

# MUQOBIL ENERGETIKA

ILMIY-TEXNIK JURNALI

2021-yildan chop etila boshlagan

---

## АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

## ALTERNATIVE ENERGY

SCIENTIFIC - TECHNICAL JOURNAL

QARShI-2023



**BOSh MUHARRIR**

**Orifjan Bazarov**

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti rektori

e-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)

**Bosh muharrir o‘rinbosari**

**G‘ulom Uzoqov**

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti professori, t.f.d.

e-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)

**Mas‘ul kotib**

**Xayrulla Davlonov**

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti dotsenti

e-mail: [davlonov80@mail.ru](mailto:davlonov80@mail.ru)

**TAHRIR HAY‘ATI**

**Zohidov R.A.**, t.f.d., prof., O‘zR FA akad., Energetika muammolari instituti, O‘zbekiston

**Allayev Q.R.**, t.f.d., prof., O‘zR FA akad., Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

**Avezova N.R.**, t.f.d., prof., Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

**Abbasov Y.S.**, t.f.d., prof., Farg‘ona politexnika instituti, O‘zbekiston

**Matchanov N.A.**, t.f.d., prof., Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti, O‘zbekiston

**Mirzaboev A.M.**, t.f.d., prof., “MIRSOLAR” MChJ, O‘zbekiston

**Mirzayev Sh.M.** t.f.d., prof., Buxoro davlat universiteti, O‘zbekiston

**Xarchenko V.V.**, t.f.d., prof., Federal ilmiy agroinjenerlik markazi, FNAS, VIM, Rossiya

**Gibaddulin A.A.**, i.f.n., dots., Moskva energetika instituti MTU, Rossiya

**Sednin V.A.**, t.f.d., prof., Belarus milliy texnika universiteti, Belarus

**Yelistratov V.V.**, t.f.d., prof., SPbPU Muhandis-qurilish instituti, Rossiya

**Vinogradov A.V.**, t.f.d., dots., Orel davlat agrar universiteti, Rossiya

**Chervinskiy V.L.**, t.f.n., dots., Belarus milliy texnika universiteti, Belarus

**Xayriddinov B.E.**, t.f.d., prof., Qarshi Davlat universiteti, O‘zbekiston

**Tashatov A.Q.**, f.-m.f.d., prof., Qarshi Davlat universiteti, O‘zbekiston

**Urishev B.**, t.f.d., prof., Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, O‘zbekiston

**Imomov Sh.J.**, t.f.d., prof., Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti, O‘zbekiston

**Ishnazarov O.X.**, t.f.d., prof., Energetika muammolari instituti, O‘zbekiston

**Toyirov O.Z.**, t.f.d., prof., Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

**Yuldoshev I.A.**, t.f.d., prof., Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

**Xudayarov M.B.**, t.f.d., prof., Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

**Sadullayev N.N.**, t.f.d., prof., Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, O‘zbekiston

**Axmedov A.N.**, t.f.d., prof., Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, O‘zbekiston

**Komilov A.G‘.**, t.f.d., dots., O‘zR FA Fizika-texnika instituti, O‘zbekiston

**Axadov J.S.**, t.f.d., k.i.x., O‘zR FA Fizika-texnika instituti, O‘zbekiston

**Niyozov Sh.K.**, t.f.n., prof. Guliston davlat universiteti, O‘zbekiston

**Vardiyashvili A.A.**, t.f.n., dots., Qarshi Davlat universiteti, O‘zbekiston

**Fayziev T.A.**, t.f.n., dots., Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, O‘zbekiston

**Xujakulov S.M.**, t.f.f.d., dots., Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, O‘zbekiston

**Muqobil energetika** – muqobil energetika sohasida erishilgan ilmiy yutuqlar, ilmiy innovatsion ishlanmalar va tadqiqot natijalari yoritilgan ilmiy va tahliliy maqolalar, qisqa xabarlar chop etiladigan ilmiy jurnal. Jurnal ruknlari doirasida o‘tkaziladigan xalqaro kongresslar, simpoziumlar va konferensiyalar materiallari jamlangan maxsus son chop etilishi ham rejalashtirilgan.

**Tahririyat manzili:** Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti

180100, O‘zbekiston, Qarshi sh. Mustaqillik, 225 uy.

Telefon: (8375) 221-09-23, faks: (8375) 224-13-95, E-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)



**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР****Орифжан Базаров**

Ректор Каршинского инженерно-экономического института

e-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)**Заместитель главного редактора****Гулом Узаков**

д.т.н., профессор Каршинского инженерно-экономического института

e-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)**Ответственный секретарь****Хайрулла Давлонов**

доцент Каршинского инженерно-экономического института

e-mail: [davlonov80@mail.ru](mailto:davlonov80@mail.ru)**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ****Захидов Р.А.**, д.т.н., проф., акад. АН РУз., Институт проблем энергетике, Узбекистан**Аллаев К.Р.**, д.т.н., проф., акад. АН РУз., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан**Авезова Н.Р.**, д.т.н., проф., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан**Аббасов Ё.С.**, д.т.н., проф., Ферганский политехнический институт, Узбекистан**Матчанов Н.А.**, д.т.н., проф., Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии, Узбекистан**Мирзабоев А.М.**, д.т.н., проф., “MIRSOLAR” ООО, Узбекистан**Мирзаев Ш.М.**, д.т.н., проф., Бухарский государственный университет, Узбекистан**Харченко В.В.**, д.т.н., проф., Федеральный научный агроинженерный центр, ФНАЦ, ВИМ, Россия**Гибадуллин А.А.**, к.э.н., доц., НИУ Московский энергетический институт, Россия**Седнин В.А.**, д.т.н., проф., Беларусский национальный технический университет, Беларусь**Елистратов В.В.**, д.т.н., проф., Инженерно-строительный институт СПбПУ, Россия**Виноградов А.В.**, д.т.н., доц., Орловский государственный аграрный университет, Россия**Червинский В.Л.**, к.т.н., доц., Беларусский национальный технический университет, Беларусь**Хайридинов Б.Э.**, д.т.н., проф., Каршинский государственный университет, Узбекистан**Ташатов А.К.**, д.ф.-м.н., проф., Каршинский государственный университет, Узбекистан**Уришев Б.**, д.т.н., проф., Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан**Имомов Ш.Ж.**, д.т.н., проф., Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан**Ишназаров О.Х.**, д.т.н., проф., Институт проблем энергетике, Узбекистан**Тойиров О.З.**, д.т.н., проф., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан**Юлдошев И.А.**, д.т.н., проф., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан**Худаяров М.Б.**, д.т.н., проф., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан**Садуллаев Н.Н.**, д.т.н., проф., Бухарский инженерно-технологический институт, Узбекистан**Ахмедов А.Н.**, д.т.н., проф., Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан**Комилов А.Г.**, к.т.н., доц., Физико-технический институт АН РУз., Узбекистан**Ахадов Ж.С.**, д.т.н., с.н.с., Физико-технический институт АН РУз., Узбекистан**Ниязов Ш.К.**, к.т.н., проф., Гулистанский государственный университет, Узбекистан**Вардияшвили А.А.**, к.т.н., доц., Каршинский государственный университет, Узбекистан**Файзиев Т.А.**, к.т.н., доц., Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан**Хужакулов С.М.**, д.ф.т.н., доц., Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан

Альтернативная энергетика - научный журнал, в котором публикуются научные и аналитические статьи, короткие сообщения, освещающие научные достижения в области альтернативной энергетике, инновационные разработки и результаты исследований. Также планируется издание специального выпуска, в котором в рамках рубрик журнала будут опубликованы материалы международных конгрессов, симпозиумов и конференций.

**Адрес редакции:** Каршинский инженерно-экономический институт

180100, Узбекистан, г.Карши, проспект Мустакиллик, дом 225.

Телефон: (8375) 221-09-23, факс: (8375) 224-13-95, E-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)



**EDITOR-IN-CHIEF**

**Orifdjan Bazarov**

Rector of the Karshi Engineering-Economics Institute

e-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)

**Deputy Chief Editor**

**Gulom Uzakov**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Karshi Engineering-Economics Institute

e-mail: [uzogov66@mail.ru](mailto:uzogov66@mail.ru)

**Executive Secretary**

**Khayrulla Davlonov**

Docent Karshi Engineering-Economics Institute

e-mail: [davlonov80@mail.ru](mailto:davlonov80@mail.ru)

**EDITORIAL BOARD**

**Zakhidov R.A.**, d.t.s., prof., acad. ASUz., Institute of Energy Problems, Uzbekistan

**Allaev K.R.**, d.t.s., prof., acad. ASUz., Tashkent state technical university, Uzbekistan

**Avezova N.R.**, d.t.s., prof., Tashkent state technical university, Uzbekistan

**Abbasov E.S.**, d.t.s., prof., Fergana polytechnic institute, Uzbekistan

**Matchanov N.A.**, d.t.s., prof., National research institute of renewable energy sources, Uzbekistan

**Mirzaboev A.M.**, d.t.s., prof., "MIRSOLAR" LLC, Uzbekistan

**Mirzaev Sh.M.**, d.t.s., prof., Bukhara state university, Uzbekistan

**Kharchenko V.V.**, d.t.s., prof., Federal Scientific Agroengineering Center FNAS VIM, Russia

**Gibaddulin A.A.**, c.e.s., doc., National Research University "Moscow power engineering institute", Russia

**Sednin V.A.**, d.t.s., prof., Belarusian National technical university, Belarus

**Elistratov V.V.**, d.t.s., prof., StPPU Institute of Civil Engineering, Russia

**Vinogradov A.V.**, d.t.s., doc., Orel state agrarian university, Russia

**Chervinski V.L.**, c.t.s., doc., Belarusian National technical university, Belarus

**Khayriddinov B.E.**, d.t.s., prof., Karshi state university, Uzbekistan

**Tashatov A.K.**, d.ph-m.s. prof., Karshi state university, Uzbekistan

**Urishev B.**, d.t.s., prof., Karshi engineering-economics institute, Uzbekistan

**Imomov Sh.J.**, d.t.s., prof., Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers, Uzbekistan

**Ishnazarov O.Kh.**, d.t.s., prof., Institute of Energy Problems, Uzbekistan

**Toirov O.Z.**, d.t.s., prof., Tashkent state technical university, Uzbekistan

**Yuldoshev I.A.**, d.t.s., prof., Tashkent state technical university, Uzbekistan

**Khudayarov M.B.**, d.t.s., prof., Tashkent state technical university, Uzbekistan

**Sadullaev N.N.**, d.t.s., prof., Bukhara engineering-technological institute, Uzbekistan

**Akhmedov A.N.**, d.t.s., prof., Karshi engineering-economics institute, Uzbekistan

**Komilov A.G.**, c.t.s., doc., Physical-technical institute of the ASUz, Uzbekistan

**Akhadov J.S.**, d.t.s., s.r., Physical-technical institute of the ASUz, Uzbekistan

**Niyazov Sh.K.**, c.t.s., prof., Gulistan state university, Uzbekistan

**Vardiyashvili A.A.**, c.t.s., doc., Karshi state university, Uzbekistan

**Faiziev T.A.**, c.t.s., doc., Karshi engineering-economics institute, Uzbekistan

**Khuzhakulov S.M.**, PhD. doc., Karshi engineering-economics institute, Uzbekistan




Alternative Energy is a scientific journal that publishes scientific and analytical articles, short reports covering scientific achievements in the field of alternative energy, innovative developments and research results. It is also planned to publish a special issue, where the materials of international congresses, symposiums and conferences will be published within the framework of the journal.

**Editorial office address:** Karshi engineering-economics institute  
180100, Uzbekistan, Karshi, Independence av.-225.

Tel: (8375) 221-09-23, fax: (8375) 224-13-95, e-mail: [qmii@qmii.uz](mailto:qmii@qmii.uz)





<p><b>MUQOBIL ENERGETIKA</b></p> 	<p><b>АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b></p> 	<p><b>ALTERNATIVE ENERGY</b></p> 
<p>Ilmiy-texnik jurnal 2021-yilda tashkil etilgan.</p>	<p>Научно-технический журнал основан в 2021 году.</p>	<p>The scientific-technical journal was established in 2021.</p>
<p>Ilmiy-texnik jurnalga 2021-yil 4-aprelda asos solingan bo‘lib, u 2021-yil iyul oyidan boshlab chiqarilgan. Muassis: Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti. Manzil: 180100, Qarshi shahri. Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225. Telefon: 0375 221-09-23 +998 90-716-51- 92 Sayt: <a href="http://aenergy.qmii.uz">http://aenergy.qmii.uz</a> e-mail: <a href="mailto:aenergy@mail.ru">aenergy@mail.ru</a></p> <p>Nashr indeksi - 4074 <b>ISSN 2181-2284</b></p> <p>10-sonli nashr. Terishga topshirilgan sana: 20.09.2023-y. Nashrga ruxsat berilgan sana: 25.09.2023-y. Chop etilgan sana: 26.09.2023-y.</p> <p>Bichimi 60x84 1/8. Times garniturası. Shartli bosma tabog‘i 6,26. Nashr bosma tabog‘i 6,25. Adadi 100. Buyurtma №103</p> <p>QarMII “INTELLEKT” nashriyoti MIUda chop etildi. Tahririyat: Texnik muharrir: Tog‘ayev I.</p>	<p>Научно-технический журнал основан 4 апреля 2021 года, издается с июля 2021 года.</p> <p>Учредитель: Каршинский инженерно-экономический институт. Адрес: 180100, г.Карши, проспект Мустакиллик, 225. Телефон: 0375 221-09-23 +998 90-716-51- 92 Сайт: <a href="http://aenergy.qmii.uz">http://aenergy.qmii.uz</a> e-mail: <a href="mailto:aenergy@mail.ru">aenergy@mail.ru</a></p> <p>Индекс издания-4074 <b>ISSN 2181-2284</b></p> <p>Выпуск 8. Дата предоставления в набор: 10.03.2023-г. Дата разрешения на публикацию: 25.03.2023-г. Дата публикации: 31.03.2023-г.</p> <p>Размер 60x84 1/8. Таймс гарнитура. 6.26. Условных печатных листов. 6.25. Учетно-издательских листов. Тираж 100. Заказ №87</p> <p>Напечатан в издательстве «ИНТЕЛЛЕКТ» при КИЭИ. Редактор: Технический редактор: Тогаев И.</p>	<p>The scientific and technical journal was founded on April 4, 2021, published since July 2021.</p> <p>Founder: Karshi Engineering-Economic Institute. 180100, Karshi, Independence av. 225. Phone: 0375 221-09-23 +998 90-716-51- 92 Site: <a href="http://aenergy.qmii.uz">http://aenergy.qmii.uz</a> e-mail: <a href="mailto:aenergy@mail.ru">aenergy@mail.ru</a></p> <p>Publication index - 4074 <b>ISSN 2181-2284</b></p> <p>Issue 10. Date submitted for dialing: 20.09.2023-y. The date of publication is: 25.09.2023-y. Date of publication: 26.09.2023-y.</p> <p>Size 60x84 1/8. The Times. Conventional printing plate 6.26. Edition printing plate 6.25. Circulation 100. Order №103</p> <p>KIEI was published by the “INTELLECT” publishing house at the CPN. Editor: Technical Editor: Togaev I.</p>

**MUNDARIJA**

<b>QUYOSH ENERGETIKASI</b>	
Пайзуллаханов М.С. , Ахатов Ж.С. , Ражаматов О.Т., Ахмадов Х.С. , Сайфиева Х.Ф. Катта қуёш сандонида синтез қилинган ва водород олишда катализатор сифатида қўлланувчи $SR_{0,5}BA_{0,5}CO_{1-x}FE_xO_{3-z}$ таркибли перовскит тузилмаларнинг хусусиятларини тадқиқ этиш.....	9
Axadov J.Z., Uzoqov G'.N. Issiqlik energiyasi ishlab chiqarish uchun quyosh konsentratorining issiqlik energetik xarakteristikasini tadqiqot qilish.....	14
Dusyarov A.S. Nurlanish reflektorlarisiz insolyatsion passiv quyosh isitish tizimlarining samaraliligini aniqlash.....	20
Rahmatov O.I. Quyosh panellarining samaradorligi va elektr energiya ishlab chiqarishni oshirish usuli.....	26
Ибарагимов С.С., Мирзаев Ш.М. Табиий ҳаво конвекциясияли билвосита қуёш қуритгич қурилмаларида узумни қуритиш жараёнини моделлаштириш.....	31
Nasrullayev Yu.Z. Fotoelementlarga integratsiyalangan foto-issiqlik o'zgartirgichlar tizimini modellashtirish.....	40
<b>BIOENERGETIKA.BIOMASSA ENERGIYASI</b>	
Uzoqov G'.N., Almardanov H.A. Parabolik quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining texnik-iqtisodiy parametrlarini asoslash.....	50
Uzoqov G.N. Mamatkulova S.G. Temirova D.B. Piroлиз bioenergetik qurilmasi kondensatoridagi issiqlik almashinuv jarayonlari modelini ishlab chiqish.....	57
<b>SHAMOL ENERGETIKASI</b>	
Sadullayev N.N., Davlonov X.A., Xujakulov S.M., Muzaffarov F.F. Vertikal o'qli shamol turbinasini ishlab chiqish va eksperimental tadqiq qilish.....	64
<b>ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR VA QURILMALAR</b>	
Xujakulov S.M. Bug'-gaz qurilmalaridagi termodinamik jarayonlarni modellashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tahlili.....	71
Xujakulov S.M., Pardayev Z.E. Energetik obyektlarda ikkilamchi energiya manbalari va resurslarining issiqlik-texnik tahlili.....	79
Саъдуллаев А.Б., Давлонов Х.А., Бобақулов З.А. Компенсирланган кремний асосидаги ҳарорат датчикларининг физикавий хусусиятлари.....	84
Элмуродов Н.С., Темирова Д.Б. Комбинациялашган қиздириш тизимли сузиш бассейнининг иссиқлик энергияси истеъмоли ва иссиқлик йўқотишларини экспериментал ўрганиш.....	88
Раҳмонқулов А. А. Эпоксид смоласи асосидаги композит материалларни термомеханик хоссаларни тадқиқ этиш.....	96
<b>IXTIROLAR VA FOYDALI MODELLAR</b>	
Uzoqov G'.N., Xujakulov S.M., Fayziyev T.A., Ro'ziqulov G'.Yu., Ro'ziqulov A.Yu. Mahsulotlarini saqlash va quritish uchun kombinatsiyalashgan qurilma.....	102





## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>	
Пайзуллаханов М.С., Ахатов Ж.С., Ражаматов О.Т., Ахмадов Х.С., Сайфиева Х.Ф. Исследование свойств перовскитовых структур на основе $SR_{0,5}BA_{0,5}CO_{1-x}FE_xO_{3-z}$ , синтезированных на бсп для использования в качестве катализаторов при получении водорода.....	9
Ахатов Ж.З., Узаков Г.Н. Исследование теплоэнергетических характеристик солнечного концентратора для производства тепловой энергии.....	14
Дусяров А.С. Определение эффективности инсоляционных пассивных систем солнечного отопления без рефлекторов излучения.....	20
Рахматов О.И. Способ повышения эффективности и выработки электроэнергии солнечных панелей.....	26
Ибрагимов С.С., Мирзаев Ш.М. Моделирование процесса солнечной сушки винограда в установках косвенного типа с естественной конвекцией воздуха.....	31
Насруллаев Ю.З. Моделирование системы фототеплообменников, интегрированных в фотоэлементы.....	40
<b>БИОЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГИЯ БИОМАССЫ</b>	
Узаков Г.Н., Алмарданов Х.А. Обоснование технико-экономических параметров гелиопиролизной установки с параболическим солнечным концентратором.....	50
Узаков Г.Н., Маматкулова С.Г., Темирова Д.Б. Разработка модели процессов теплообмена в конденсаторе пиролизной биоэнергетической установки.....	57
<b>ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>	
Садуллаев Н. Н., Давлонов Х. А., Хужакулов С. М., Музаффаров Ф. Ф. Разработка и экспериментальные исследования ветряной турбины с вертикальной осью.....	64
<b>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ</b>	
Худжакулов С.М. Анализ научных исследований по моделированию термодинамических процессов в парогазовых установках.....	71
Худжакулов С.М., Пардаев З.Е. Теплотехнический анализ вторичных источников энергии и ресурсов на энергетических объектах.....	79
Саъдуллаев А.Б., Давлонов Х.А., Бобакулов З.А. Физические свойства компенсированных кремниевых датчиков температуры.....	84
Элмуродов Н.С., Темирова Д.Б. Экспериментальное изучение потребления тепловой энергии и тепловых потерь бассейна с комбинированной системой отопления.....	88
Рахмонкулов А. А. Исследование термомеханических свойств композиционных материалов на основе эпоксидной смолы.....	96
<b>ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ</b>	
Узаков Г.Н., Худжакулов С.М., Файзиев Т.А., Рузикулов Г.Ю., Рузикулов А.Ю. Комбинированное устройство для хранения и сушки продуктов.....	102



## ТАБИЙ ҲАВО КОНВЕКЦИЯЛИ БИЛВОСИТА ҚУЁШ ҚУРИТГИЧ ҚУРИЛМАЛАРИДА УЗУМНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

Ибрагимов С.С., Мирзаев Ш.М.

Бухоро давлат университети, Бухоро, Ўзбекистон

**Аннотация:** Ишда билвосита турдаги қуришти қурилмасида табиий конвекция жараёни математик моделлаштирилган бўлиб, қурилмада иссиқлигини йиғиши ва узатиши учун сув ишлатилган. Моделнинг бошланғич шартли сифатида муаллифлар томонидан олинган тажриба натижалари ишлатилган. Математик модель учун Буссинеск гипотезасини ҳисобга олган ҳолда Ренольдс тенгламалари ва ҳароратни тақсимлаш тенгламалари ишлатилган. Ишда бошланғич тенгламаларнинг фарқли яқинлашиши учун SIMPLE назорат ҳажмий усули қўлланилган. Қуришти камерасида ҳарорат ва тезлик майдонининг изолиниялари аниқланган. Симуляциялар шуни кўрсатадики, камера ҳажми бўйича ҳарорат тақсимоти деярли бир хил. Ушбу режимда камерадаги ҳавонинг ҳаракат тезлиги деярли бир хил сақланиб қолиши аниқланган, ҳавонинг максимал тезлиги қуришти камерасининг чиқиш нуқтасида бўлиб, 0,01-0,02 м/с тезликгача эканлиги аниқланган.

**Калит сўзлар:** қуритгич, табиий конвекция, иситиш, узумни қуришти, ҳаво, қуришти камераси, қуришти жараёни.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЛНЕЧНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДА В УСТАНОВКАХ КОСВЕННОГО ТИПА С ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИЕЙ ВОЗДУХА

Ибрагимов С.С., Мирзаев Ш.М.

Бухарский государственный университет, Бухара, Узбекистан

**Аннотация:** В работе математически моделируется процесс естественной конвекции сушительного аппарата непрямого типа, для накопления и абсорбирования тепла которой используется вода. В качестве исходных данных используются данные эксперимента, которые провели авторы работы. Для математической модели использованы уравнения Рейнольдса и уравнения распределения температуры, при учете гипотезы Буссинеска. В работе для разностной аппроксимации исходных уравнений применен метод контрольного объема SIMPLE. Определены изолинии поля температуры и скоростей в сушительной камере. Моделированием показано, что распределение температуры по объему камеры почти одинаковое. Выявлено, что при таком режиме скорость по камере сохраняется почти одинаковой, максимальная скорость достигается в точке выхода из сушилки и будет равна 0,01-0,02 м/с.

**Ключевые слова:** сушилка, естественная конвекция, нагревание, сушка винограда, воздух, сушильная камера, процесс сушки.

## SIMULATION OF THE PROCESS OF SOLAR DRYING OF GRAPES IN INDIRECT TYPE INSTALLATIONS WITH NATURAL AIR CONVECTION

Ibragimov S.S., Mirzaev Sh.M.

Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan







**Annotation:** The paper mathematically models the process of natural convection of an indirect type dryer, for the accumulation and absorption of heat, which uses water. The data from the experiment conducted by the authors of the work is used as the initial data. The Reynolds equations and the temperature distribution equations are used for the mathematical model, taking into account the Boussinesq hypothesis. In this paper, the SIMPLE control volume method is used for the difference approximation of the initial equations. The isolines of the temperature and velocity fields in the drying chamber are determined. Modeling has shown that the temperature distribution over the chamber volume is almost the same. It was revealed that in this mode, the speed in the chamber remains almost the same, the maximum speed is reached at the exit point from the freezer and will be equal to 0.01-0.02 m/s.

**Key words:** dryer, natural convection, heating, drying grapes, air, drying chamber, drying process.

**Кириш.** Қишлоқ хўжалиги маҳсулотдарни узоқ муддатда сақлаш усулларидан бири уларни олдин қуритиб сўнгра ёпиқ жойларда сақлашдан иборатдир.

Қуёшда қуритиш анъанавий усул ҳисобланади ва кўп йиллар давомида ривожланган ва ривожланаётган мамлакатларнинг кўплаб фермер хўжаликлари томонидан қишлоқ хўжалиги ва озик-овқат маҳсулотларини сақлаш усули сифатида қўлланилиб келинмоқда.

Билвосита турдаги қуёш қуритгичлари табиий конвекция (пассив тип) ва мажбурий конвекция (фаол тип) ли қурилмаларга бўлинади. Табиий конвекцияли қуёш қуритгичларини яратиш жуда осон ва арзон нархда ишлаб чиқарилади.

Дунё олимлари томонидан чоп этилган кўпгина илмий мақолалар қуёш қурилмаларини (тизимларини) турли мақсадларда ишлатишган, уларда юз берадиган жараёнларни математик моделлаштирган [1,2,3,4].

Ўтказилган экспериментал тадқиқотларни [3] ҳар хил массали ҳаво оқим тезлигида ясси қуёш коллекторининг, қолаверса бутун бир қурилманинг ҳарорат профилини, иссиқлик узатиш хусусиятларини ва иссиқлик самарадорлигини таҳлил қилишга қаратишган. Шунингдек, экспериментал тадқиқотнинг кўп ўзгарувчили таҳлили асосида иссиқлик хусусиятларининг бир қатор бошқа ўзгарувчилари билан боғланшлари ўрнатилган ва экспериментал тадқиқот натижаларнинг ишончилилик даражасини янада ошириш мақсадида ушбу қурилмада юзага келган қуритиш жараёнининг физика - математик моделини яратишган.

Асосий параметрик компонентларнинг ўзаро боғлиқлигининг таҳлили қуёш нурланишининг интенсивлиги, қуритиш маҳсулоти таркиби ва қуритиш агентининг ҳароратлари, қурилма деворларининг сиртларида иссиқлик узатиш коэффициентлари, қурилманинг иссиқлик ва унумдорлик самарадорликлари ҳамда қуритиш вақти ўртасидаги боғлиқликни тасаввур қилиш имконини берди.

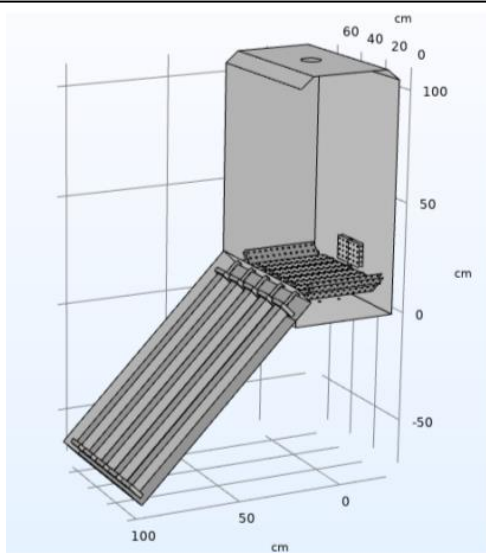
Натижалар шуни кўрсатадики, фойдали иссиқлик оқими, ҳавонинг иссиқлик узатиш коэффициенти ва коллекторнинг иссиқлик самарадорлиги қуёш нурланишининг интенсивлигига боғлиқ эмас. [3] ва [4] адабиётларда кўрсатилганига асосан билвосита турдаги табиий конвекцияли қуёш қуритгичида иссиқлик аккумулятори (қум) ишлатилганда қуритгич коллектори ичидаги доимий ҳаво ҳароратини бир хилда сақлашга имкон бериши ҳулоса қилинган.

Хўл маҳсулотни қуритиш шкафи камерасда қуритиш учун унга илиқ (иситилган) ҳаво олиб келиш зарур. Илиқ ҳаво етказиб бериш қуёш коллекторлари орқали амалга оширилган [5], бу қурилмада иссиқлик аккумулятори сифатида тош ишлатилган.

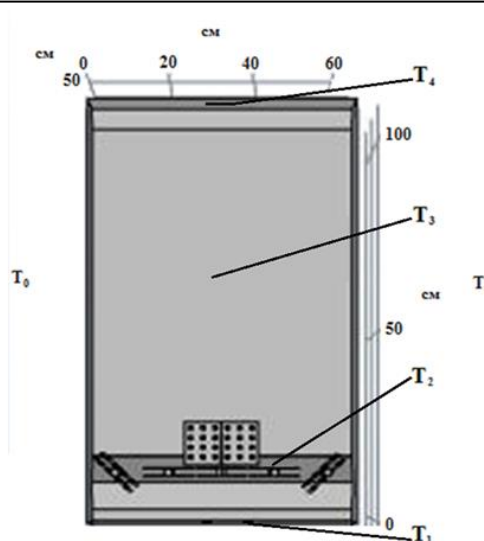
#### **Экспериментал қисм.**

Табиий ҳаво конвекцияли иссиқлик қувур коллекторли билвосита қуёш қуритиш қурилмасида қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қуритиш жараёнини математик моделлештиришга тегишли қурилманинг умумий кўриниши ва ўлчаш нукталари 1-расмда, қурилма асл кўриниши эса 2-расмда тасвирланган.





а)



в)

1-расм. Қуёш қуритгичининг умумий кўриниши: а) ички кўриниш; в) тажриба ўтказиш (ўлчаш) нуқталари.



2-расм. Қуёш қуритгичининг асл тасвири.

Айтиш жойизки, қуритиш шкафи камерасининг тубидан атроф-муҳитдан кирган ҳаво ҳарорати билан шу камеранинг шипидан (юқори қисмидан) атроф муҳитга чиқувчи буғ-ҳаво аралашмаси ҳароратларининг фарқи туфайли камера ичида ҳаво (буғ-ҳаво аралашмаси) зичликларининг фарқи юзага келади, натижада камерада ҳавонинг (буғ-ҳаво аралашмасининг) иссиқлик оқими юзага келади.

Экспериментал тадқиқот натижаларини олиш учун қурилмадаги маълум нуқталар танланган (1-расм.в), нуқталардаги ҳароратларнинг рақамли қийматлари 1-жадвалда келтирилган.

Ушбу тадқиқот натижаларига кўра ёпиқ қуритиш шкафи камераси ичидаги ҳавонинг (буғ-ҳаво аралашмасининг) табиий конвекция жараёни юзага келишига ишонч ҳосил қилиш учун рақамли математик моделлаштириш усули амалга оширилди.



## Экспериментал равишда ўлчанган ҳарорат маълумотлари.

Тажриба ўтказиш вақти, соат	$T_1 (^{\circ}C)$	$T_2 (^{\circ}C)$	$T_3 (^{\circ}C)$	$T_4 (^{\circ}C)$	$T_0 (^{\circ}C)$
10:00	38.81	45.38	41.69	40.81	36.3
11:00	39.13	47.94	43.94	42.19	36.6
12:00	39.44	49.06	44.56	42.56	37.2
13:00	40.31	51.25	46.56	44.06	37.8
14:00	40.63	51.44	48.56	43.19	37.2
15:00	40	52.75	47.81	44.5	37.8
16:00	44	56	52	46.81	41
17:00	45.69	55.19	52.56	47.81	41.12
18:00	40.63	50.06	47.69	42.13	39.98
19:00	38.06	42.63	41.63	37.06	37.11
07:00	22.31	27.5	23.75	22.75	22.12

## Ечиш усули.

Gr-Грасгоф критерияси (мезони), ёпишқоқ ишқаланиш кучлари ва кўтариш кучининг нисбатини тавсифловчи совутиш суюқлигининг эркин ҳаракатланиш режимини тавсифлайди, тизимнинг геометрик ўхшашлигини тавсифловчи ўлчовсиз геометрик симплекс усулидир. Симплекс усули барча мумкин бўлган бурчак нуқталарини оддий такрорлашдан четлашиб, оптимал ечимни самарали топишга имкон беради. Усулнинг асосий принципи: ҳисоб-китоблар қандайдир “бошланғич” асосий ечимдан бошланади, сўнгра мақсад функциясининг қийматини “яхшилайдиган” ечимлар учун қидирув ўтказилади.

Яратилган куёш қурилмасидан кўриниб турибдики, қуришиш камераси ёпилгандан кейин ҳаво ундан чиқиб кетиши учун юқори қопқоқнинг ўртасида  $0,1 \text{ м}^2$  ўлчамдаги думалоқ тешик ўрнатилган. Иссиқлик алмаштиргич ўзининг атрофидаги ҳавони иситганида ҳаво оқими камеранинг юқори қисмида ўрнатилган мўрига томон оқа бошлади. Қуришиш шкаф камерасида ҳавонинг турбулент оқим режими пайдо бўлади.

Грасгоф сонини ҳисоблаш орқали оқим режимини ҳисоблаймиз:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_h - T_o) \cdot L^3}{\nu_m^2}, \quad (1)$$

Грасгоф сонини қуйидаги дастлабки маълумотлар асосида ҳисоблаймиз:

$g$  – Ер сирт юзасида эркин тушиш тезланиши,  $g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$L$  – иссиқлик алмаштиргич сирт юзасининг характерли чизикли ўлчами,  $1 \text{ м}$ ;

$T_h$  – иссиқлик алмаштиргич сирт ҳарорати,  $55^{\circ}C$ ;

$T_o$  – иссиқлик ташувчи ҳаво ҳарорати,  $30^{\circ}C$ ;

$\nu_m$  – ҳавонинг кинематик ёпишқоқлик коэффициенти,  $\nu = 16 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ ;

$\beta$  – жуда юқори бўлмаган доимий босимда иссиқлик ташувчи ҳавонинг (буғ-ҳаво аралашмаси) ҳажмий кенгайиш коэффицентининг ҳарорат коэффициенти,  $4,58 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$  ( $40$ — $60^{\circ}C$  ҳароратда);

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L^3}{\nu_m^2} = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_h - T_o) \cdot L^3}{\nu_m^2} = 3,6 \cdot 10^9. \quad (2)$$

Масалан, муаллифларнинг фикрига кўра [6],  $Gr \cdot Pr > 10^9$  шарт бажарилганда газ оқими турбулент деб тахмин қилинади. Бизнинг ҳолатда, Агар Прандтл сони  $Pr = 0.7$ , деб қабул қилинса, биз  $Pr \cdot Gr = 2.1 \cdot 10^9$  қийматини оламыз. Шундай қилиб, бу қиймат берилган критик





кийматдан катгарокдир [5], шунинг учун турбулент ўзгаришларни ҳам ҳисоблаш мумкин бўлади. Ренольдс сонига кўра, қуритгич ичидаги тезлик тахминан 0,02 м/с ва қуритгичнинг характерли геометрик ўлчами 1 м, кейин бу маълумотлар билан Ренольдс сони қуйидагича аниқланган:

$$Re = \frac{0,02 \cdot 1}{0,16 \cdot 10^{-6}} = 1250$$

Демак, қуритиш камерасининг айрим қисмларида турбулент ўзгаришлар пайдо бўлиши мумкин деган хулосага келиш мумкин.

Турбулент оқим турли йўналишларда ва турли текисликларда айланадиган гирдоблар тўплами сифатида ифодаланиши мумкин. Катта қуйқалар кичик қуйқаларга айланади ва кичик қуйқалар, яъни, катталиги молекуланинг эркин югуриш йўлидан бироз ошиб кетадиган қуйқалар ўз энергиясини ёпишқоқ иссиқлик энергиясига айлантиради. Дастлаб, бу жараён А.Н. Колмогоров томонидан ишлаб чиқилган ва энергия каскади деб номланган.

Ламинар ва турбулент ҳаво ҳаракатлари ўртасида юқорида айтиб ўтилган корреляцияни ҳисобга олган ҳолда, бўйлама ҳарорат тақсимотининг чуқурлаштирилган ҳаво каналлари билан қуёш ҳаво коллекторининг каналларида ҳаво тезлигига бевосита боғлиқлиги асосида математик модель ишлаб чиқилди.

Юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда, Ренольдс тенгламалари ва Буссинеск гипотезасини ҳисобга олган ҳолда ҳароратнинг тақсимланиш тенгламаларини қуйидаги кўринишда келтириш мумкин бўлади [6,7,8,9]:

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\rho \partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (v + v_t) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) + g \beta (\bar{T} - \bar{T}_0), \\ \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (\kappa + \kappa_t) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right) \\ \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0, \quad (i, j = 1, 2, 3). \end{cases} \quad (3)$$

Бу ерда  $\bar{u}_i$  - ҳаво оқими тезлигининг бўйлама ва кўндаланг компонентлари;  $\bar{p}$  - гидростатик босим;  $\bar{T}$  - ҳарорат;  $g$  - эркин тушишнинг тезлашиши;  $\beta$  - иссиқлик ташувчи ҳавонинг ҳажмий кенгайишида ҳарорат коэффициенти;  $v_l$  ва  $v_t$  - ламинар ва турбулент ёпишқоқлик компонентлари;  $\kappa = \frac{\nu}{Pr}$ ,  $\kappa_t = \frac{\nu_t}{Pr_t}$ , бу ерда  $Pr_l$  ва  $Pr_t$  - Прандтл сони ламинар ва турбулент оқим режимларига тегишли.

Юқоридаги Ренолдс тенгласида Ренолдс ўзгаришлар деб номланган номаълум атамалар ҳосил бўлади. Ҳозирги вақтда Ренолдс ўзгаришларни аниқлаш учун жуда кўп турли хил ярим эмпирик моделлар мавжуд. Масалан, Спаларт-Аллмарас модели.

Спаларт-Аллмарас модели деворлар билан чегараланган оқимларни ўз ичига олган аэрокосмик дастурлар учун махсус ишлаб чиқилган ва у чегара қатламлари учун, ҳатто салбий босим градиентларига дучор бўлганлар учун ҳам яхши натижалар бериши кўрсатилган [10].

Бизнинг ишимизда Спаларт-Аллмарас модели шаклга эга бўлган турбулент ёпишқоқликни аниқлаш учун қуйидаги модель ишлатилди:

$$\frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} + u_j \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} = C_{b1} (1 - f_{t2}) \tilde{S} \tilde{v} - \left[ C_{w1} f_w - \frac{C_{b1}}{k^2} f_{t2} \right] \left( \frac{\tilde{v}}{d} \right)^2 + \frac{1}{\sigma} \left[ \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (v + \tilde{v}) \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} \right) + C_{b2} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_i} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_i} \right]. \quad (4)$$

Бу ерда турбулент алмашинув коэффициенти қуйидагича аниқланган:

$$\nu_t = \tilde{v} f_{v1}.$$

Моделнинг қўшимча функциялари ва константалари [10] да берилган.

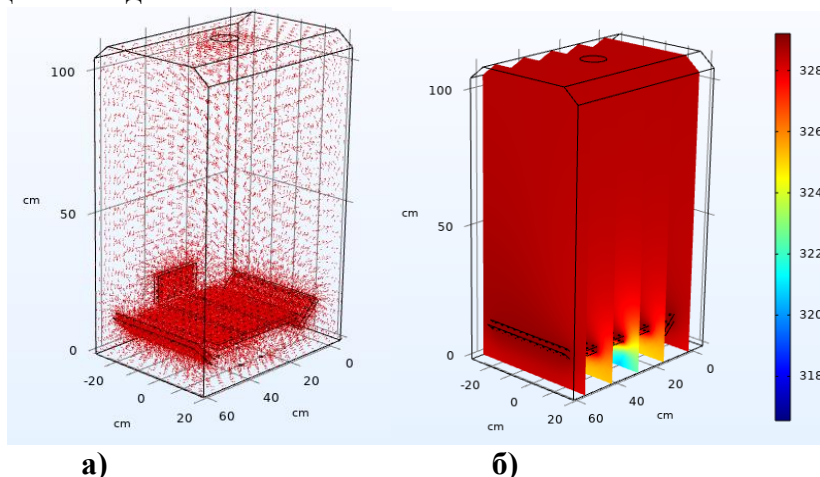
Регрессия таҳлили воситалари ва 1-жадвалдан фойдаланиб, уларни чегара шартлари сифатида ишлатиш учун ён (ёқлар) чегаралардаги ( $T_0$ ) ва манбадаги ( $T_1$ ) ҳароратга боғлиқлик функциялари олинади.

Тенгламалар тизими (3) учун фақат ҳарорат қийматлари дастлабки шартлар сифатида ўрнатилди:  $T(x, y, z, t_0) = T_0(x, y, z)$ . Тезлик қийматлари нолга тенг деб тахмин қилинган. Муаммо параллелепипед учун  $0 < x < X, 0 < y < Y, 0 < z < Z$  шартларда ҳал қилинди. Ён чегаралардаги чегара шартлари сифатида ҳарорат  $T_0$  учун тегишли функцияси,  $T_1$  учун эса пастдан боғлиқлик функцияси ўрнатилди. Тезликлар учун параллелепипед деворларига ёпишиш ҳолати ўрнатилиб, симметрия шarti тезликлар учун пастдан чегара шартлари сифатида ўрнатилди.

Асосий тенгламаларни ўлчашдан кейин ишда фарқни тахмин қилиш учун SIMPLE назорат ҳажми усули қўлланилган [10]. Интеграциялаш  $\Delta t < 0.001$  вақт босқичларида (қадамларда) амалга оширилди. Симуляция  $t=0$  с дан бошланган ва 1-сонли қатъий рақам ёрдамида тажрибада берилган вақтгача симуляция қилинган. 1623235 нуқта (балл) ишлатилган, панжара тешилган плиталар ёнида қалинлашган. Дастлабки ва чегара шартлари учун 1-жадвалдан экспериментал маълумотлар қабул қилинди. Муаммо стационар бўлмаган ҳолатда уч ўлчовли ҳисобланди.

### Олинган натижалар ва таҳлиллар.

3(а)-расмда вертикал текисликда ва қуриштиш камерасида ҳавонинг тезлик майдони кўрсатилган. Шкафдаги ҳарорат маълумотлари кельвинларда берилган. Расмдан кўриниб турибдики, керакли плиталарнинг тегишли танлови билан ҳарорат қуриштиш камераси бўйлаб тенг равишда тақсимланади.



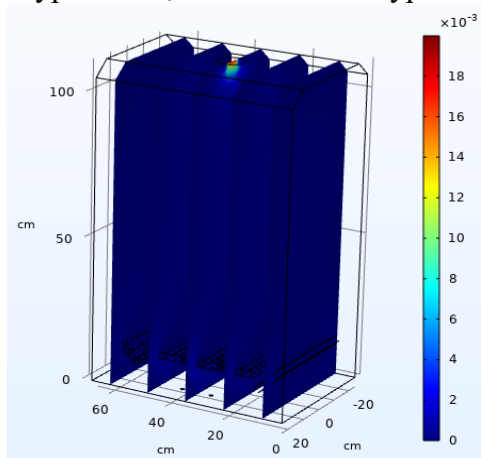
3-расм. Вертикал текисликда ва унинг изолиниясида камера бўйлаб ҳароратнинг тақсимланиши (Кельвинда).

3(б)-расмда қуриштиш камераси бўйлаб ҳарорат йўналишларининг изолинлари (изочизиқлари) кўрсатилган. Ушбу изолинлардан ҳарорат оқими қуриштиш камерасининг бутун майдонига етиб боради деган хулосага келиш мумкин.

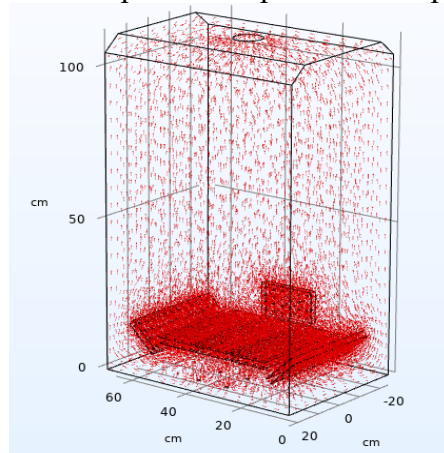


4(а)-расмда (в) қуритиш камерасидаги ҳавонинг тезлик майдонлари кўрсатилган. Ўлчовдан кўриниб турибдики, тезлик деярли бутун қуритиш камерасида минтақада бир хил ва тахминан 0,004-0,006 м/с га тенг, фақат юқори тешик яқинида, майдоннинг пасайиши туфайли бироз ўсиш кузатилади.

4(в)-расмда қуритиш камераси бўйлаб тезлик изолинларини кўрсатади. Расмдан кўриниб турибдики, тезлик оқими қуритиш камерасининг барча жойларига етиб боради.



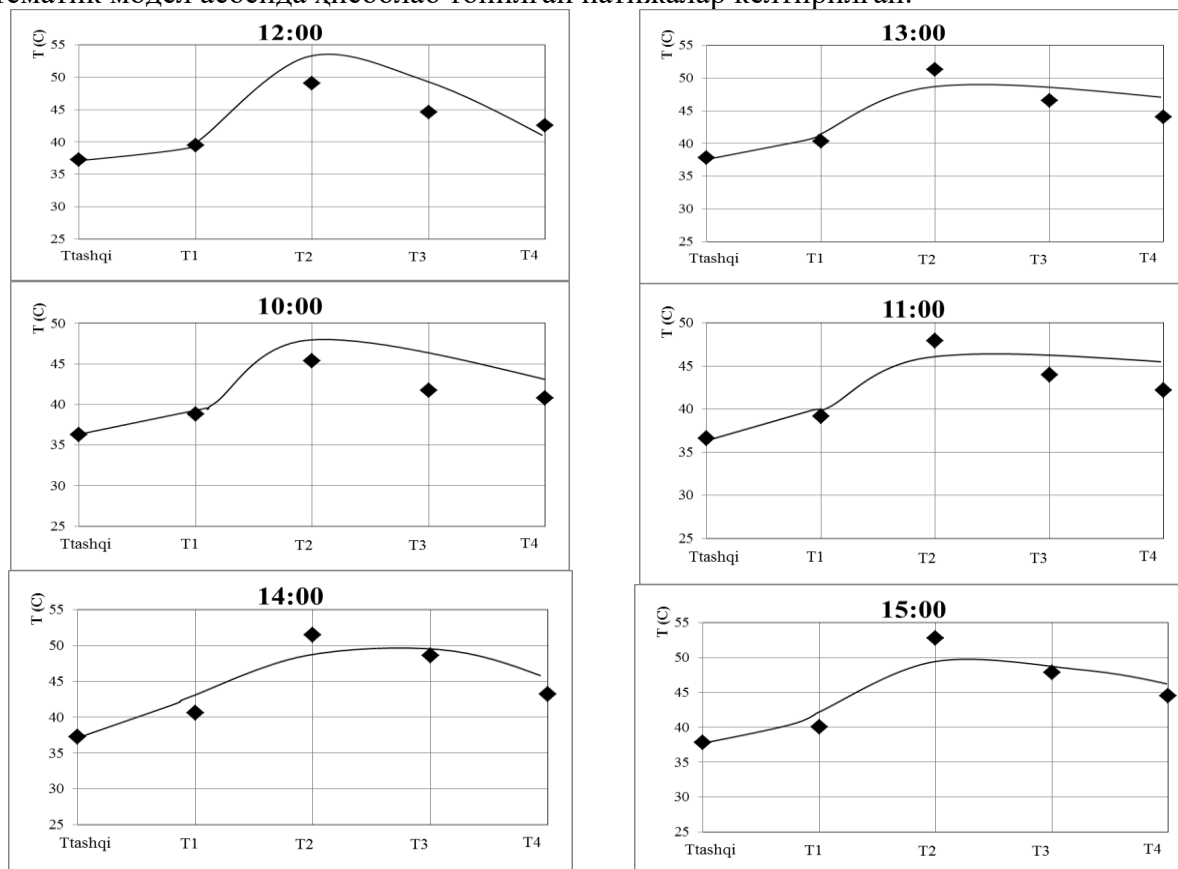
а)



в)

4-расм. Майдон (а) ва қуритиш камераси бўйлаб тезликнинг изолинлари (в).

5-расмда қуритиш камераси нуқталарида эксперимент асосида ўлчанган ва ҳисобланган ҳароратлар миқдорларининг таққосланган қийматлари график кўринишида тасвирланган: 5-расмда қора нуқталар – экспериментал тадқиқот натижалари, силлиқ эгри чизиқлар математик модел асосида ҳисоблаб топилган натижалар келтирилган.



5-расм. Кун давомида танланган нуқталарда ҳароратларнинг экспериментал ва ҳисоблаш маълумотларининг боғланиши.

Назарий (ҳисоблаш) ва тажриба асосида топилган ҳароратлар қийматлар ўртасидаги нисбий хатолик қуйидаги формула билан топилди:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i|}{\bar{y}_i} 100\% \quad (5)$$

бу ерда  $y_i$  – экспериментал қийматлар,  $\bar{y}_i$  – назария (ҳисоблаш) асосида топилган қийматлар,  $n$  – экспериментал нуқталар сони.

Ҳисоб-китобларга кўра, барча тажрибалар учун нисбий хатолик 6% дан ошмайди. Бу шуни англатадики, математик модель курутгич камераси ичидаги ҳаво конвекция жараёнининг бўлишини етарлича тасвирлайди.

**Хулоса.** Яратилган куёш курутиш қурилмасида тажриба ўтказиш орқали дастлабки маълумотлар олинган, уларга кўра қурилмага тегишли Грасгоф сони ҳисоблаб чиқилган ва ҳавонинг табиий равишда турбулент оқим пайдо бўлиши ўрнатилди.

Шунга асосланиб, Буссинес яқинлашувида масса, импульс ва энергиянинг сақланиш қонуни ҳамда турбулент ўзгаришларни аниқлаш учун Спаларт-Аллмарас модели ёрдамида табиий ҳаво конвекциясининг барқарор оқими учун дифференциал тенгламалар тизими танланди. Муаммони ҳал қилиш учун SIMPLE бошқарув ҳажми усули қўлланилди [11]. Интеграция  $\Delta t < 0.001$  вақт босқичларида (қадамларида) амалга оширилди. Симуляция  $t=0$  вақтдан бошланган ва тажрибада берилган вақтгача моделлаштирилган.

Ҳавонинг (буғ-ҳаво) куёш курутгичига кириш ва ундан чиқиш қисмларида ҳаво ҳароратларининг боғлиқлиги ўрнатилди, ҳароратни иссиқлик манбаи (иссиқлик алмаштиргич) сирт юзасида экспериментал ўлчаш ва ҳисобланган маълумотлар асосида ҳароратнинг вақтга боғлиқлигининг таққосланган маълумотлари ўрнатилди, яъни, ўзаро боғлиқ ўзгарувчилар ўртасида яққол тасвири кўп ўлчамли таҳлил асосида таққосланди ва ўрнатилди. Танлаб олинган математик моделнинг самарадорлигини баҳолаш учун ўртача 6% нисбий хатолик аниқланди.

Моделлаштириш шуни кўрсатдики, камера ҳажми бўйича ҳарорат тақсимоти деярли бир хил.

Ушбу режимда камеранинг чиқиш қисмида ҳавонинг (буғ-ҳаво) табиий равишда чиқиш тезлиги деярли бир хил бўлиб қолиши ва унинг максимал тезлиги 0,01-0,02 м/с га тенг бўлиши ўрнатилди.

Моделнинг баҳолашича, бундай мавжуд камераларда табиий ҳаво айланиши иссиқ ҳаво ҳаракатини ишончлилик даражасини оширади.

## Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. — New Jersey, 2013.
2. Poonam Rani, P.P. Tripathy. Thermal characteristics of a flat plate solar collector: Influence of air mass flow rate and correlation analysis among process parameters// Solar Energy 211 (2020) 464–477. [www.elsevier.com/locate/solener](http://www.elsevier.com/locate/solener)
3. A.A. El-Sebaili, S. Aboul-Enein, M.R.I. Ramadan, H.G. El-Gohary. Experimental investigation of an indirect type natural convection solar dryer. Energy Conversion and Management 43:2251-2266 (2002).
4. Mohanraj M., Chandrasekar P. Performance of a Forced Convection Solar Drier Integrated with Gravel as Heat Storage Material for Chili Drying. Journal of Engineering Science and Technology. 2009. 4(3): 305-314.
5. Mirzaev Sh., Kodirov J., Khamraev S.I. Method for determining the sizes of structural elements and semi-empirical formula of thermal characteristics of solar dryers//APEC-V-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1070(2022) 012021 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012021



6. Абрамов А. Г. Течения жидкости в полях объемных сил. Ламинарные режимы и устойчивость свободноконвективных течений: учеб. пособие /А. Г. Абрамов, Н. Г. Иванов, В. В. Рис. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. –114 с.
7. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: «Наука», 1974. 712 с.
8. Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р.Л., Саммакия Б. Свободно-конвективные течения, тепло и массообмен. Кн. 2. - М.: Мир, 1991. - 678с.
9. Jumayev J., Shirinov Z., Kuldashv N. Computer simulation of the convection process near a vertically located source. International conference on information Science and Communications Technologiyes (ICISCT) 4-6 november. 2019. Tashkent. Conference Proceedings. pp.635-638. DOI:10.1109 /ICISCT 47635.2019.9012046
10. Spalart P. R., Allmaras S. R. “A one-equation turbulence model for aerodynamic flows”, AIAA Paper 1992-0439.
11. Patankar, Suhas V., and D. Brian Spalding. “A Calculation Procedure for Heat Mass and Momentum Transfer in Three Dimensional Parabolic Flows” International Journal of Heat Mass Transfer 15 (1972): 1787-1806.