

**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



2
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро муҳандислик-технология институти ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухМТИ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.Қ. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

МУХТАРОВ Н.Ш. – техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

ТУХСАНОВ Х.А. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

МАДИЕВ Р.Х. – техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГKM” МЧЖ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

ХУРМАМАТОВ А.М. – техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

СОБИРОВА Н.К. – филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

ҒАФУРОВ Д.О. – Бухоро МТИ ёшлар масалалари ва маънавий- маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.ф.д (PhD)

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

САИДОВ С.Б. – Бухоро МТИ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ШАРИПОВ М.З. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАХМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

НИЗОМОВ А.Б. – иқтисод фанлари доктори, профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

ЖЎРАЕВА М.М. – филология фанлари доктори (DSc), профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – кимё фанлари номзоди, профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳих:

АРТИКОВА М.М.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро муҳандислик-технология институти

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<https://journal.bmti.uz/>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Sharipov N.Z. Gilos danagini chaqishga sarf bo‘ladigan kuchni tadqiq qilish	4
Обитов Н.М., Орипов З.Б. Повышение литейные свойства магналиев	8
Teshaboyev O.A. Momiqni tashuvchi va tozalovchi to‘rli yuzasi tebranuvchi vintli konveyer yuklanishlari va aylanish chastotalarini tajribada aniqlash	13
Oripov Sh., Mamakhonov A.A., Orifjonov S. Review of performance and applications of hybrid wind turbines	18
Беккулов Ж.Ш., Норбоев О.Н. Устройство для быстрого и непрерывного измерения влажности порошкообразных продуктов	25
Hojiyev T.S., Samiyev K.A. Passiv quyosh isitish tizimiga ega turar-joy binosi tashqi devorlarining issiqlik izolyatsiya qatlami turini tanlash	28
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Рахимов Ф.Ф., Джунаидов Х.Х., Сафарова Р.У. Монометилломочевина ва тетраэтоксисилан асосидаги олигомернинг квант-кимёвий ҳисоблашлари	35
Xojiyeva F.J., Amonov M.R. Ohorlovchi komponentlar tarkibini ishlab chiqishning fizik-kimyoviy asoslari	39
Abdiraximov I.E. Gazlarni qayta ishlashda gidrat hosil bo‘lishini oldini olish usullari	43
Maxmudov M.J., To‘xtayev N.N. Metil uchlamchi butil efiri ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalarini tahlili.	47
Jo‘rayeva L.R. N-metilpirrolidonning xom-ahyoga nisbatan har xil nisbatda olinuvchi selektiv tozalangan rafinatlar tarkibidagi polisiklik aromatik uglevodorodlar tarkibini aniqlash	54
Xo‘jaqulov A.F., Toshov M.S. Dizel moylarining kolloid-kimyoviy xossalari turli funksional qo‘ndirmalar ta’sirini tadqiq etish	57
Xo‘jaqulov A.F., Raximov Z.Z. Kolloid sistemalarning molekulyar kinetik xossalari asosida transformator moylarini tahlili	64
Tashpulatov X.Sh., Hamdamova D.R. Bo‘yoq sezgir quyosh elementlari uchun geteroeptik mis(I) kompleks birikmalarining sintezi va tadqiqoti.	69
Eshqurbonov F.B., Abduraimov J.B. Diglitsidilkarbamid va dimetilolkarbamid asosida burg‘ulash eritmalari olish usullarini tadqiq qilish	74
Zokirov X.T., Abdullaev O.G., Toshmatov Y.R. Prospects for using waste generated at “Ferganaazot” JSC as a filler in the production of gypsum dry construction mixtures	78
Axmedova O.B., Axmedova Sh.U. Absorbent kompozitsiyalarining absorbsiya va desorbsiya jarayonlaridan keyingi fizik-kimyoviy xossalari	83
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
A‘zamov S.S. Investigation of electromagnetic current transformer performance characteristics for measuring and controlling the reactive power dissipation of a short-circuited rotor asynchronous motor	89
Xushiyeve S.M., Mamadiyev X.N., Davirov A.Q. Nosimmetrik rejimlarni kuch transformatorining samaradorligiga ta’siri	94
Muratova Z.A., Juraev Z. Tibbiy maqsadlarda noto‘qima mato ishlab chiqarishda intellektual texnologiyalarining dolzarbligi va muammolari.	100
Жалилов Р.Б., Камалов У.У., Караев А.Т. Анализ действующих и исследование современных инновационных систем теплоснабжения жилых массивов городов	106
Maxmudov M.I., Sayfiyev H.O., Nurov S.S. Fotoelektrik batareyalarning energetik parametrlarini monitoring va diagnostika tizimi uchun qurilma ishlab chiqish	116

Xamzayev A.A., Xaydarov Sh.B., Usmonov M.Z., Niyetbaev A.D. Karyer bir cho‘michli ekskavatorlarning ish rejimlarini optimallashtirish	122
Narzullayev B.Sh., Boboqulov J.S. Qo‘zg‘atish tokini monitoringgi asosida sinxron generatorlarni energiya samaradorligini oshirish usullarining tahlili.	127
Бабаназарова Н.К., Хусенов Д.Р. Анализ расхода электроэнергии на производственные нужды, на примере газотранспортной системы	135
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Мухамедиева Д.Т., Раупова М.Х. Квантовые вычисления на основе специального язык программирования «Qiskit».	140
Муратова З., Жураев З. Цифровизация систем управления при производстве нетканых материалов медицинского назначения путем переработки шелковых отходов	144
Мамедов Р.А. Разработка математической модели гидрокинетической турбины, адаптированной для эффективной работы в свободнопоточных водотоках	150
Shadmanov I.U., Adizova Z.M., Nosirova Z.E. G‘ovak jismlarni saqlashda issiqlik va namlik ko‘chish jarayonlarini bashoratlash uchun matematik model va sonli algoritmlar	162
Ibragimov R.R., Jumayev J., Narziyev M.S., Qo‘ldosheva F.S. To‘liq faktorli eksperiment usulida meva va sabzavotlarni sterilizatsiyalash jarayonini modellashtirish	168
Qo‘ziyev Z.E. Реактив гидротурбинали микро гидроелектр стansiyani matematik modellashtirish . .	175
Abdurazakov N. Robust residential load forecasting with manual feature engineering	181
O‘lmasov Q.N. Quyosh fotopanellarini «MATLAB/SIMULINK» tizimida modellashtirish	188
Хайтов Б.У., Махмудов М.Ш. Применение морфометрических данных рельефа в оценке благоустройства городских территорий	196
Safarov A.B., Sayfiddinov K.E., Qahhorov M.M. Shamol turbinasini "ANSYS FLUENT" tizimida modellashtirish	202
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ergasheva X.B., Elmurodova A.S., Shadiyeva M.SH. O‘zbekistonda yetishtirilgan sholi navlarining texnologik tavsifi va uni qayta ishlash mahsulotlarining kimyoviy tarkibi	215
Шодиев Б.М., Хакимов Ш.Ш. Маҳаллий махсар уруғларидан олинган мойларни рафинациялаш технологик шароитлари	220
Садуллаев С.Х., Мирзаев Ж.Д., Равшанов С.С. Тритикале ва буғдой унлари турли нисбатларининг хамир реологик хоссаларига таъсирини тадқиқ қилиш	225
Мухаммадиев Б.Т., Турсунова Н.Н. Структура отдела качества и безопасности пищевых продуктов	230
Ашурова М.З., Сулайманова Г.Х., Ганиева Н.Х. Изменение качественного и количественного состава эфирных масел пряной зелени при тепловой кулинарной обработке	234
Barakayev N.R., Kamolova M.X., Sayidaxmedov R.R., Rajabov A.N. Bug‘doy donlari va don mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini zamonaviy tahlili	239
Oltiyev A.T., Bozorova D.N., Hasanova A.Sh. Biokatalizatorlarning yangi avlodi yordamida yog‘larni pereeterifikatsiya qilish texnologiyasini takomillashtirish	243
Turg‘unpo‘latova Sh.M., Saribayeva D.A. Pastila mahsulotlari assortimentini kengaytirishning ilmiy asoslari	248
Ravshanov S.S, Nurmatov I.R, Tursunxodjaev N.T, Maksumxodjaeva K, Raxmonov Q.S. Bug‘doy donini un tortishga tayyorlashda suv qattiqligining un chiqish unumiga va texnologik xossalariga ta’siri	252
Turg‘unov Sh.X., Mallabayev O.T., Saribayeva D.A. Chicorium (hindibo) o‘simligi tarkibidagi vitaminlar tadqiqi	258
Мухамедова М.Э. Нетрадиционное сырьё в производстве диабетических сухарей.....	262

ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

Мўминов Қ.М., Хамраева С.А. Кўйлакбоп матода жойлашган танда ва арқоқ ипларининг параметрларини тадқиқ этиш.	269
Muhammedova M.O. Inson oyoq panjasining antropometrik tahlili va uning o'zgaruvchanligini tavsiflovchi statistik parametrlar.	273
Gafurova N.T., Hasanova M.E. Bolalar kiyimlariga qo'yiladigan talablarni shakllantirish	278
Асадова С.С., Хамроева М.Р. История драпировки одежды и ее значение сегодня	284
Набиджанова Н.Н., Насирова М.Б. Типовийдан фаркланувчи эркалар қоматларига кийим ишлаб чиқариш учун тўқима матоларининг физик-механик хусусиятларини ўрганиш ва таҳлил қилиш	289
Ortiqov Z.U., Sarimsakov.O.Sh. Paxta xomashyosiga ishlov berishning mexatronik namlash mashinalari va agregatlari	293
Jo'rayeva M.A., Nabidjonova N.N. Maktabgacha ta'lim muassasidagi tarbiyalanuvchilar maxsus kiyimi uchun tanlangan matoning boshqa matolardan afzaliklari	299
Sharibaev N.Yu., Homidov Q.A. Matoning sifatini tekshirishda hosil bo'ladigan qarshilik kuchlarini mexanik qoniniyat asosida nazariy taxlil qilish	302
Гафурова Н.Т., Хужаева М.Э. Разработка топографической карты специальной одежды для прядильщиков	308
Ражабова Г.Ж. Тез ўзгарувчан моданинг атроф-муҳитга таъсири	312
Tursunova Z.N. Shaxsning umumiy biosotsial strukturasi	317
Умаров А.А., Кенжаева М.И., Ортиқова К.И., Усмонов Ш.К. Аррали жин ишчи камерасида тезлатгичнинг пахта оқимида таъсир қилувчи кучларнинг назарий таҳлили ...	321
Mamadaliyeva Z.Y., Nabidjonova N.N. Maxsus kiyimlar va ularning kelib chiqish tarixi, suv o'tkazmaydigan matolarning xususiyati va tahlili	326
Tursunov Ch.A., Qarshiyev B.E., Djamolov R.K. Tukli chigitni pnevmo-mexanik saralash mashinasida chigitlarni titkilab donadorligini oshiruvchi tishli diskli ta'minlash valigining o'lchamlarini aniqlash	330
Sayitqulov S.O., Salomov A., Рамазонов С. Arrali tola ajratgich mashinasining chigit tarog'ining ekspremental tadqiqi	335
Худойбердиев М.Р., Очиллов Т.А., Ёдгоров С.Қ. Турли селекция навларидан олинган иплар нотекислик кўрсаткичларининг ўзгариши.	338
Наврузов Н., Якубов К., Ахмедов К., Уразматова М. Ишчи камерадаги пахтанинг дастлабки оқим ҳаракати динамикаси.	343
Ismoyilov I.B., Qo'ldoshev E.I., Ismoyilov F.B., Qayumov J.A. Jun tolasi tarkibidagi begona aralashmalarni tozalash mashinasining texnologik parametrlarini nazariy asoslash	347
Qo'ldoshev E.I., Ismoyilov I.B., Ismoyilov F.B. O'zbekistonda yetishtirilayotgan jun xomashyosi maxsuldorligi va sifat ko'rsatgichlari.	354
Бебутова Н.Н., Комилова Х. Разработка коллекции спецодежды для работников АПК с применением компьютерной графики «COREL DRAW».	359
АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Hikmatov N.I. Energiya samaradorli qurilish uchun zamonaviy issiqlik himoyalovchi materiallar	364
Вахитов М.М., Вохидов И.М., Нозимов У.А. Техническое состояние поверхностей фасадов исторического здания японского госпиталя в г. Кагане.	368
Mirzayev Sh.R., Ismatov S.S. The influence of traditions, social and climatic factors on the tectural design of multi-storey residential buildings: the case of the city of Bukhara	374
Баракатова Д.А. Исҳоқхон тўра ибрат илмий мероси. “Мезон ун-низом” асари ҳақида ..	377
Азимова Н.Ф. Лев толстой ижоди. “Анна Каренина” романи ҳақида	381

4. Берлянт А.М. Картография. Уч. для ВУЗов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
5. Лотоцкий Г.И. Общий геоморфологический анализ. Методическое пособие. – Саратов. 2012. – 46 с.
6. Якименко Э.Л. Морфометрия рельефа и геология. Монография. – Новосибирск: Наука, 1990. – 200 с.
7. Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа: Автореф. дисс. ... док. тех. наук.: 25.00.33. – М. 2010. – 42 с.
8. Chou Y.H., Liu P.Sh., Dezzani R.J. Terrain complexity and reduction of topographic data. Journal of Geographical Systems. July 1999. – pp. 179-198. https://www.researchgate.net/publication/220449122_Terrain_complexity_and_reduction_of_topographic_data
9. Huaxing Lu. Modelling Terrain Complexity. ResearchGate. January 2008. – pp. 159-176. https://www.researchgate.net/publication/226901405_Modelling_Terrain_Complexity
10. Khaitov B.U. Study of morphometric relief indicators for the problems of engineering preparation of territories. Seybold Report. Baltimor, USA. Vol.18. N.06 (2023). DOI 10.17605/OSF.IO/SCXNU. – P. 1823-1829. https://seyboldreport.org/article_overview?id=MDcyMDIzMDcwNDMxMDM2NjI2
11. Хаитов Б.У. Цифровое моделирование рельефа местности для задач предварительного анализа территорий. ISSN 0236-3933. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2019. № 3. – С. 64-76. <https://vestnikprib.bmstu.ru/articles/1153/1153.pdf>
12. Jamolzhon Djumanov and Bafo Khaitov. Real-time vertical leveling based on GIS and CAD. 2022 J. Phys.: Conf. Ser. 2373 022051. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2373/2/022051/pdf>
13. Джуманов Ж.Х., Хаитов Б.У. Определение среднего уклона локального участка рельефа. Science and Innovation: International scientific journal. 2022. Volume-1. Issue-8. – P.657-661. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7429246>

Хаитов Бафо Усмонович – DSc, Доцент кафедры «Механики и инженерной графики» Бухарского инженерно-технологического института, Тел.: +998936208131, E-mail: xb75@mail.ru

Махмудов Максуд Шералиевич – старший преподаватель кафедры «Начертательной геометрии и инженерной графики» Бухарского инженерно-технологического института, Тел.: +998997027147

UO‘K 621.548.4

SHAMOL TURBINASINI ANSYS FLUENT TIZIMIDA MODELLASHTIRISH

Safarov A.B., Sayfiddinov Q.E., Qahhorov M.M.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Maqolada vertikal o‘qli shamol energetik qurilmalariga qo‘llanilayotgan DU-06-W-200 aerodinamik profilni Ansys Fluent tizimida modellashtirish, tajriba ma‘lumotlari bilan muvofiqligini baholash va hujum burchagining optimal qiymatini aniqlash bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra ko‘tarish koeffisientini (C_l) k -epsilon (k - ϵ) va tortishish koeffisientini (C_d) SST k - ω model orqali modellashtirish eng samarali ekanligi asoslangan, hujum burchagi optimal 5 gradusda ko‘tarish va tortishish koeffisientlari nisbatining maksimal qiymati 21 ga teng bo‘lishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: DU-06-W-200 aerodinamik profil, Ansys Fluent, CFD modellashtirish, SST k - ω va k -epsilon (k - ϵ) turbulent model, χ^2 moslik kriteriyasi, o‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРЯНЫХ ТУРБИН В СИСТЕМЕ ANSYS FLUENT

Сафаров А.Б., Сайфиддинов К.Э., Каххаров М.М.

Бухарский государственный технический университет.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по моделированию аэродинамического профиля DU-06-W-200, применяемых в ветроэнергетических установках с вертикальной осью, в системе Ansys Fluent, оценки совместимости с экспериментальными данными и определению оптимального значения угла атаки. По результатам исследования оценки зависимости соотношения коэффициентов сопротивления и подъемной силы от изменения угла атаки, осуществленной с помощью моделей турбулентности SST $k-\omega$ и $k-\epsilon$ установлено, что максимальное значение отношения коэффициентов сопротивления и подъема силы составляет 21 при оптимальном угле наклона атаки равному 5° .

Ключевые слова: аэродинамический профиль DU-06-W-200, Ansys Fluent, CFD-моделирование, турбулентная модель SST $k-\omega$ и $k-\epsilon$, критерий соответствия χ^2 , среднеквадратичная погрешность (RMSE).

WIND TURBINE SIMULATION IN ANSYS FLUENT

Safarov A.B., Sayfiddinov Q.E., Qahhorov M.M.

Bukhara state technical university.

Abstract. The article presents the results of studies on modeling the DU-06-W-200 aerodynamic profile used in vertical-axis wind turbines in the Ansys Fluent system, assessing compatibility with experimental data and determining the optimal value of the angle of attack. Based on the results of the study of the dependence of the drag and lift coefficient ratio on the change in the angle of attack, carried out using the SST $k-\omega$ and $k-\epsilon$ turbulence models, it was found that the maximum value of the drag and lift coefficient ratio is 21 at an optimal attack angle of 5° .

Keywords: DU-06-W-200 airfoil, Ansys Fluent, CFD modeling, SST $k-\omega$ and $k-\epsilon$ turbulence model, χ^2 criterion, root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2), mean bias error (MBE).

Jahonda energetika xavsizligi, ekologik muammolarni barqarorlashtirish va tabiiy yoqilg'i manbalarini tejashda qayta tiklanadigan energiya manbalari jumladan, shamol energiyasidan foydalanish yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. O'zgaruvchan iqlim sharoitlarida shamol energetik qurilmalarining samaradorligini oshirish va ulardan foydalanishni rivojlantirish bo'yicha ko'plab davlatlarning strategiyasi qabul qilingan. Hozirgi kunda shamol energetik qurilmalarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish bo'yicha Xitoy, Hindiston va Yevropa davlatlari yetakchik qilmoqda. Xitoy davlati yiliga 82 GW quvvatga ega bo'lgan quruqlikdagi shamol energetik qurilmalarini ishlab chiqarish bo'yicha yetakchik qilmoqda. Yevropa davlatlari dunyodagi ikkinchi yiliga 21,6 GW, undan keyin AQSh (13,6 GW), Hindiston (11,5 GW) va lotin Amerikasi (6,2 GW) yirik shamol elektr stansiyalarini ishlab chiqarmoqda [1]. 2023-yilning birinchi yarmida 2022-yilga nisbatan 38 foizga ko'p yangi shamol energetik qurilmalari o'rnatildi, 2022 yil iyunidan 2023 yil iyungacha 100 GW qo'shildi va 976 GW yillik o'sish surati 11,4% ga yetdi [2].

2030-yilgacha O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar ishlab chiqilgan. Bunda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ishlab chiqarish quvvatini 15 GWga oshirish va ularning ulushini elektr energiyasini ishlab chiqarish umumiy hajmining 30 foizidan ko'prog'iga yetkazish bo'yicha amaliy ishlar bajarilmoqda [3]. O'zbekistonning iqlim sharoitlriga moslashtirilgan qayta tiklanuvchi energiya manbalarini ishlab chiqish va samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda [4-8].

Shamol energetik qurilmalarining o'zgaruvchan shamol tezliklarida samaradorligini oshirishda konstruksiyasini takomillashtirish asosan uning parraklari aerodinamikasini tadqiq qilish muhim hisoblanadi. Shu sababli, ushbu maqolada shamol energetik qurilmalarida qo'llaniladigan turli shakldagi aerodinamik sirtlarni yaratish va tadqiq qilish bo'yicha olib borilgan ilmiy ishlari tahlil qilindi.

Farhan L. Rashid boshchiligidagi bir guruh olimlar CFD usullaridan foydalangan holda turli xil NACA 2412 profil geometriyalari atrofida havo oqimi ta'sirining aerodinamik tadqiqoti o'rganilgan. Ilmiy tadqiqotning asosiy yo'nalishi CFD model bilan bog'liq o'zgartirilgan NACA 2412 profili atrofida havo oqimini tahlil qilish uchun samarali muhandislik protseduralari takomillashtirilgan. Simulyatsiya boshqaruvchi tenglamalarni (uzluksizlik, Reynolds o'rtacha

Navier-Stokes va energiya tenglamasi) Reynolds soni $1 \cdot 10^6$ da Fluent tahlilidan foydalangan holda 2-D formatida yechish orqali amalga oshirilgan. Taqdim etilgan natijalarga ko'ra, ko'tarilish va tortish kuchlari to'xtash joyiga yetguncha hujum burchagi ortib borishi bilan mos ravishda ortishi kuzatilgan. Optimal hujum burchagi 4° ekanligi aniqlangan [9].

Sher Afghan Khan turli xil turbulentlik modellarining NACA0018 profili aerodinamikasining CFD bashoratlariga ta'sirini solishtirish bo'yicha ilmiy tadqiqot olib borgan. Ushbu ish turli xil turbulentlik modellaridan foydalangan holda NACA 0018 profilining aerodinamik ishlashining raqamli tahlilini taqdim etgan. Ushbu raqamli tadqiqot uchun Ansys Fluent Computational Fluid Dynamics (CFD) modelidan foydalanilgan. NACA 0018 profilining mavjud eksperimental ma'lumotlari raqamli natijalarni taqqoslash uchun ishlatilgan va mos ravishda ko'tarish, tortish va bosim ko'effitsientlaridagi farqlari baholangan. Aerodinamik ko'effitsientlar va sirt bosimi o'lchovlari $Re=0,8 \cdot 10^5$ dan $Re=0,3 \cdot 10^6$ oralig'ida va hujum burchaklari (0° dan 18° gacha) uchun qayd etilgan. SST k-omega modeli hujumning past burchaklari uchun eng yaxshi ko'tarish ko'effitsienti prognozlarini taqdim etgan [10].

Brian Steenwijk va Pablo Druetta tomonidan 2D NACA 0012 profili atrofida havo oqimi hujumning turli burchaklaridagi RANS SST turbulent oqim modeli yordamida simulyatsiya qilingan va eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslangan. Modifikatsiya qilingan aerodinamik profil standart NACA 0012 bilan solishtirganda yuqori C_L va C_D qiymatlarini ko'rsatgan. Taklif etilayotgan aerodinamik profil samaradorligi yuqoriligini inobatga olib vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarida foydalanish mumkin [11].

Nasser Shelil DTU-LN221 aerodinamik profilining Ansys Fluent tizimida 2D simulyatsiya modeli yaratilgan va tahlil qilingan. ANSYS Fluent yetti xil turbulentlik modellari bilan taklif etilayotgan aerodinamik profil simulyatsiya qilinib solishtirilgan. Turli xil turbulentlik modellari bo'lgan aerodinamik profil uchun simulyatsiya natijalari bir xil ish sharoitida amalga oshirilgan shamol tunnelining eksperimental ma'lumotlari bilan taqqoslangan. Shamol tunnelining eksperimental ma'lumotlari bilan, ayniqsa, -5° dan $+10^\circ$ gacha bo'lgan hujum burchagi bilan hisoblash suyuqlik dinamikasi (CFD) prognoz qilingan aerodinamik kuch ko'effitsientlari o'rtasida samaradorligi yuqoriligi aniqlangan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, shamol turbinalarining ish faoliyatini yaxshilash uchun shamol turbinalari parraklarining aerodinamik profillari past havo harorati va yuqori tezlikda ishlatish tavsiya etilgan [12].

Hozirgi kunda vertikal shamol energetik qurilmalarida DU-06-W-200 markali aerodinamik profillarni qo'llash va o'zgaruvchan shamol oqimlarida optimal parametrlarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazish muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotning maqsadi vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarga DU-06-W-200 aerodinamik profilni Ansys Fluent tizimida modellashtirish, tajriba ma'lumotlari bilan muvofiqligini baholash va hujum burchagining optimal qiymatini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning maqsadi DU-06-W-200 markali aerodinamik profilni Ansys Fluent tizimida CFD modellashtirish va natijalarni tajriba ma'lumotlari bilan solishtirishdan iborat bo'lganligi sababli quyidagi aerodinamik parametrlar muhim hisoblanadi.

Reynold soni [13]

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \quad (1)$$

Ko'tarish ko'effitsienti [14]

$$C_L = \frac{F_L}{P_D \cdot A} = \frac{2 \cdot F_L}{\rho \cdot A \cdot V^2} \quad (2)$$

Tortishish ko'effitsienti [15]

$$C_D = \frac{F_D}{P_D \cdot A} = \frac{2 \cdot F_D}{\rho \cdot A \cdot V^2} \quad (3)$$

k-epsilon (k-ε) va SST k-ω turbulent modellar [16-19]. Ushbu turbulentlik modellari turbulent oqim sharoitlari uchun o'rtacha oqim xususiyatlarini simulyatsiya qilish uchun hisoblash gaz va suyuqliklar dinamikasida (CFD) qo'llaniladigan eng keng tarqalgan modellardan biridir.

Keltirilgan modelladan aerodinamik profillarning shamol oqimi o'zgarishiga bog'liqlik modellarini Ansys Fluent tizimida olish mumkin.

k-epsilon (k-ε) turbulent model.

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k \bar{u}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon \bar{u}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S \varepsilon - \\ - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + V_\varepsilon} + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} G_b + S_\varepsilon \end{cases} \quad (4)$$

SST k-ω turbulent model.

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k \bar{u}_j) = P - \beta^* \rho \omega k + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \omega \bar{u}_j) = \frac{\gamma}{\nu_t} P - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + \\ + 2(1 - F_1) \frac{\rho \sigma_{\omega 2}}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \end{cases} \quad (5)$$

Muvofiqlik testlari (Goodness Of Fit Test). Moslik darajasi - bu kuzatilgan qiymatlar to'plami amaldagi modelda kutilgan qiymatlarga mos kelishini baholaydigan statistik test. Muvofiqlikni aniqlashning ko'plab usullari mavjud, jumladan, χ^2 , o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE), determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), o'rtacha siljish xatoligi (MBE) [20,21].

χ^2 moslik kriteriyasi [20].

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{a_i - b_i}{b_i} \right)^2 \quad (6)$$

$$df = (r - 1) \cdot (c - 1) \quad (7)$$

$$\chi_M^2 > \chi_K^2$$

O'rtacha kvadratik xatolik (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (R_{a_i} - R_{b_i})^2} \quad (8)$$

N – ma'lumotlar soni, R_{a_i} – tajriba ma'lumotlari, R_{b_i} – model ma'lumotlari.

Determinatsiya koeffitsiyenti (R^2).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (R_{a_i} - R_{b_i})^2}{\sum_{i=1}^N (R_{a_i} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{a_i})^2} \quad (9)$$

O'rtacha siljish xatoligi (MBE).

$$MBE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (R_{a_i} - R_{b_i})^2 \quad (10)$$

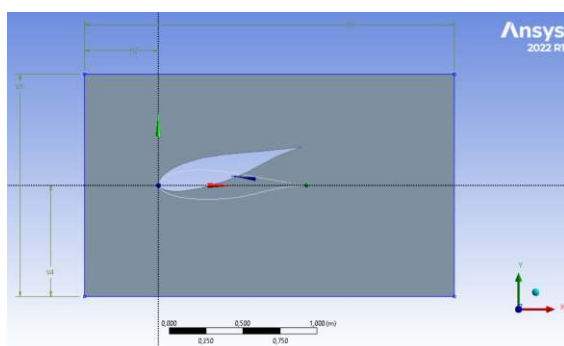
1-jadvalda DU-06-W-200 aerodinamik profil geometrik o'lchamlarining ma'lumotlari keltirilgan. Ushbu ma'lumotlar X va Y o'qi bo'yicha jami 201 ta nuqta olingan. Jadvalning o'ng tominida Ansys Fluent tizimi uchun kodlangan DU-06-W-200 aerodinamik sirtning o'zgartirilgan ma'lumotlar fayli keltirilgan.

Ansys Fluent tizimida DU-06-W-200 aerodinamik profilni turli hujum burchaklarida (α) simulyatsiya qilish va natijalarini olishda profilning geometrik o'lchamlari va u profil uchun to'r yaratish lozim. 1-rasmda 2 D geometriyasi maydoni va yaratilgan to'r profil keltirilgan. Bunda aerodinamik profilning vatar uzunligi 1 m deb qabul qilingan. To'rdagi tugunlar soni 37495 va elementlar soni 36790 ga teng.

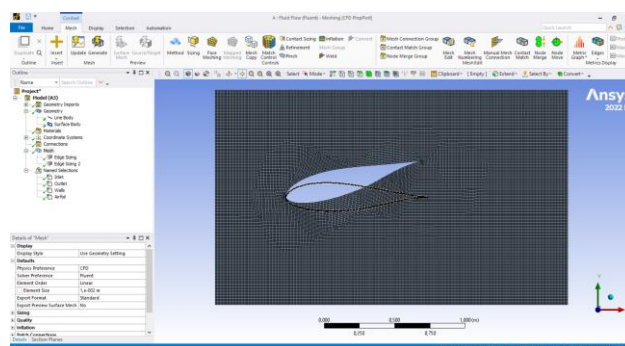
Chegaraviy shartlarni aniqlash har qanday hisoblash suyuqliklar va gaz dinamikasi muammosining muhim qismidir. O'rganilgan aerodinamik profil modeli uning ustki qismi ustidagi turbulent oqimni hujum burchagi o'zgaruvchanligini nazarda tutadi. Simulyatsiyani o'tkazish uchun muammoning chegara shartlari va ba'zi bir dastlabki ma'lumotlar olinadi va ular 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. DU-06-W-200 aerodinamik sirt geometrik o'lchamlarining ma'lumotlari

DU-06-W-200 aerodinamik sirtning haqiqiy ma'lumotlar fayli		DU-06-W-200 aerodinamik sirtning o'zgartirilgan ma'lumotlar fayli					
X	Y	→	Guruh raqami	Nuqtalar raqami	X	Y	Z
1.00300	0.00000		1	1	1.00300	0.00000	0
1.00003	0.00033		1	2	1.00003	0.00033	0
0.99507	0.00099		1	3	0.99507	0.00099	0
0.98874	0.00179		1	4	0.98874	0.00179	0
0.98084	0.00282		1	5	0.98084	0.00282	0
0.97135	0.00413		1	6	0.97135	0.00413	0



a)



b)

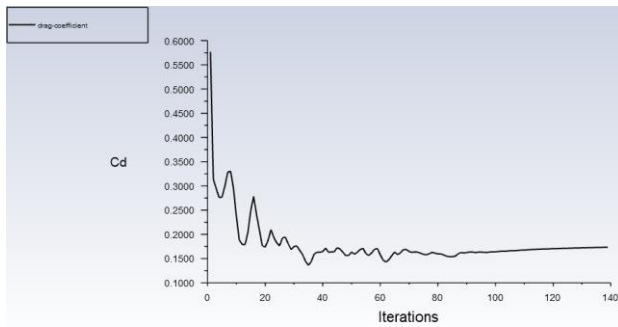
1-rasm. DU-06-W-200 aerodinamik sirtning 2 D geometriyasi maydoni (a), DU-06-W-200 sirt uchun yaratilgan to'r profil (b)**2-jadval. Chegara shartlari va kirish ma'lumotlari**

Parametrlar	Qiymatlar
Tahlil turi	Barqaror holat
Aerodinamik sirt turi	DU-06-W-200
Oqim tezligi	15 m/s
Ishchi harorat	23 °C
Ishchi bosim	$1 \cdot 10^5$ Pa
Havo oqimining zichligi	1.23 kg/m^3
Aerodinamik sirt vatar uzunligi	$L=1 \text{ m}$
Havo oqimining dinamik yopishqoqligi	$\mu=1.7894 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$
Turbulent model turlari	SST k- ω , k-epsilon (k- ϵ)
Reynold soni	$Re=1.05 \cdot 10^6$
Turbulent oqim	$Re>5 \cdot 10^5$

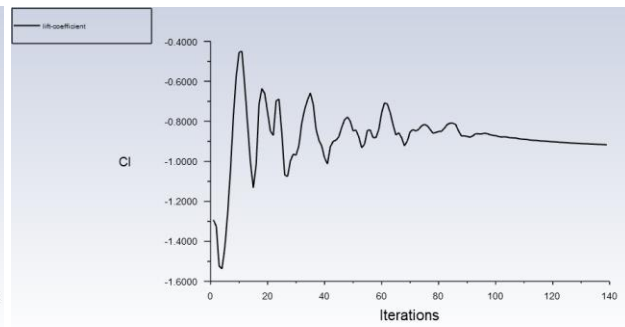
DU-06-W-200 aerodinamik sirtning oqim tezligi 15 m/s, Reynold soni $1.05 \cdot 10^6$ va -15° , -10° , -5° , 0° , 5° , 10° , 15° hujum burchaklarida ko'tarish va tortishish ko'effitsientlarining qiymatlarini aniqlanadi. Bunda SST k- ω va k-epsilon (k- ϵ) turbulentlik modellaridan foydalanilgan. Hisoblashlar 500 iteratsiya sonida amalga oshirilgan.

Bajarilgan tadqiqotlar asosida 2-rasmda DU-06-W-200 aerodinamik sirtning ko'tarish va tortishish ko'effitsientlarning natijalari keltirilgan. Bunda hujum burchaklari -15° , -10° , -5° , 0° qiymatlarda amalga oshirilgan, mos ravishda ko'tarish ko'effitsientlari (C_d) SST k- ω turbulentlik modeli uchun 0.1734, 0.0721, 0.0311, 0.0204 k-epsilon (k- ϵ) turbulentlik modeli uchun 0.2065, 0.0789, 0.0318, 0.0212, tortishish ko'effitsientlari (C_l) SST k- ω turbulentlik modeli uchun -0.9169, -

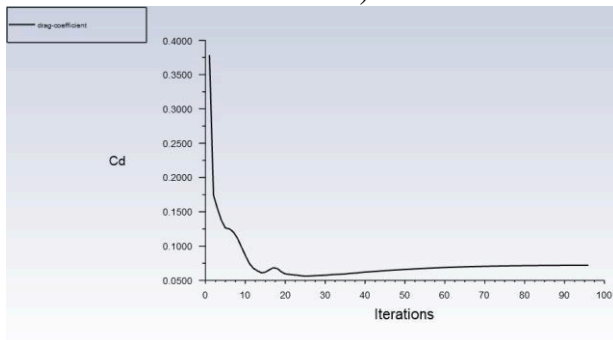
0.9239, -0.5394, 0.0842, k-epsilon (k-ε) turbulentlik modeli uchun -0.9278, -0.8674, -0.5336, 0.0848 ga tengligi aniqlangan.



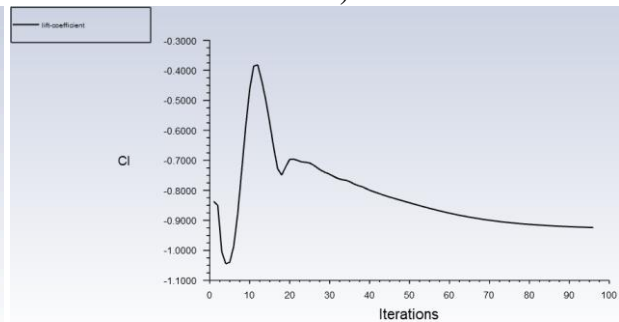
a)



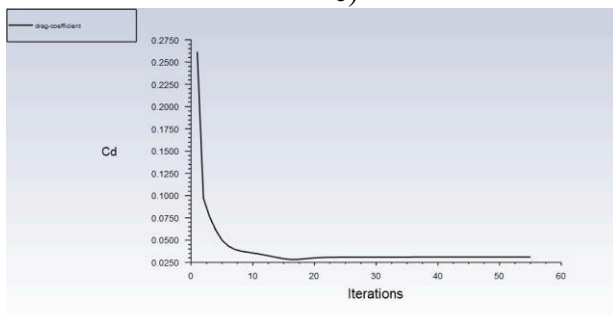
b)



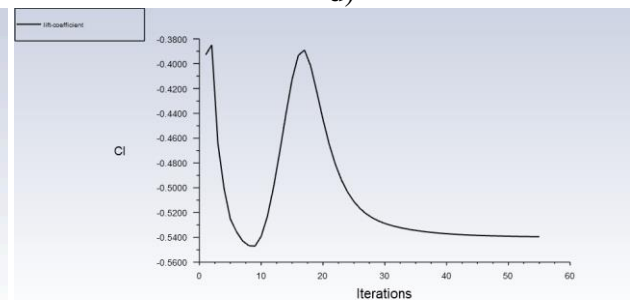
c)



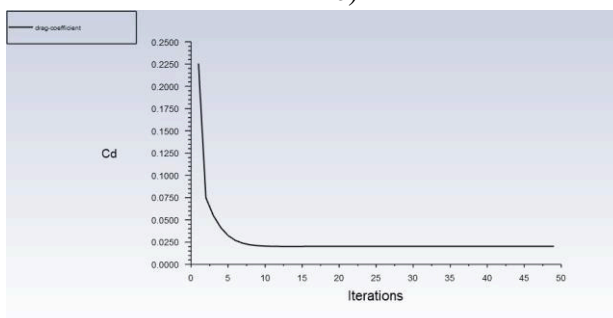
d)



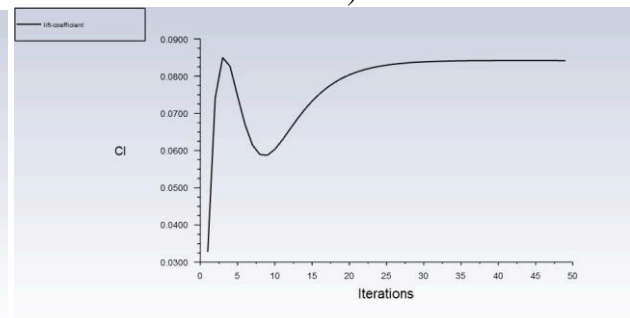
e)



f)



g)

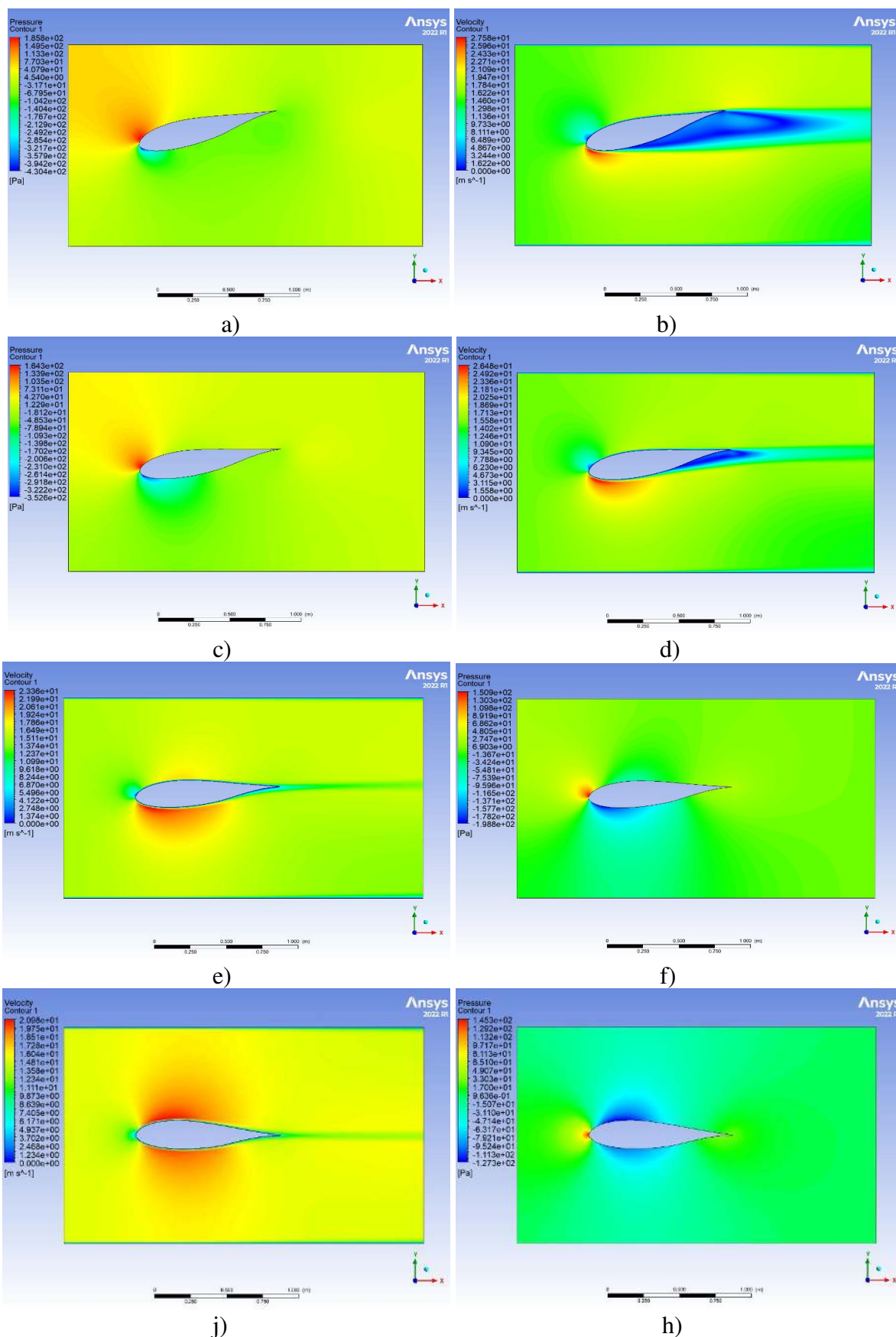


h)

a va b, $\alpha = -15^\circ$; c va d, $\alpha = -10^\circ$; e va f, $\alpha = -5^\circ$; g va h, $\alpha = 0^\circ$

2-rasm. DU-06-W-200 aerodinamik sirtning ko'tarish va tortishish koeffisientlarning egri chiziqlari

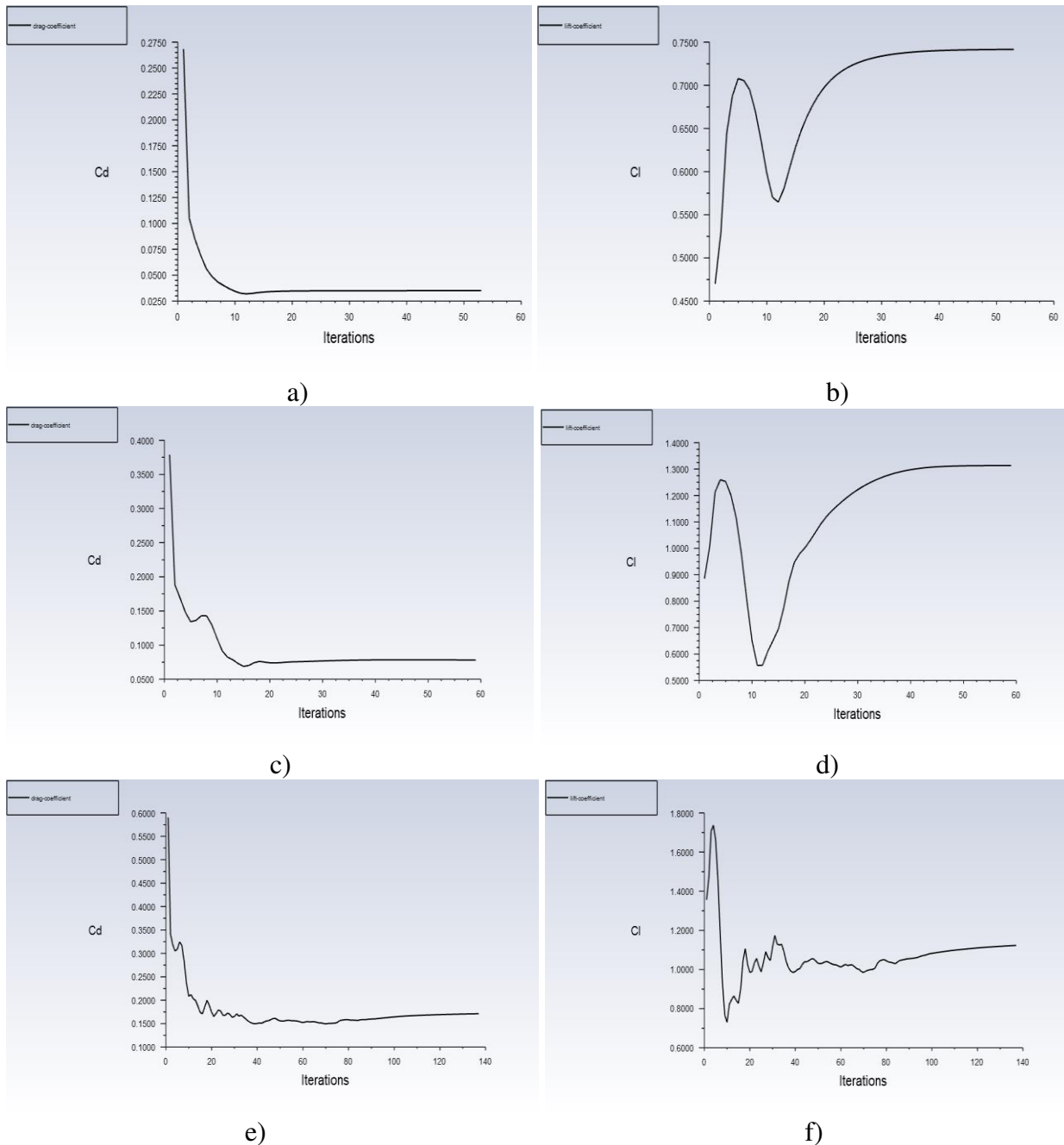
3-rasmda DU-06-W-200 aerodinamik sirtning o'zgaruvchan oqim tezligi va bosimiga bog'liqlik simulyatsiya natijalari keltirilgan.



a va b, $\alpha = -15^\circ$; c va d, $\alpha = -10^\circ$; e va f, $\alpha = -5^\circ$; g va h, $\alpha = 0^\circ$

3-rasm. DU-60-W-200 aerodinamik sirtning o'zgaruvchan oqim tezligi va bosimiga bog'liqlik natijalari

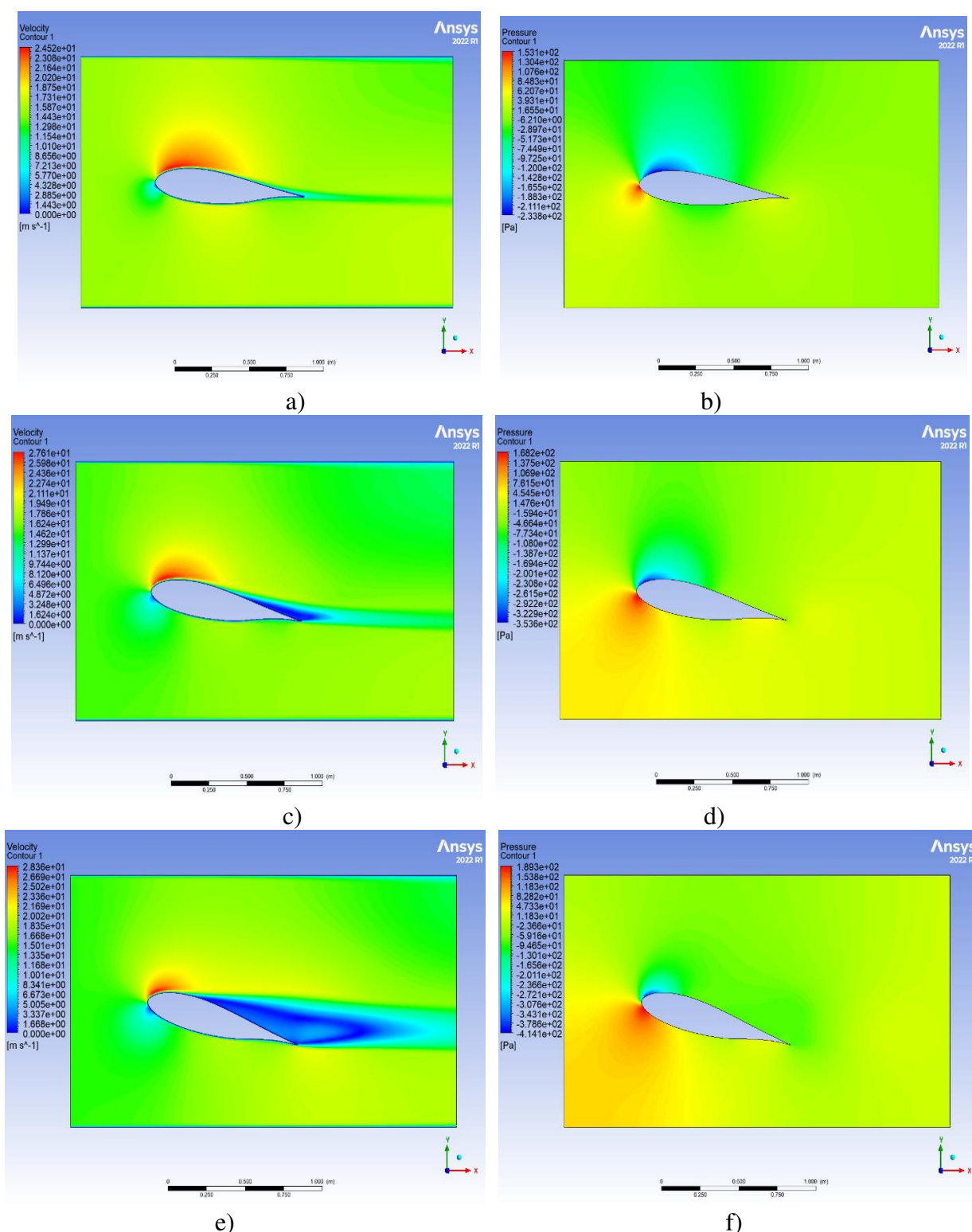
4-rasmda DU-06-W-200 aerodinamik sirtning ko‘tarish va tortishish koeffisientlarini aniqlash hujum burchaklari 5° , 10° , 15° qiymatlarda amalga oshirilgan, mos ravishda tortishish koeffisientlari (C_l) SST k- ω turbulentlik modeli uchun 0.7416, 1.3134, 1.1229 k-epsilon ($k-\epsilon$) turbulentlik modeli uchun 0.7394, 1.1215, 1.122 ko‘tarish koeffisientlari (C_d) SST k- ω turbulentlik modeli uchun 0.0351, 0.0782, 0.1712 k-epsilon ($k-\epsilon$) turbulentlik modeli uchun 0.0359, 0.0787, 0.2019 ga tengligi aniqlangan.



a va b, $\alpha = 5^\circ$; c va d, $\alpha = 10^\circ$; e va f, $\alpha = 15^\circ$

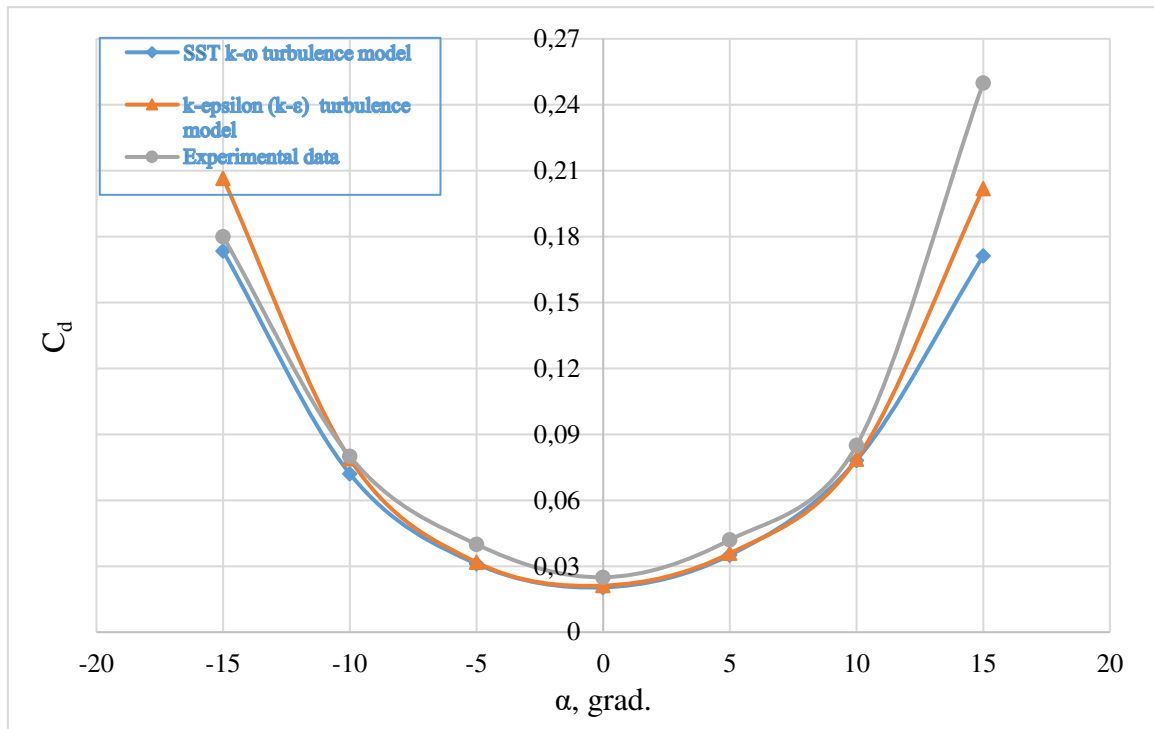
4-rasm. DU-06-W-200 aerodinamik sirtning ko‘tarish va tortishish koeffisientlarning natijalari

5-rasmda DU-06-W-200 aerodinamik sirtning o‘zgaruvchan oqim tezligi va bosimiga bog‘liqlik simulyatsiya natijalari keltirilgan. Bunda hujum burchaklari 5° , 10° , 15° qiymatlarda amalga oshirilgan.

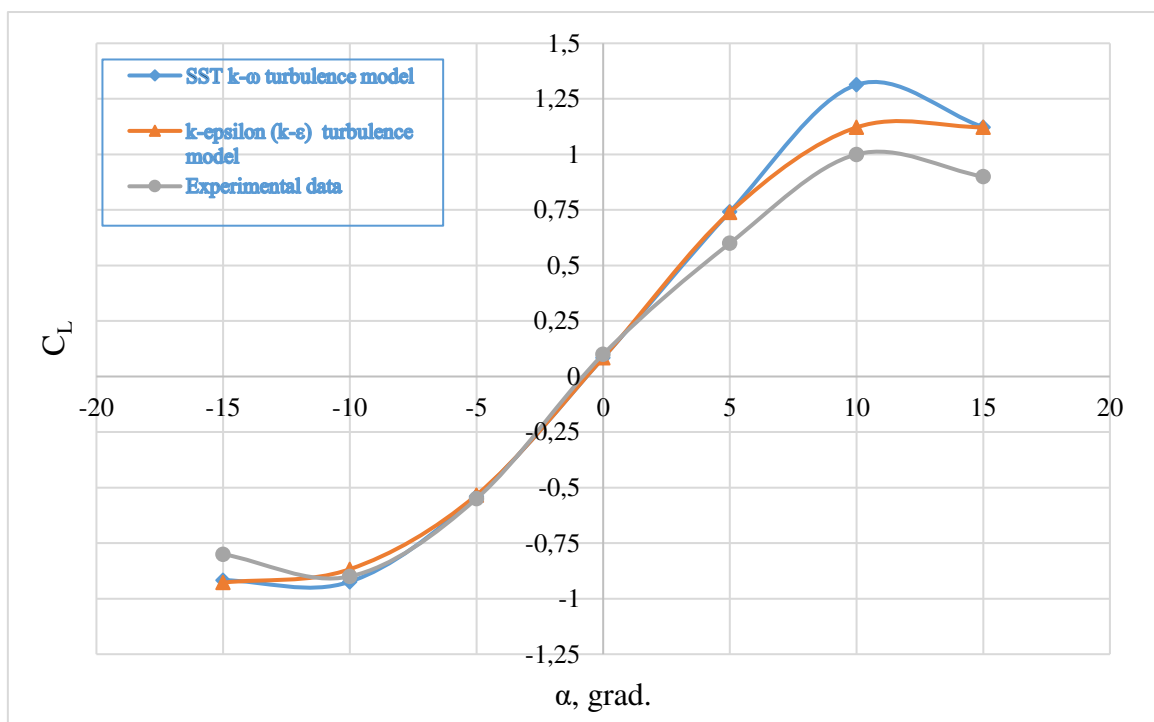


5-rasm. DU-06-W-200 aerodinamik sirtning o'zgaruvchan oqim tezligi va bosimiga bog'liqlik natijalari

6-rasmda ko'tarish va tortishish koeffitsientlarini hujum burchagi o'zgarishiga bog'liqlik model va eksperiment ma'lumotlarini [22] solishtirish natijalari keltirilgan. DU-06-W-200 aerodinamik profilning oqim tezligi 15 m/s da, hujum burchaklari $-15^{\circ} \dots +15^{\circ}$ qiymatlarida ko'tarish va tortishish koeffitsientlarini Ansys Fluent tizimining SST $k-\omega$ va $k-\epsilon$ turbulentlik modellarida aniqlangan natijalari va tajriba malumotlari keltirilgan.



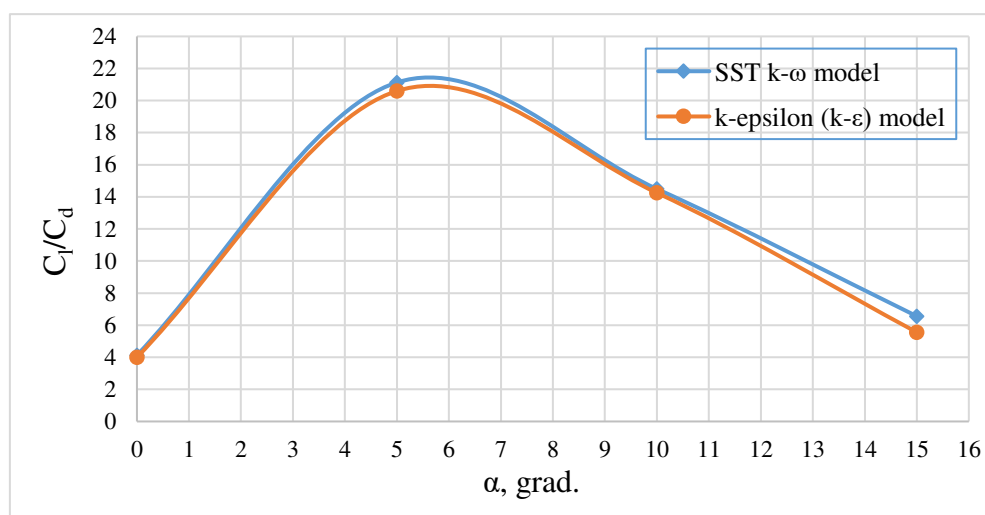
a)



b)

6-rasm. Ko‘tarish va tortishish koeffisientlarini hujum burchagiga bog‘liqlik model va eksperiment natijalari. a-ko‘tarish koeffisienti (C_d); b-tortishish koeffisienti (C_l)

8-rasmda ko‘tarish va tortishish koeffisientlari nisbatining hujum burchagi o‘zgarishiga bog‘liqlik natijalari keltirilgan. Bunda SST $k-\omega$ va k-epsilon ($k-\epsilon$) turbulentlik modellaridan foydalanildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra hujum burchagi optimal 5 gradusda ko‘tarish va tortishish koeffisientlari nisbatining maksimal qiymati 21 ga teng bo‘lishi aniqlandi.



7-rasm. Ko'tarish va tortishish ko'ffitsientlari nisbatining hujum burchagi o'zgarishiga bog'lik egri chiziqlari

3-jadvalda DU-06-W-200 aerodinamik profilning ko'tarish va tortishish ko'ffitsientlarining model va eksperiment ma'lumotlarini muvofiqligini baholash natijalari keltirilgan. Bunda χ^2 moslik kriteriyasi, o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE), determinatsiya ko'ffitsiyenti (R^2), o'rtacha siljish xatoligi (MBE) uslubiyotlaridan foydalanildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra ko'tarish ko'ffitsientini (C_l) k-epsilon (k- ϵ) va tortishish ko'ffitsientini (C_d) SST k- ω model model orqali modellashtirish eng samarali ekanligi aniqlandi.

3-jadval. Eksperiment va model natijalarini muvofiqligini baholash natijalari

Model turi	Koeffitsientlar	χ^2	RMSE	R^2	MBE
SST k- ω model	C_d	0.0303	0.0320	0.9328	0.00093
	C_l	0.1714	0.1614	0.9955	0.026079
k-epsilon (k- ϵ) model	C_d	0.0167	0.0213	0.9327	0.000454
	C_l	0.0821	0.1203	0.9942	0.014482

Xulosa: olib borilgan tadqiqotlar natijasida DU-06-W-200 aerodinamik profil Ansys Fluent tizimida turli o'zgaruvchan hujum burchaklarida ko'tarish va tortishish ko'ffitsientlarini aniqlash va tajriba ma'lumotlari bilan muvofiqligini baholashda quyidagi xulosalar qilindi:

1. Vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarini o'zgaruvchan shamol oqimlarida samaradorligini va ishonchliligini oshirishda turbina parraklarining shakli, materiali va aerodinamikasiga bog'liqligi o'rganildi. Shamol parraklarini maqbul o'lchamlarini loyihalashda Ansys Fluent tizimining CFD modelidan foydalanish yaxshi samara berishi tahlillar asosida aniqlandi.
2. DU-06-W-200 aerodinamik profilni hujum burchaklari -15° dan $+15^\circ$ gacha bo'lgan oraliqda, chegara shartlari va kirish ma'lumotlari oqim tezligi 15 m/s, ishchi harorat 23°C , ishchi bosim $1 \cdot 10^5$ Pa, havo oqimining zichligi 1.23 kg/m^3 , aerodinamik sirt vatar uzunligi 1 m, havo oqimining dinamik yopishqoqligi $1.7894 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$, turbulent model turlari SST k- ω , k-epsilon (k- ϵ) va Reynold soni $1.05 \cdot 10^6$ bo'lgan holatda modellashtirildi.
3. DU-06-W-200 aerodinamik profilning hujum burchaklari -15° , -10° , -5° , 0° , 5° , 10° , 15° qiymatlarda ko'tarish ko'ffitsientlari (C_d) SST k- ω turbulentlik modeli uchun 0.1734, 0.0721, 0.0311, 0.0204, 0.0351, 0.0782, 0.1712 k-epsilon (k- ϵ) turbulentlik modeli uchun 0.2065, 0.0789, 0.0318, 0.0212, 0.0359, 0.0787, 0.2019 tortishish ko'ffitsientlari (C_l) SST k- ω turbulentlik modeli uchun -0.9169, -0.9239, -0.5394, 0.0842, .7416, 1.3134, 1.1229 k-epsilon (k- ϵ) turbulentlik modeli uchun -0.9278, -0.8674, -0.5336, 0.0848, 0.0359, 0.0787, 0.2019 ga tengligi aniqlandi.

4. DU-06-W-200 aerodinamik profilning model va tajriba natijalarini muvofiqligini baholashda χ^2 moslik kriteriyasi, o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE), determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), o'rtacha siljish xatoligi (MBE) uslubiyotlaridan foydalanildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra ko'tarish koeffitsientini (C_l) k-epsilon (k- ϵ) va tortishish koeffitsientini (C_d) SST k- ω model orqali modellashtirish eng samarali ekanligi aniqlandi.
5. Ko'tarish va tortishish koeffitsientlari nisbatining hujum burchagi o'zgarishiga bog'liqligini SST k- ω va k-epsilon (k- ϵ) turbulentlik modellaridan foydalanib baholandi. Tadqiqot natijalariga ko'ra hujum burchagi optimal 5 gradusda ko'tarish va tortishish koeffitsientlari nisbatining maksimal qiymati 21 ga teng bo'lishi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. <https://gwec.net/globalwindreport2023/#:~:text=Total%20installed%20global%20capacity%20growth,%2Dyear%20growth%20of%2015%25>.
2. <https://wwindea.org/wwea-half-year-report-2023-additional-momentum-for-windpower-in-2023>
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 02.12.2022 yildagi PQ-436-son.
4. J. S. Akhatov, Kh. S. Ahmadov. Extraction of Hydrogen from Water Using CeO_2 in a Solar Reactor Using a Concentrated Flux of Solar Radiation. Applied Solar Energy, 2022, Vol. 58, No. 6, pp. 889–894
5. A.B Safarov, H.A. Davlonov, R.A Mamedov, M. Charieva, D. Kodirov. Design and modeling of dynamic modes of low speed electric generators for electric power generation from renewable energy sources. (2022) AIP Conference Proceedings 2686(1):020013
6. A. Safarov, R. Mamedov. Study of effective omni-directional vertical axis wind turbine for low speed regions. IIUM Engineering Journal, Vol. 22, No. 2, 2021
7. G.N. Uzakov, H.A. Davlonov, K.N. Holikov. Study of the influence of the source biomass moisture content on pyrolysis parameters. Applied Solar Energy. Volume 54, pages 481–484, (2018)
8. N.N Sadullayev, A.B Safarov, R.A Mamedov, D. Kodirov. Assessment of wind and hydropower potential of Bukhara region. (2020) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 614 012036
9. Farhan L. Rashid, Hussain S. Abd and Emad Q. Hussein. Numerical study of the air flow over modified NACA 2412 airfoil using CFD. AIP Conference Proceedings 2415, 020005 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0092303>
10. S.A. Khan, M. Bashir, M.A. Ali Baig, F.A. Ghasi Mehaboob Ali. Comparing the Effect of Different Turbulence Models on The CFD Predictions of NACA0018 Airfoil Aerodynamics. CFD Letters 12, Issue 3 (2020) 1-10
11. B. Steenwijk, P. Druetta. Numerical Study of Turbulent Flows over a NACA 0012 Airfoil: Insights into Its Performance and the Addition of a Slotted Flap. Appl. Sci. 2023, 13, 7890. <https://doi.org/10.3390/app13137890>
12. N. Shelil. 2D Numerical Simulation Study of Airfoil Performance. Wind Energy Science Discussion. <https://doi.org/10.5194/wes-2021-45>
13. Y. F. Görgülü, M. A. Özgür, R. Köse. CFD Analysis of a Naca 0009 Aerofoil at a Low Reynolds Number. Politeknik Dergisi, 2021; 24(3) : 1237-1242
14. A. Kulshreshtha, S. Kumar Gupta, P. Singhal. FEM/CFD analysis of wings at different angle of attack. Materials Today: Proceedings. March 2020 Materials Today Proceedings 26(18)
15. A. Ullah, M. B. Zaman, M. A. Bhatti, D. Qasim, A. Hamid, Q. Xiong, A. Khan. CFD study of drag and lift coefficients of non-spherical particles. Journal of King Saud University - Engineering Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.10.003>
16. M. Shirzadi, P. A. Mirzaei, M. Naghashzadegan. Improvement of k-epsilon turbulence model for CFD simulation of atmospheric boundary layer around a high-rise building using stochastic optimization and Monte Carlo Sampling technique. Volume 171, December 2017, Pages 366-379

17. H. Wei, Y. Chen. Assessment of different turbulence models on the large scale internal heated water pool natural convection simulation. *Annals of Nuclear Energy*. Volume 131, September 2019, Pages 23-38
18. A. Rezaeiha, H. Montazeri, B. Blocken. On the accuracy of turbulence models for CFD simulations of vertical axis wind turbines. *Energy*. Volume 180, 1 August 2019, Pages 838-857
19. R. Lanzafame, S. Mauro, M. Messina. Wind turbine CFD modeling using a correlation-based transitional model. *Renewable Energy*. Volume 52, April 2013, Pages 31-39
20. R. G. Staudte. Evidence for goodness of fit in Karl Pearson chi-squared statistics. *A Journal of Theoretical and Applied Statistics*. Volume 54, 2020 - Issue 6. <https://doi.org/10.1080/02331888.2020.1862115>
21. T. Chai, R. R. Draxler. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development* 7(3):1247-1250 (2014)
22. L. Santamaría, M. G. Vega, A. Pandal, J. G. Pérez, S. Velarde-Suárez, J. Manuel Fernández Oro. Aerodynamic Performance of VAWT Airfoils: Comparison between Wind Tunnel Testing Using a New Three-Component Strain Gauge Balance and CFD Modelling. *Energies* 2022, 15, 9351. <https://doi.org/10.3390/en15249351>

Safarov Alisher Bekmurodovich – Buxoro davlat texnika universiteti “Elektr va energetika muhandisligi” kafedrasida dotsent, t.f.f.d. Tel.: (+99890) 2994124, e-mail: a-safarov91@mail.ru

Sayfiddinov Qamariddin Elmurod o‘g‘li – Buxoro davlat texnika universiteti “Elektr va energetika muhandisligi” kafedrasida tayanch doktoranti, Tel.: (+99891) 6498667

Qahhorov Murod Muxtorovich – Buxoro davlat texnika universiteti “Elektr va energetika muhandisligi” kafedrasida mustaqil izlanuvchisi, Tel.: (+99890) 866 2535