab chiqish orqali tahlil qilish imkoni iqtisodiy jihatdan qimmaq va ko‘p vaqt talab etuvchi konstruksiyalarni tahlil qilish imkonini beradi. Formulada ***k*** oqim ichidagi turbulent girdoblarning energiyasini ifodalaydi, ya’ni turbulensiyaning “kuchi” yoki hosil bo‘lgan turbulent kinetik energiya va ***ε*** shu turbulent energiyaning parchalanish yoki so‘nish tezligini ifodalaydi.

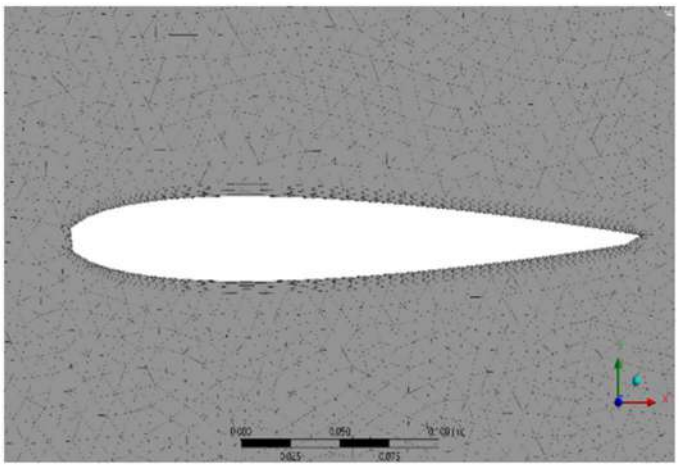


2.1-rasm. ANSYS Fluent dasturida vertikal o‘qli shamol turbinasining CFD tahlili natijasini ko‘rsatilgan. Rasmda Savonius tipidagi vertikal rotor atrofidagi shamol oqimining tezlik konturi va turbindan keying shamol oqim strukturasi tasvirlangan.

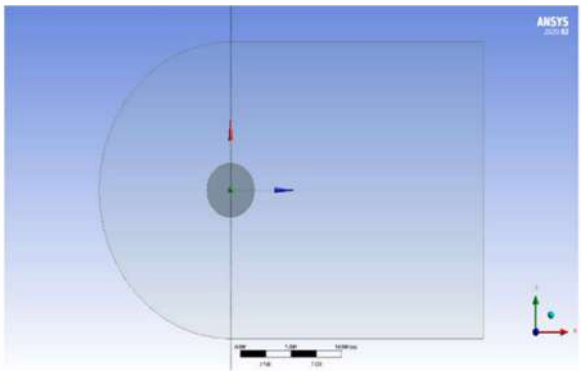
ISSN 3030-3907



2.2-rasm. ANSYS Fluent dasturida vertikal o‘qli shamol turbinasining CFD tahlili asosida hosil qilingan streamline oqim chiziqlari orqali shamol oqimining rotor atrofida qanday harakatlanishi ko‘rsatilgan.

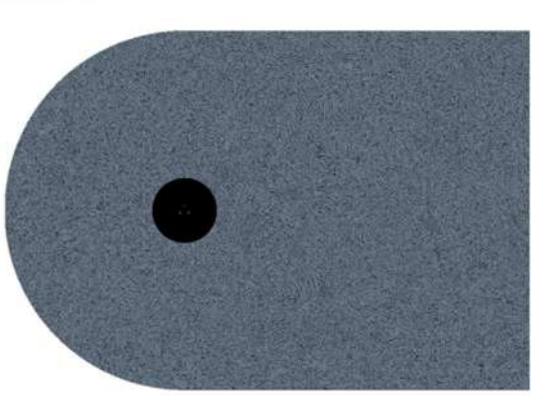


2.3-rasm. NACA0018 profili ANSYS dasturida tahlil qilingan [XXXX].

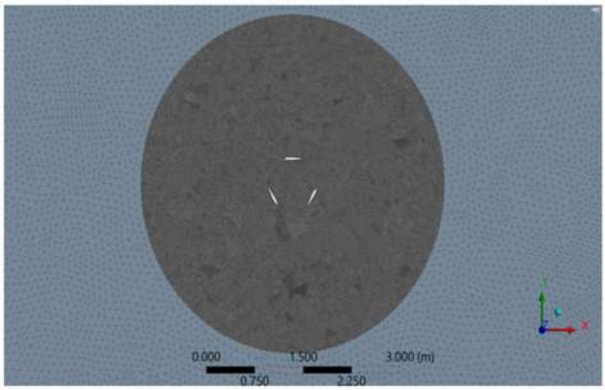


2.4-rasm. Hisoblash geometriyasi [XXXX].

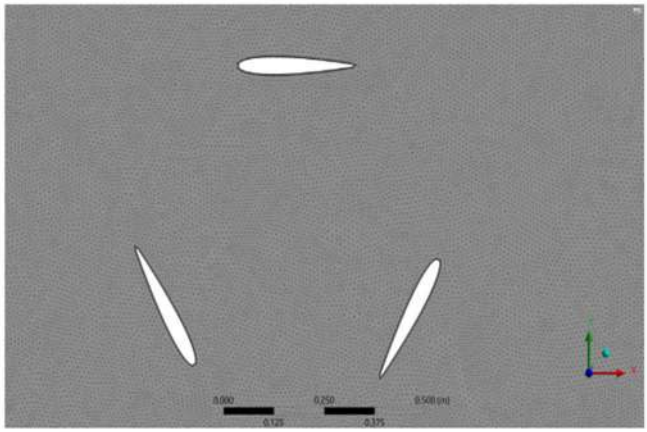
ISSN 3030-3907



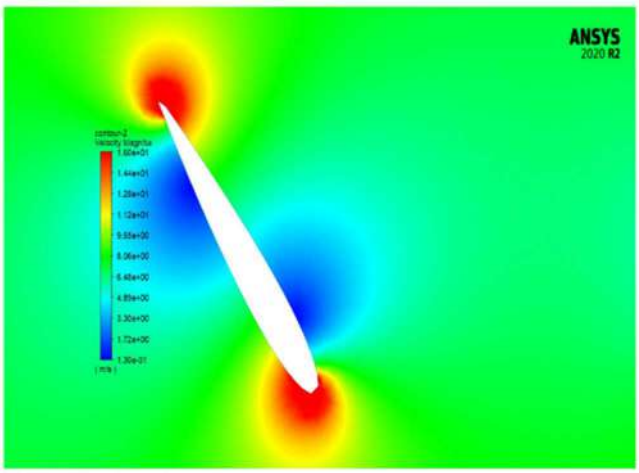
2.5-rasm. Meshlashdan keyingi hisoblash sohasi [XXXX].



2.6-rasm. Aylanish zonasining mesh ko‘rinishi [XXXX].

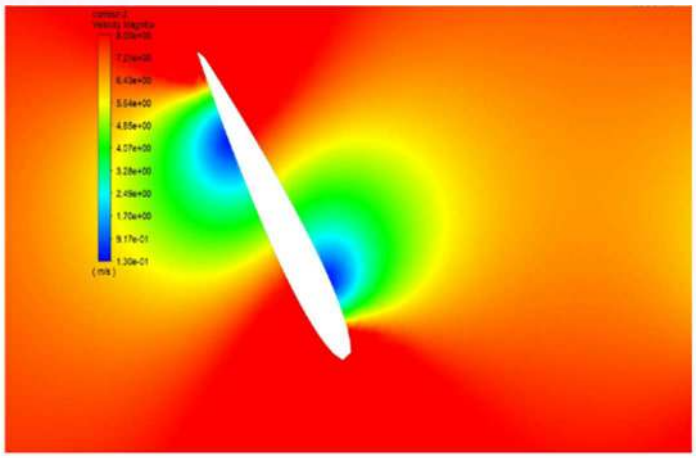


2.7-rasm. Mesh ko‘rinishidan keyin profil ko‘rinishi [XXXX].

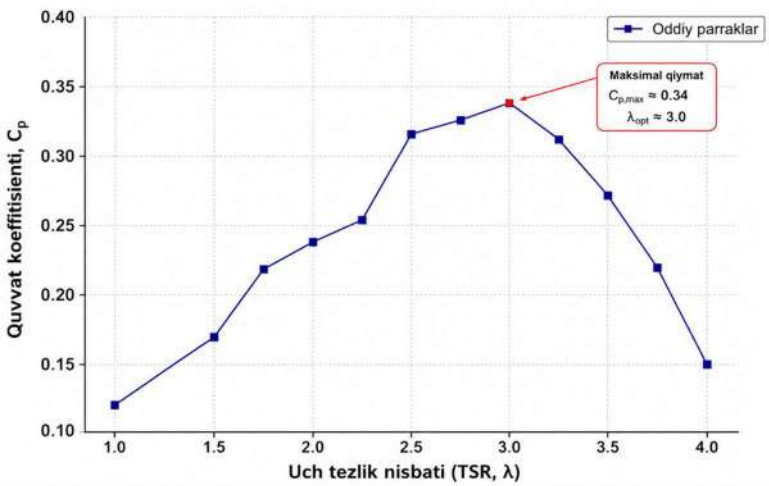


2.8-rasm. 13 graduslik hujum burchagining tezlik konturlari [XXXX].

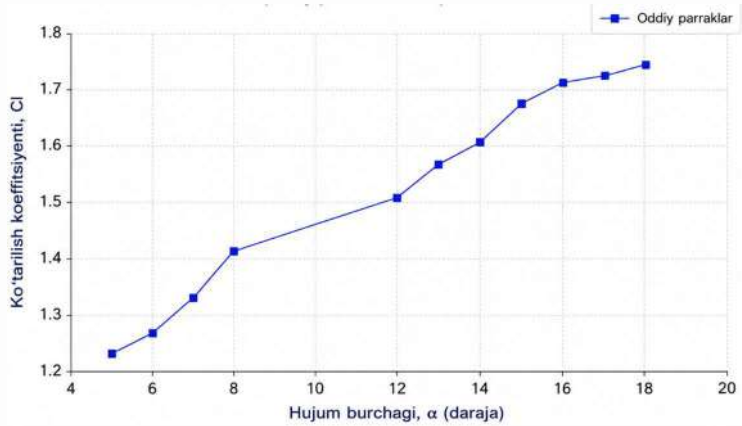
ISSN 3030-3907



2.9-rasm. 14 graduslik hujum burchagining tezlik konturlari [XXXX].



2.10-rasm. Quvvat koeffitsienti (Cp) va uchi tezligi nisbati [XXXX].



2.11-rasm. Quvvat koeffitsienti (Cp) va uchi tezligi nisbati [XXXXX].

S. Shukla, C.J. Ramanan, B. Jyoti Bora va boshqalar tomonidan olib borgan tadqiqotda Darrieus tipidagi vertikal o‘qli shamol turbinasida hujum burchagi (angle of attack) o‘zgarishining aerodinamik samaradorlikka ta’sirini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida rotor uch tezligi va kiruvchi shamol tezligi doimiy saqlangan holda NACA0018 aeroprofillari SST k–ε turbulensiya modeli yordamida CFD usulida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, maksimal ko‘tarilish koeffitsienti va optimal quvvat koeffitsienti hujum burchagi 15° bo‘lganda kuzatildi. Ushbu

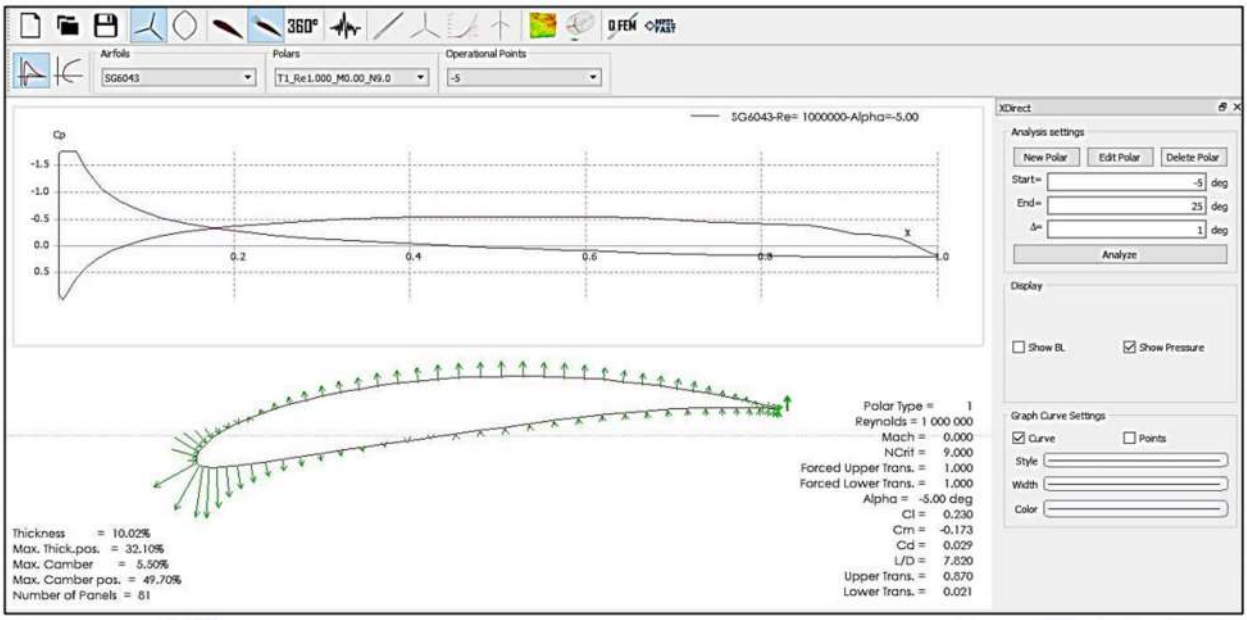
ISSN 3030-3907

holatda oqim parrak yuzasi bo‘ylab silliq taqsimlanib, quvvat koeffitsienti 0.354 va ko‘tarilish koeffitsienti 1,689 ga teng bo‘ldi. Hujum burchagi 15° dan oshganda stall effekti yuzaga kelishi sababli turbina samaradorligi pasayadi. Olingan natijalar Darrieus shamol turbinasining aerodinamik optimallashtirilishi va iqtisodiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega [XXXX].

Bundan tashqari ANSYS Fluent dasturida k–ω, Reynolds Stress Model (RSM), LES (Large Eddy Simulation), DES modeli, DNS modeli, Dynamic Mesh, Mixture va bosha modellar mavjud.

Modellar ichida shamol turbinasini tahlil qilishda k–ε modeli keng qo‘llanilsada aniqlik darajasi bo‘yicha DNS yuqori hisoblanadi.

Shamol turbinalarini tahlil qilishda QBlade dasturi ham keng qo‘llanilib kelinmoqda. QBlade dasturi shamol turbinalari uchun maxsus ishlab chiqilgan dastur hisoblanadi. Bu dastur yordamida U vertikal o‘qli shamol turbinalari va gorizontal o‘qli shamol turbinalari tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Shu bilan birga MATLAB/Simulink dasturi yordamida shamol turbinalarining matematik modellarini yaratishda ishlatiladi. Ayniqsa generator boshqaruvi va MPPT algoritmlari uchun samarali hisoblanadi. Bundan tashqari OpenFOAM ochiq kodli CFD platforma bo‘lib, LES va DNS modellashtirish imkonini beradi. Katta hisoblash tizimlari bilan ishlaydi. COMSOL Multiphysics dasturi aerodinamika, issiqlik almashinuvi va elektromagnit maydonlarni birgalikda modellashtiradi. WindPRO shamol elektr stansiyalarini loyihalash, shamol xaritalari va iqtisodiy analizlar uchun ishlatiladi.



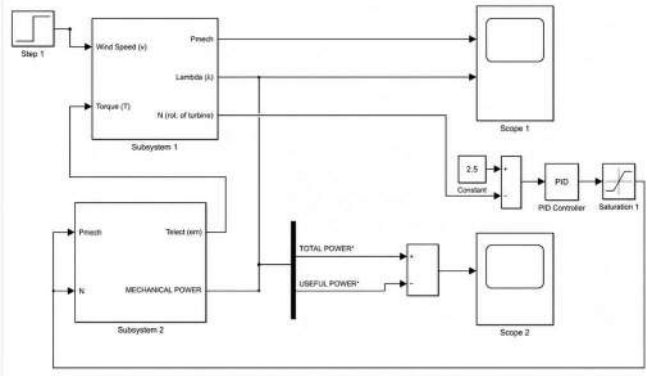
2.12-rasm. Shamol turbina parraklarini ishchi sharoitlarda modellashtirish uchun QBlade dasturidan foydalanilgan [yyyy].

2.12-rasmda QBlade dasturi yordamida SG6043 aeroprofilining aerodinamik tahlili natijalari tasvirlangan. Ushbu tahlil shamol turbina

ISSN 3030-3907

parraklarining aerodinamik samaradorligini baholash va optimal ishlash parametrlarini aniqlash maqsadida amalga oshirilgan. Rasmda aeroprofil atrofidagi oqim taqsimoti, bosim o‘zgarishi hamda oqim yo‘nalishlari ko‘rsatilgan. Oqimning profil yuzasi bo‘ylab turlicha taqsimlanishi natijasida bosim farqi hosil bo‘lib, bu ko‘tarilish kuchining yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Tahlil davomida Reynolds soni, hujum burchagi va boshqa aerodinamik parametrlar asosida ko‘tarilish koeffitsienti (Cl), qarshilik koeffitsienti (Cd) hamda lift va drag nisbatlari aniqlangan. Shuningdek, aeroprofilning geometrik parametrlari ham baholangan. Olingan natijalar shamol turbina parraklarining optimal shaklini tanlash, aerodinamik samaradorlikni oshirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Mustafa Alaskari va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda QBlade dasturi yordamida Blade Element Momentum (BEM) nazariyasiga asoslanib, past shamol tezliklarida ishlovchi gorizontal o‘qli shamol turbinasining rotor parragini loyihalash va optimallashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda parrakning burilish burchagi (twist angle) va korda uzunligini optimallashtirish natijalari asosida uzunligi 1.17 m bo‘lgan parrakning 10 ta turli kesimi qo‘llanilgan. Hisoblash uchun SG6043 aeroprofil shakli tanlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, maksimal ko‘tarilish va qarshilik koeffitsientlari nisbati (CL/CD) hujum burchagi (α) 2° ga teng bo‘lganda hosil bo‘lishi aniqlangan. Shuningdek, rotorning optimal ishlash holati uch tezlik nisbati (Tip Speed Ratio — TSR) 8 ga teng bo‘lganda kuzatilgan. Umuman olganda, QBlade dasturi yordamida olingan natijalar yuqori aniqlikka ega ekanligi hamda dastur interfeysi foydalanuvchilar uchun qulay ekanligi aniqlangan. Shu sababli QBlade dasturi shamol turbinalarining parraklari va rotorlarini loyihalash hamda optimallashtirish uchun eng muhim dasturlardan biri sifatida qaralishi mumkinligi bo‘yicha xulosalar berilgan [yyyy].



2.13-rasm. Shamol turbinasining kombinatsiyalangan simulyatsiya modeli [ZZZ].

Evgeny Gordievsky va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda shamol tezligi kamayganda shamol turbinasining aylanish tezligini optimal darajada ushlab turish uchun boshqaruv tizimi rotor valiga tushadigan yuklamani

ISSN 3030-3907

oshirishi ko‘rsatib berilgan. Bunda generator o‘ramidagi tok ortishi natijasida elektr yo‘qotishlari ko‘payib, generator samaradorligi kamayadi. Tadqiqot shamol turbinasining samaradorligi asosan rotor geometriyasi hamda shamol tezligi va rotor aylanish tezligi nisbatiga bog‘liqligini tasdiqlaydi. Ishlab chiqilgan simulyatsiya modeli ikki asosiy qismdan tashkil topgan: birinchi qism shamol energiyasining mexanik aylanish momentiga aylanish jarayonini, ikkinchi qism esa elektromexanik energiya konvertorini modellashtiradi. Tizim monitoring, parametrlarni o‘zgartirish va tahlil qilish bloklarini ham o‘z ichiga oladi. Ushbu model har qanday vertikal o‘qli shamol turbinasini modellashtirishda hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan mobil gibrid energetik tizimlarni yaratishda qo‘llanishi mumkin [ZZZZ].

Yuqoridagi dasturlarda olib borilgan tadqiqotlar OpenFOAM, COMSOL Multiphysics va WindPRO dasturlaridan ham foydalanib shamo turbinalarini tahlillar qilish mumkun bo‘ladi. Bunday dasturlardan foydalanish shamol energetikasini rivojlanishiga sezilarli darajada ijobiy o‘zgarishlar kiritish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S. Shukla, C.J. Ramanan, B. Jyoti Bora et al. Numerical analysis of vertical axis wind turbine blades in ANSYS Fluent.
2. Mustafa Alaskari et al. Analysis of Wind Turbine Using QBlade Software. 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 518 032020
3. Evgeny Gordievsky, Alexey Miroshnichenko, Evgeny Solomin. Wind Turbine Matlab Simulation Model. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).
4. T.Sh.Gayibov, H.F.Shamsutdinov, B.M.Pulatov. “Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash”. O‘quv qo‘llanma, Toshkent-2015 y.
5. G. Boyle. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press, 2017.
6. J.F. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers. *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. Wiley, 2009.
7. T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. *Wind Energy Handbook*. Wiley, 2011.
8. S. Mathew. *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Springer, 2006.
9. L. Fingersh, M. Hand, A. Laxson. *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model*. National Renewable Energy Laboratory, 2006.
10. R. Gasch, J. Twele. *Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*. Springer, 2012.
11. T. Ackermann. *Wind Power in Power Systems*. Wiley, 2012.

ISSN 3030-3907

12. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E. Wind Energy Handbook. Wiley, 2011.
13. Ackermann, T. Wind Power in Power Systems. Wiley, 2012.
14. Fingersh, L., Hand, M., Laxson, A. Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. National Renewable Energy Laboratory, 2006.
15. Freris, L., Infield, D. Renewable Energy in Power Systems. Wiley, 2010.
16. Rahimov E.Yu., Avezova N.R., Jamoldinov F.Z., Evaluation of the gross wind energy potential of Uzbekistan. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 1, pp. 68-89.

ISSN 3030-3907