

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

СУЛТАНОВА ШАХНОЗА АБДУВАХИТОВНА

**ДОРИВОР ЎСИМЛИКЛАР ТАРКИБИДАГИ БИОФАОЛ МОДДАЛАРНИ
САҚЛАГАН ҲОЛДА ҚУРИТИШ УЧУН ГЕЛИО СУВ ИСИТГИЧЛИ
ҚУРИЛМАНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва
аппаратлари (техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации
Contents of the abstract of doctor's (DSc) dissertation

Султанова Шахноза Абдувахитовна

Доривор ўсимликлар таркибидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда
қуритиш учун гелио сув иситгичли қурилмани ишлаб чиқиш3

Султанова Шахноза Абдувахитовна

Разработка гелио водонагревательной установки для сушки
лекарственных растений с сохранением биологически активных веществ 29

Sultanova Shakhnoza Abduvakhitovna

Development of a solar water heating equipment for drying medicinal herbs
while preserving biologically active substances 57

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....60

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.Т.04.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

СУЛТАНОВА ШАХНОЗА АБДУВАХИТОВНА

**ДОРИВОР ЎСИМЛИКЛАР ТАРКИБИДАГИ БИОФАОЛ МОДДАЛАРНИ
САҚЛАГАН ҲОЛДА ҚУРИТИШ УЧУН ГЕЛИО СУВ ИСИТГИЧЛИ
ҚУРИЛМАНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва
аппаратлари (техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.DScT354 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада www.tkti.uz манзилига ҳамда «Ziyounet» ахборот-таълим портали манзилига жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: Сафаров Жасур Эсирганович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Худайбердиев Абсалом Абдурасулович
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Курбанов Жамшед Мажидович
техника фанлари доктори, профессор

Азизов Ақтам Шарипович
қишлоқ хўжалиги фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот: Фарғона политехника институти


Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг «24» 07 2021 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали)


Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (18 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2021 йил «09» 07 кун тарқатилди.
(2021 йил «09» 07 даги 10 - рақамли реестр баённомаси)




С.М.Туробжонов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
ранси, т.ф.д., профессор


Х.И.Қодиров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
котиби т.ф.д., профессор


Қ.О.Додаев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар ранси т.ф.д.,
профессор

КИРИШ (докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Дунёда аҳолини сифатли шифобахш маҳсулотлар билан таъминлаш муҳим вазифа ҳисобланади. Шифобахш ўсимликларни қайта ишлашда энергиятежамкор, биологик фаол моддаларни сақлаб қолувчи техника ва технология ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилади. Туркия, АҚШ, Германия, Италия, Хитой, Франция, Ҳиндистон, Россия ва б. мамлакатларнинг илмий-тадқиқот институтларида шифобахш ўсимликларни қуритишга йўналтирилган янги қурилма ва қуритиш усуллари яратиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Дунёда қуритиш қурилмалари конструкциясини яратиш ва қуритишнинг энергиятежамкор технологиясини қўллашга қаратилган чуқур тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада энергия самарадор қуритиш қурилмаларининг унумдорлигини оширишнинг илмий ва услубий асосини ишлаб чиқиш, шифобахш гиёҳларни қуритиш учун замонавий технологиялар, жараён ва аппаратлар, таркибида биологик фаол моддалар бўлган сифатли фармацевтик хомашё олиш, энергиятежамкор қуритиш қурилмасини шифобахш ўсимликларни қуритиш учун амалиётда қўллаш, қуритиш объектининг иссиқлик-физик параметрларини ҳисобга олувчи, қуёш энергиясидан фойдаланувчи, ўсимликни шифобахшлик хусусиятларини сақлаб қолувчи инновацион қуритиш қурилмаларини рационал конструкциясини яратишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда замонавий технологияларни амалга оширувчи линиялар, фармацевтик ўсимлик хомашёсини сақлаш, яримфабрикат ишлаб чиқаришга мўлжалланган энергиятежамкор қурилмаларни яратишга алоҳида эътибор қаратилиб, муайян илмий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «иктисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазафаларни амалга оширишда, жумладан жараённи моделлаштириш асосида гелиосувиситгичли қуритиш қурилмаси конструкциясини ишлаб чиқиш, маҳсулот иссиқлик-физик тавсифини тадқиқ этиш ва маҳсулот таркибидаги биологик фаол моддаларни сақлаб қолиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 3 майдаги ПФ-5032-сон «Нукус-фарм», «Зомин-фарм», «Косонсой-фарм», «Сирдарё-фарм», «Бойсун-фарм», «Бўстонлиқ-фарм» ва «Паркент-фарм» эркин иқтисодий зоналарини ташкил этиш тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 7 ноябрдаги ПФ-5229-сон «Фармацевтика тармоғини бошқариш тизимини тубдан такомиллаштириш чоратадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2019 йилнинг 10 апрелдаги ПФ-5707-сон «2019-2021 йилларда Республика фармацевтика саноатини жадал ривожлантириш тўғрисида»ги, 2020 йилнинг 28 январдаги ПҚ-4574 - ««Tashkent Pharma Park» инновацион илмий-ишлаб чиқариш кластерини

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

яратиш» қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларини ривожланишининг III «Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш» ва V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи³². Ўсимлик хомашёларидан сифатли қуритилган маҳсулот олишга ва энергиятежамкор қурилмалар яратишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан Bogor Agricultural University (Индонезия), Institute of Agricultural engineering (Германия), Osijek universiteti (Хорватия), Recer Tayyip Erdogan University, Kahramanmaraş Sutcu İmam Universitesi, Istanbul technical university (Туркия), Cornell University, Pennsylvania State University, National Renewable Energy Laboratory (США), University of Calabria (Италия), Swedish Institute for Food and Biotechnology (Швеция), AgroParisTech, VetAgro SUP (Франция), Spanish National Research Council (Испания), University of Campinas (Бразилия), Tanta University (Миср), Graz technology university (Австрия), Waterloo university, RenewABILITY Energy (Канада), Москва озиқ-овқат давлат университети ва Краснодар қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш ва сақлаш ИТИ (Россия) ва Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Умумий ва ноорганик кимё институти (Ўзбекистон), Тошкент кимё-технология институти (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Қуритиш жараёни самарадорлигини ошириш ва сифатли маҳсулот олишга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: шифобахш ўсимликларни қуритиш усули (Bogor Agricultural University); шифобахш ва хушбўй ўсимликларни конвектив усулда қуритиш технологияси ишлаб чиқилган (Institute of Agricultural engineering); қуритиш тезлигининг жараён кинетикасига таъсири ўрганилган (Osijek universiteti); капилляр-ғовак материалларни қуритиш жараёни тадқиқ этилган (University of Calabria); шифобахш ўсимликлар сорбция ва десорбцияси (Spanish National Research Council, University of Campinas); ўсимлик материалларининг термодинамик хоссалари аниқланган (AgroParisTech); шифобахш ўсимликларнинг теплофизик хоссалари (Istanbul technical university); ўсимлик материал таркиби тадқиқ этилган (VetAgro SUP); гелиоқуритиш жараёнининг энергетик ва эхсергетикаси (Recer Tayyip Erdogan University); сув ўсимликларни қуритишдаги иссиқлик масса алмашилиш жараёни моделлаштирилган (Kahramanmaraş Sutcu İmam Universitesi); фазавий ўтишли

² www.ipb.ac.id, www.iagre.org, www.unios.hr, www.erdogan.edu.tr, www.ksu.edu.tr, www.itu.edu.tr, www.cornell.edu, www.psu.edu, www.nrel.gov, www.unical.it, www.agroparistech.fr, www.uca.fr, www.csic.es, www.unicamp.br, www.tanta.edu.eg, www.tugraz.at, www.uwaterloo.ca, www.renewability.com, www.mgupp.ru, www.kniihpsp.ru, www.tdtu.uz, www.tkti.uz, www.urmon.uz ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

ғовак материалларни қуритиш жараёни моделлаштирилган (Cornell University); ҳаво оқимидаги самарали иссиқлик алмашиниш жараёни (National Renewable Energy Laboratory); иссиқлик, сув ва буғ диффузияси моделлаштирилган (Swedish Institute for Food and Biotechnology); ғовакли материални қуритиш кинетикаси аниқланган (Tanta University); қуёш коллекторлари ишлаб чиқилган (Pennsylvania State University); қуёш энергиясидан потенциал фойдаланилган (Graz technology university); ҳаво иситувчи пластинкали қуёш коллекторлари такомиллаштирилган (Waterloo university).

Дунёда қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда энергиятежамкор қурилмалар ишлаб чиқиш бўйича қатор, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан, қуритилган маҳсулот сифатини сақлаш; қуритишда қуёш энергиясидан фойдаланиш; биологик фаол моддалари юқори шифобахш ўсимликлар учун қуритиш қурилмаси ишлаб чиқиш; қуритиш технологиясини такомиллаштириш (гелио, табиий, конвектив, инфрақизил); иссиқлик агенти ҳаракатланиш усулини ишлаб чиқиш (эркин, мажбурий); капилляр-ғовакли материаллар (барглар, илдизлар, мевалар ва ҳ.к.) ни қуритиш усуллари такомиллаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Адабиётлар шарҳи натижалари бўйича қуритиш жараёнини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилган. Жумладан, К.Yudistira, J.Müller, D.Veli`c, A.Kaya, A.Halder, V.Calabro, K.Thorvaldsson, Z.Wang, B.Catherine, M.J.Fabra, V.M.Silva, A.Midilli, A.A.El-Sabaii, H.Schweiger, O.Beraat, G.Gurbuz, A.Ait-Kaddour, K.G.T.Hollands, W.Hasler, C.F.Kutscherлар талаб этилган биофаол сифатга эга озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борган, қуритиш жараёни такомиллаштирилган, қурилмалар ишлаб чиқилган; А.В.Лыков, А.С.Гинзбург, В.В.Кафаров, Б.С.Сажин, П.А.Ребиндер, Б.М.Касымбаев, О.С.Натареев, А.В.Нестеров, П.Д.Лебедев, С.Г.Ильясов, И.Б.Левитинлар қуритиш жараёнининг назариясини тадқиқ этган, иссиқлик оқимининг қуритиш жараёнига таъсирини ўрганишган; Ўзбек олимларидан Н.Р.Юсупбеков, З.С.Салимов, А.Ф.Сафаров, Ж.М.Курбанов, А.А.Артиков, Х.С.Нурмухамедов, К.О.Додаев, Х.Ф.Джураев, К.Т.Норкулова ва б. озиқ-овқат маҳсулотларини қуритиш жараёни ва аппаратлари, қуритиш технологиясини такомиллаштириш бўйича самарали тадқиқотлар олиб боришган.

Аммо ушбу ишларда қуритиш жараёни параметрларини тадқиқ этишга, шифобахш ўсимликларни қуритиш технологияси ва шулар асосида энергия ва ресурстежамкор қуритиш қурилмалари ишлаб чиқаришга яхлит ёндошиш муҳокама қилинмаган. Муносиб энергия сарфи бўйича самарадор қуритиш қурилмалари яратилмаган, ўрмон ўсимлик хомашёсининг иссиқлик-физик тавсифи етарли ўрганилмаган ва уларни қуритиш технологияси яратилмаган. Шифобахш ўсимликларни қуритиш қурилмалари тайёрлашнинг назарий асослари керакли даражада ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммоларни ечишда кам харажатли қурилма ишлаб чиқиш, хомашё исрофланишини камайтириб, сифатли маҳсулот тайёрлаш жараёнини амалга оширишнинг долзарблигини белгилайди.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №ЁА-3-9 «Ўрмон хўжалиги маҳсулотларини қуритиш учун юкорисамарадор энерготежамкор конвектив қуритиш қурилмасини ишлаб чиқиш» (2015-2017 йй.) ва №С-И-19 «Доривор ўсимликларни биофаол моддаларини сақланган ҳолда қуритадиган импорт ўрнини босувчи инновацион қурилмани яратиш ва фармацевтика саноатига жорий этиш» (2019-2021 йй.) лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қуритиш назариясини такомиллаштириш ва доривор ўсимликлар таркибидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда қуритиш учун гелиосувиситгичли қурилмани ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

доривор ўсимликлар таркибидаги намлик турларини тадқиқ этиш ва уларнинг иссиқлик-физик ва кимёвий тавсифини шакллантириш;

доривор ўсимликларни биологик фаол моддаларини сақлаб қолишда қуритиш жараёнининг маълум назарий натижалари ва математик моделларининг хусусиятларини ўтганиш;

доривор ўсимликларни қуритишнинг замонавий техника ва технологиясини таҳлил қилиш;

тизимли таҳлил асосида гелиосувиситгичли конвектив қурилмада жараённинг кўп босқичли компьютер математик моделининг методологиясини ишлаб чиқиш;

қуритиш қурилмасининг гелиосувиситгичли коллектори ва газларни чиқарувчи қузури математик моделини ишлаб чиқиш;

гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг тажриба-саноат конструкциясини ишлаб чиқиш ва унда доривор ўсимликларни қуритиш жараёнини экспериментал тадқиқ этиш, самарали технологик режимни аниқлаш;

гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмаси учун оптимал ечимини топиш;

тизим таҳлили нуқтаи назаридан рационал қуритиш режимларини, энергия сарфини тежашнинг асосий параметрларини ва уларни доривор ўсимликларни қуритиш технологик режимларига ўзаро таъсирини аниқлаш;

диссертация тадқиқотларини амалга ошириш давомида олинган натижаларнинг саноат миқёсида олиб борилишини амалга ошириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ўрмон хўжалиги маҳсулоти бўлган – доривор хусусиятлари сақланиб қолиши талаб этиладиган ўсимликлар (*занжабил (Zingiber)*, *газанда ўт барғи (Urtica)* ва *андиз илдизи (Inulae rhizomata et radices)*) олинган.

Тадқиқотнинг предметини қуритиш жараёнига хос бўлган қонуниятлар, сувиситгичли конвектив қуритиш қурилмаси ва ундаги жараён технологияси, доривор ўсимликларнинг сорбция изотермаси, маҳсулотни қуритиш тезлиги прогнози, қуёш коллектори коллектор пластинасининг самаралилиги ва тадқиқ этилаётган объектнинг режим параметрлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда мураккаб техник ва технологик системаларнинг тизимли таҳлили ва синтези методологияси қўлланилган, кимёвий ва озиқ-овқат технологиялари назарий методлари амалга оширилган, кимёвий ва озиқ-овқат саноати жараён ва аппаратлари, математик моделлаш ва мақбуллаштириш, кимё-технология жараёнлари ва саноати усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қуритилган доривор ўсимликлар сифат кўрсаткичлари ҳамда тайёр маҳсулотнинг иссиқлик-физик тавсифи, кимёвий таркиби аниқланган;

харорат мувозанати, қуритилаётган материал массаси, қуритиш материали учун энергия вазифасини ўтувчи жараёнда сувнинг газ фазасига ўтиш миқдори аниқланган;

иқлим шароитларини ҳисобга олган ҳолда қуёш энергиясидан фойдаланиб қуритиш жараёнининг математик модели тузилган, қуритиш технологиясининг мақбул параметрлари танланган;

қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда қуритиш жараёни учун энергия сарфини 26-28% камайтириш имконини берадиган усул ишлаб чиқилган;

доривор ўсимликларни қуритиш учун энергия ва ресурстежамкор гелиосувиситгичли қурилманинг янги конструкцияси яратилган;

биологик фаол моддаларни 90-95% сақлаб қолиш имконини берадиган доривор ўсимликларни қуритиш жараёни технологияси ишлаб чиқилган;

доривор ўсимликлар ишлаб чиқариш саноати учун маҳсулотни қуритиш жараёнини тенг амалга оширувчи, иссиқлик оқими йўналиши тўғри ташкил этилган сувиситгичли гелиоқуритиш қурилмаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

доривор ўсимликларни хусусиятларини сақлаган ҳолда қайта ишлайдиган самарали гелиосувиситгичли қурилма ишлаб чиқилган;

тадқиқ этилаётган материалларнинг иссиқлик-физик хоссаларини ҳисобга олган ҳолда шифобахш ўсимликларни гелиосувиситгичли қурилмада қуритиш жараёнининг технологик параметрларини аниқлаш имконини берувчи самарали технология яратилган;

қуритиш технологиясининг ўрганилган қонуниятлари асосида гелиосувиситгичли қурилмада қуритиш тезлигини олдиндан аниқлаш моделини қўллаб қуритиш жараёнининг мақбул усули ишлаб чиқилган;

гелиосувиситгичли қурилмада қуритилган доривор ўсимликларни таққослаб таҳлил этиш натижасида занжабил илдизида 3,51%, газанда ўт баргларида 1,26%, андиз илдизида 5,11% мой мавжудлиги аниқланган;

турли усулда қуритилган ўсимлик намуналарининг кўрсаткичлари юқори самарали суюқ хроматография усулида аниқланиб, таққосланди, сувда эрувчан витаминлар: тиамин (B1), рибофлавин (B2), пиродоксин (B6), фолий кислотаси (B9), аскорбин кислотаси (C) ва никотин кислоталар (PP) миқдорини юқори даражада сақлаб қолиш имконини таъминлаб берадиган қурилма яратилган;

қуритиш жараёнини тадқиқ этишнинг C++ Builder 6.0 муҳитдаги АИС РУз №DGU 07094 29.10.2019 й ва №DGU 07724 12.02.2020 й қайд этилган дастури ишлаб чиқилган;

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Математик моделлаштириш жараёни учун бошланғич тажриба натижаларини олинганлиги ва натижалар юқори аниқликда ўлчаш асбоблари ёрдамида олинганлиги, MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0, Windows, Microsoft Excel каби замонавий операцион муҳитлар ёрдамида компьютерда моделлаштирилганлиги, жараённинг статистик моделига эга бўлган регрессион тенгламалар олинганлиги ҳамда лаборатория шароитида олинган натижаларни тажриба-саноат тадқиқотларида фойдаланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олдиндан сувсизланаётган материалнинг қатламларидаги ҳарорат ва намлик мавжудлигини, уларнинг сўнгги қийматларини аниқлаш имкониятларини таъминлаш, барча шифобахш ўсимликлар учун ГАБ изотермаси модели ёрдамида экспериментал нуқталарни текислаш, маҳсулотни қуритиш тезлигини олдиндан аниқлаш учун математик моделлаштириш, ютиш пластинаси самарадорлигига асосланган шаффоф куёш коллекторлар учун фойдаланиш модели, камерадаги маҳсулот солинган тагликдан иборат, зоналарга бўлинган қуритиш камерасининг модели, оқим тезлиги ва ҳароратни қайта баҳолаш аънасига эга модель, шифобахш ўсимликларни қуритиш схемасига мақбул иссиқлик беришни илмий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти доривор ўсимликларни шифобахш хусусиятларини сақлаб қуритиш учун самарадор гелиосувситгичли қуритиш қурилмаларини ишлаб чиқиш, уларнинг мавжуд бўлган қурилмалар билан таққослаш ҳамда техник-иқтисодий кўрсаткичларини аниқлашга, хомашёни қайта ишлашда йўқотишларни минимумга туширишга, қуритиш қурилмасини эксплуатацион техник шартларини тайёрлашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Доривор ўсимликларни шифобахш қуритиш гелиосувситгичли қурилмаси ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

энергиятежамкор қуритиш қурилмаси Поп тумани ихтисослашган давлат ўрмон хўжалигида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ўрмон хўжалиги қўмитасининг 2020 йил 14 майдаги 05/12-1326-сон маълумотномаси). Натижада, энергиятежамкор қуритиш қурилмаси қўлланилганда энергия сарфини 26-28% га камайтириш имконини берган;

куёш энергиясидан самарали фойдаланган ҳолда қуритадиган қуритиш технологияси Поп тумани ихтисослашган давлат ўрмон хўжалиги корхонасида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ўрмон хўжалиги қўмитасининг 2020 йил 14 майдаги 05/12-1326-сон маълумотномаси). Натижада, шифобахш ўсимликларни қуритиш миқдори 1,6 маротаба ошириш, хомашёнинг йўқотилишини 14% га камайтириш имконини берган;

гелиосувситгичли қурилманинг янги конструкцияси Поп тумани ихтисослашган давлат ўрмон хўжалиги корхонасида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси ўрмон хўжалиги қўмитасининг 2020 йил 14 майдаги №05/12-1326 рақамли далоларномаси). Натижада, биологик фаол моддалари сақланган сифатли 90-95% тайёр маҳсулот олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та халқаро ва 8 та республика илмий-техник конференцияларда тақдим этилиб муҳокамадан ўтган ва маъқулланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 46 та илмий иш, жумладан, 2 та монография, 10 та илмий мақола, булардан 5 та халқаро журналларда, 5 та республика журналларида чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, олтита боб, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва 10 та иловадан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 200 бетдан иборат бўлиб, 103 та расм ва 19 та жадвални ўз ичига олади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ТАРКИБИ

Кириш қисмида мавзунинг долзарблиги ва аҳамияти, мақсад ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасининг фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари билан мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари ёритилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, саноатга татбиқ этиш ҳолати ҳақида маълумотлар шакллантирилган, натижаларнинг чоп этилганлик даражаси ҳақида маълумотлар келтирилган, диссертация ишининг ҳажми ва тузилиши ҳақида маълумот берилган.

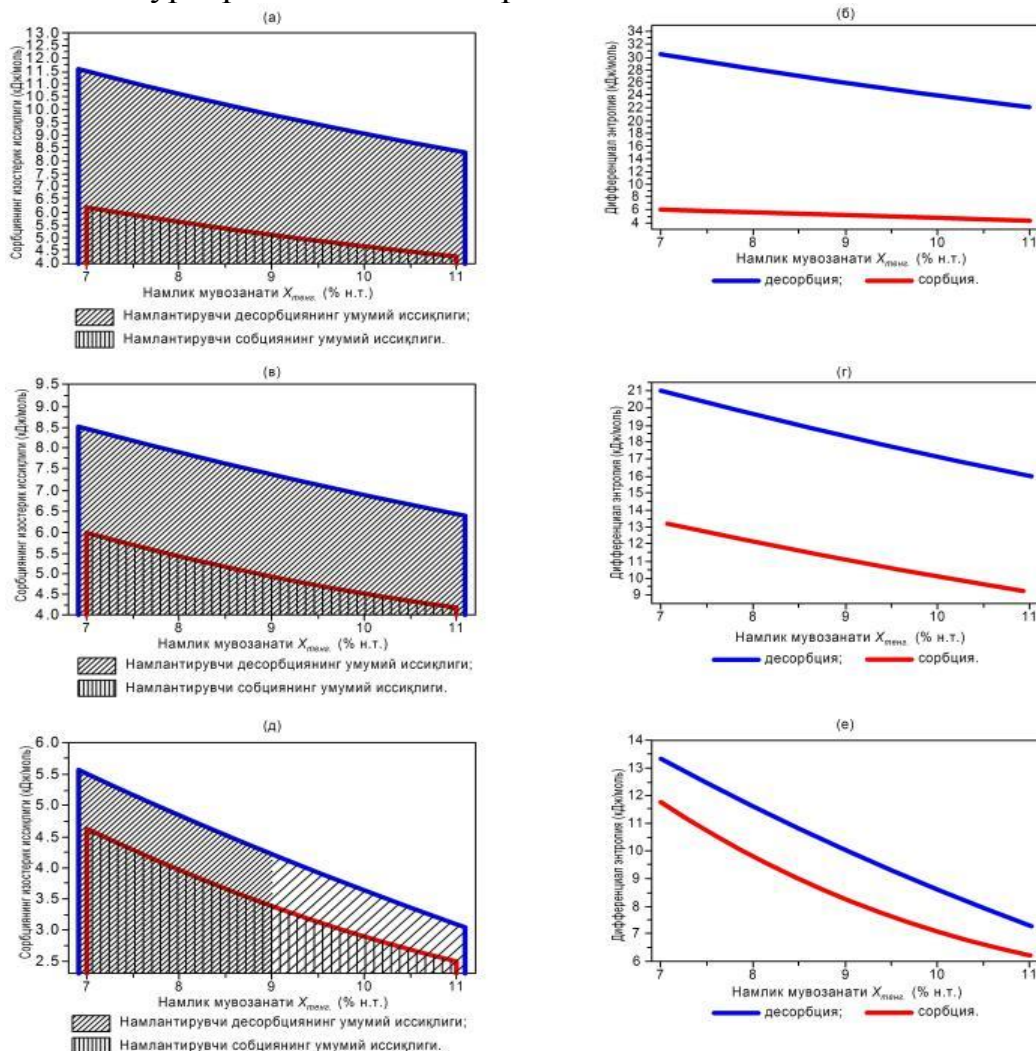
Диссертациянинг «**Муаммонинг ҳолати ва тадқиқот масалалари**» деб номланган биринчи бобида маҳаллий хомашё асосида дори ва фармацевтика маҳсулотлари ишлаб чиқаришнинг замонавий ҳолати таҳлил қилинган ва ривожланиш истиқболлари ёритилган. Мавжуд жараёнлар, қуёш энергиясида ишловчи қурилмалар ва доривор ўсимликларни қайта ишлаш ҳақида, ўсимлик хомашёсидаги намлик турлари, қуритиш ускуналарида қиздириш жараёнининг математик моделлари, қуритиш ускуналари схемаларини ҳисоблаш, лойиҳалаш ва доривор ўсимликларни саноатда қайта ишлаш усуллари ҳақида илмий адабиётлар таҳлили амалга оширилган.

Адабиёт манбааларининг таҳлили қуёшли қуритиш қурилмаларининг математик моделлаштирилиш усулида, қуритиш технологиясининг мақбул технологиясини танлашда иқлим шароитларини ҳисобга олган ҳолда тадқиқ этилмаганлиги, саноат гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг модели йўқлигини кўрсатди, бу эса юқори сифатли қуритилган шифобахш ўсимлик маҳсулоти олиш технологиясини яратишга тўсқинлик қилади. Ушбу бобдаги мавжуд материаллар таҳлили асосида асосий мақсад ва вазифалар шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Шифобахш ўсимлик хомашёсининг иссиқлик-физик тавсифини тадқиқ этиш**» деб номланган иккинчи бобида намликнинг материал билан боғланиш шакл ва турларини тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Намликни занжабил (*Zingiber*) илдизи, газанда ўт (*Urtica*) барги, андиз (*Inulae rhizomata et radices*) илдизи каби материалларнинг сифат кўрсаткичларини ташкил этувчи боғланиш туридан келиб чиқиб, боғланиш энергиясининг аниқланган миқдори келтирилган. Шифобахш ўсимликларни қуритишнинг изотермаси Истамбул техника университетида олинган. Намликнинг турли ҳароратдаги сорбция ва десорбцияси бўйича олинган маълумотлар сорбцион жараёнларнинг асосий ролини белгилайди.

3-даражали функция бўйича моделлаштирилган изотерма тавсифи таклиф этилган, сувнинг фаоллиги (a_w) газанда ўт баргида 0,289, занжабил илдизида 0,344, андиз илдизида 0,325 ни ташкил этади. Тажриба йўли билан олинган барча графиклар фаол консервалаш (0,3) нинг ягона мақбул фаоллигининг сувнинг турли мувозанат микдоридидаги (куруқ андизда 2,6%, газанда ўт баргида 5,6%, занжабил илдизида 11%) псевдо босқичини ташкил этади.

Намлашни умумий иссиқлигининг намлик микдори интервали (6,5–11,5%) учун қиймати таклиф этилган (кДж/моль куруқ шифобахш ўсимлик). Газанда ўт барги учун сорбция 20,97, занжабил илдизи учун 18,21, андиз илдизи учун 13,65 ни ташкил этади, десорбция эса, газанда ўт барги учун 40,92, занжабил илдизи учун 30,75, андиз илдизи учун 17,09 ташкил этади. Натижада намлашнинг умумий иссиқлик микдори (6,5–11,5%) интервалда ҳамма намуналар учун сорбцияга нисбатан десорбция бўйича юқори. Натижада газанда ўт баргидаги намликни қуриштириб камайтириш учун сарфланадиган энергия микдори бошқа тадқиқ этилган турларга нисбатан юқори.



1-расм. Газанда ўт барги учун соф изотерманинг изостерик иссиқлиги (a); занжабил (b); андиз (d); ва газанда ўт барги учун намликнинг мувозанат микдори функцияси кўринишидаги дифференциал энтропия (b); занжабил (g); андиз (e).

Говакли қаттиқ жисмларда диффузияни вужудга келтириш учун чўзиш босими (π)– ёки юза потенциалдан фойдаланилган. У ортиқча эркин энергия бўлиб, сорбция амалга ошадиган молекулалар ютилиши туфайли қопламасиз қолган юзалар бўлақларининг тортилишини кўрсатади. Тарқалиш босимининг юқори кўрсаткичи сув молекулаларининг фаол жойларга яқинлигини кўрсатади.

$$\pi = \frac{K_B T}{A_m} \int_0^{a_w} \frac{\theta}{a_w} da_w \quad (1)$$

бунда, K_B – Больцман доимийси ($1,380 \times 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$); A_m –сув молекуласининг юзаси ($1,07 \times 10^{-19} \text{ м}^2$); намликнинг нисбати ҳарорат орқали аниқланади $\theta = X_{равн} / X_m$, T (К).

ГАБ модели формуласи ва θ/a_w –ни қўйиш асосида (1) ифодадаги интеграл аналитик усулда таҳлил қилиниши мумкин, бу эса π учун математик ифода тузишга келтиради (2):

$$\pi = \frac{K_B T}{A_m} \ln \left[\frac{1 - B a_w + C a_w}{1 - B a_w} \right] \quad (2)$$

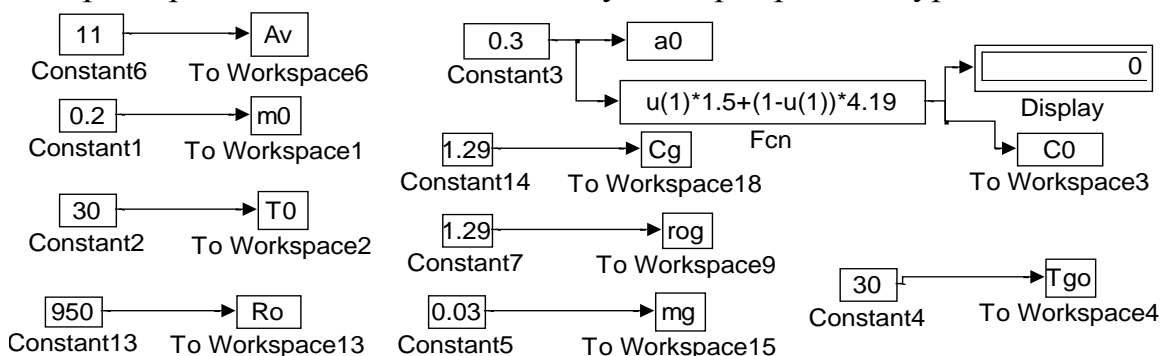
бунда, B ва C – ГАБ модели константалари.

Газанда ўт барги, занжабил ва андиз илдизининг турли ҳароратда оқиш босими (π) (1) ва (2) тенгламалар ёрдамида аниқланган, графиклари 1-расмда тақдим этилган.

Сорбциянинг соф изотермик иссиқлиги намлик миқдори билан кучли боғланишни кўрсатади (1-расм). У мувозанат намлиги катталаниши билан камаяди. Сорбция изотермасининг максимал соф иссиқлиги намликнинг паст мувозанат қийматида сув ва шифобахш ўсимликлар молекулаларининг орасидаги боғлиқлик фаолроқ сорбцион жойларда вужудга келади, қаттиқ ўзаро таъсирни вужудга келтиради.

Диссертациянинг «Гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмасида материалларни қуритиш жараёнини математик моделлаштириш» номли учинчи бобда гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмасида (ГСҚК) материалларнинг қуритиш жараёнини моделлаштириш тадқиқотларининг натижалари келтирилган.

Компьютер моделида дастлабки маълумотлар, жумладан гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмасининг кириш параметрлари қийматлари киритилади. Бошланғич маълумотлар 2-расмда кўрсатилган.

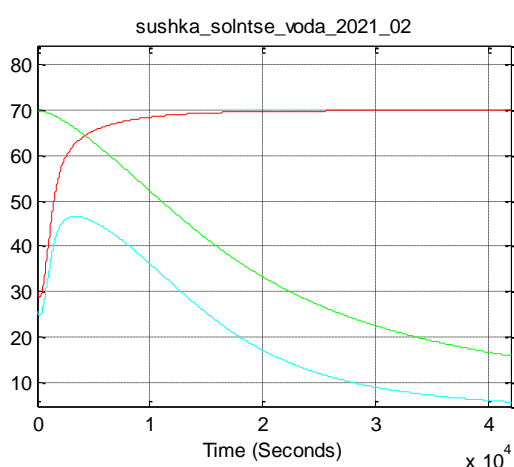


2-расм. Гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмаси ҳисобининг дастлабки маълумотлари (кириш параметрлари)

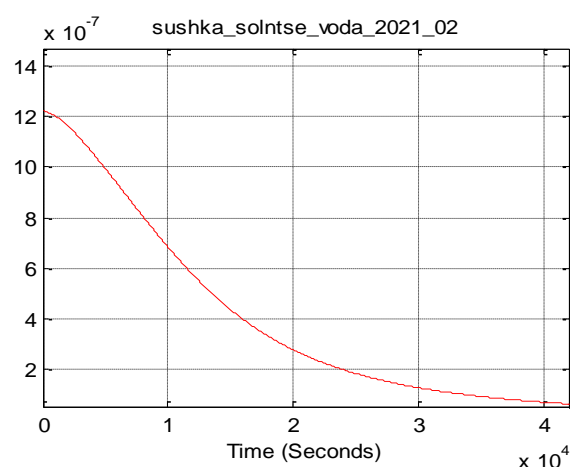
Компьютер модели орқали материалнинг гелиосувиситгичли конвектив қурилмада қуришиш жараёнининг автоматлаштирилган ҳисоби амалга оширилган.

Компьютер моделида занжабил иллизини қуришиш жараёнидаги параметрларини ўзгартириш мисолида гелиосувиситгичли конвектив қуришиш қурилмасида барча параметрлари ҳисоблаб кўриб чиқилади. Турли иссиқлик узатиш ва масса узатиш коэффицентлари қийматларини бериб йўналтирилган тасодифий излаш методини қўллаб адекват модели топилди. 3-расмда адекват компьютер моделининг эгри чизиқлари кўрсатилган.

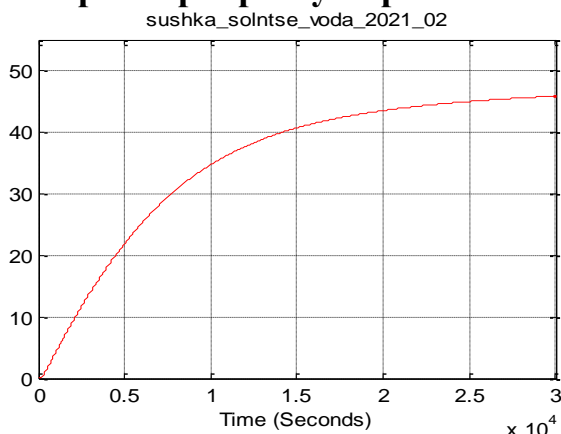
Кейин компьютерли адекват моделда гелиосувиситгичли конвектив қуришиш қурилмасининг қолган асосий параметрлари ҳисобланган ва кўриб чиқилган (3-6 расм).



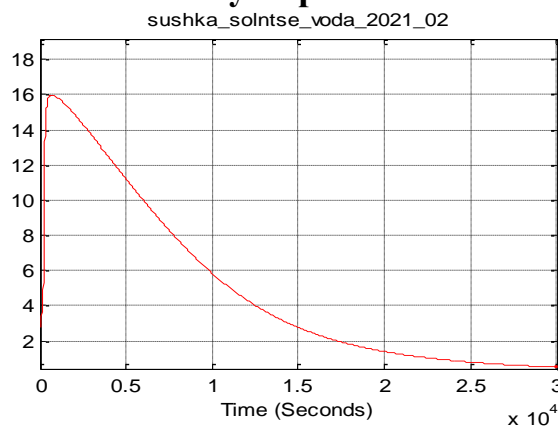
3-расм. ГСҚҚ нинг адекват компьютер моделида занжабил иллизини қуришиш жараёнидаги параметрларни ўзгариши



4-расм. ГСҚҚ да занжабил иллизини қуришишдаги масса ўтказиш коэффицентининг ўзгариши



5-расм. ГСҚҚ да буғланаётган сув сарфининг ўзгариши



6-расм. ГСҚҚ да занжабил иллизини қуришиш жараёнидаги сув буғи парциал босимининг ўзгариши

Расмда материал ҳароратининг мувозанати, қуришилаётган материалнинг концентрацияси ва материалнинг ҳарорати ўзгариши эгри чизиқларда кўрсатилган. Кўриниб турганидек, қуришиш жараёни давомида материалнинг

концентрацияси ва намлиги, ҳавонинг намлиги, қуритилаётган материалнинг вазни, масса ўтказувчанлик коэффициентлари, сув буғининг парциал босими, материалнинг мувозанат ҳарорати пасайиб, доимий қийматга яқинлашиб борган, жумладан, ҳарорат ҳам пасайиб сарфланаётган энергия миқдори кўтарилиб борган.

Гелиосувситгичли қуритиш қурилмасида кечадиган қуритиш жараёнининг оптимал шароитини аниқлаш комплекс ишлаб чиқаришнинг максималлаштириш мезони бўйича гелиосувситгичли қуритиш қурилмасининг бир неча аппаратлардан ташкил топган. Гелиосувситгичли қуритиш қурилмасининг оптимал сони қуритиш бирлиги тизимида 3 га тенг бўлиши аниқланган.

Диссертациянинг «Гелиосувситгичли қуритиш қурилмасининг тизимли моделини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи бобида гелиосувситгичли қуритиш қурилмаси системаси моделида қуритиш жараёнини тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Ушбу тадқиқотлар мақсади гелиосувситгичли қуритиш қурилмасини ишлаб чиқиш ва занжабил илдизи (*Zingiber*) ҳамда бошқа шифобахш ўсимликларни қуритиш жараёнини тадқиқ этишдан иборат. Система модели MATLAB дастурида бир неча кичик функциялардан фойдаланиб, системани кичик системаларга бўлиб тадқиқ этилган. Қуритгичнинг модели кириш маълумотларини коллектор моделидан (асосий дастур орқали юборилган) олади ва маҳсулотларни қуритиш модели билан ўзаро таъсир кўрсатади. Чиқиш газларни чиқариш қуварининг моделига асосий дастур орқали тушади. 7-расмда қуритиш камерасининг MATLAB дастурининг учумий схемаси келтирилган.

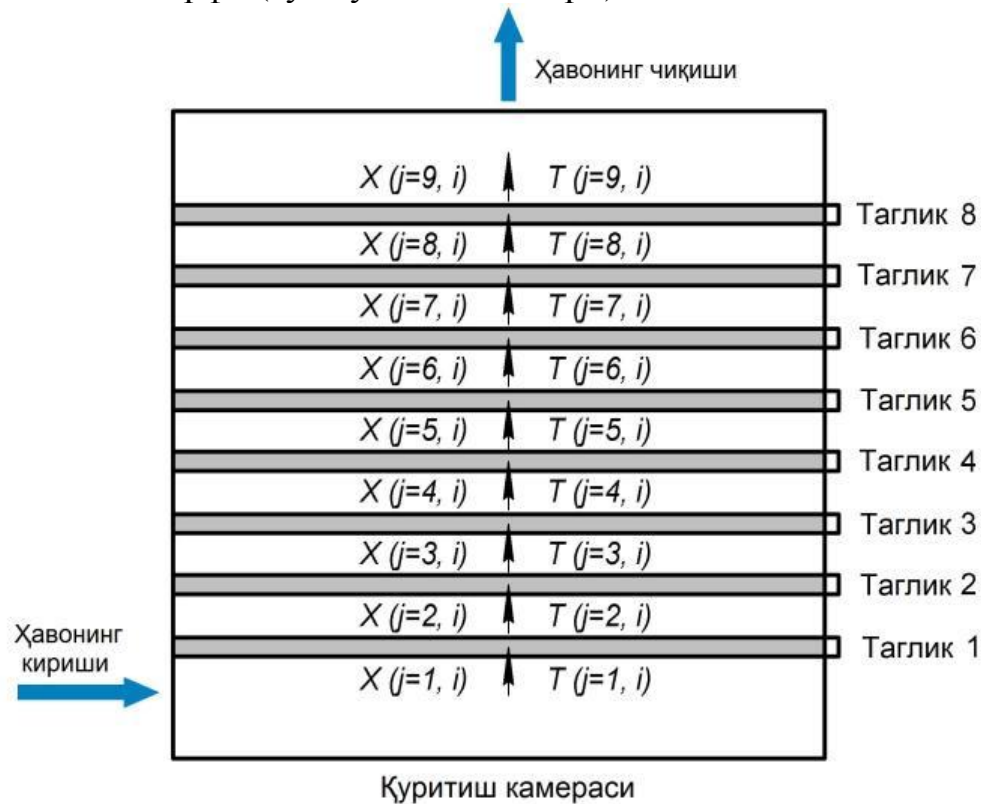


Ҳар бир таглик системада ўз зонасини ташкил этади. Масалан, биринчи зонада биринчи таглик жойлашган, қуёш коллекторларидан кириш сигналларини қабул қилади ва иккинчи зонага узатади. Системани зоналарга бўлиб, занжабил илдизи учун намлик миқдорини ҳар бир тагликда аниқлаш мумкин, шунда тагликлар миқдори ҳам аниқланади (8-расм).

Занжабил намлиги буғланиб ҳавога аралашганда намликнинг янги коэффициенти қуйидагича ҳисобланади:

$$X_{(j+1)} = X_{(j)} + \frac{\dot{m}_{\text{вод.}(j)}}{\dot{m}_{\text{воз.}}} \quad (4)$$

бунда, $X_{(j+1)}$ - зонадан чиқаётган намлик коэффиценти; $X_{(j)}$ - зонага кираётган намлик коэффиценти; $m_{вод.(j)}$ - маҳсулот юзасидан буғланаётган сув буғининг массавий сарфи, маҳсулотни қуриштириш модели орқали аниқланади; $m_{воз.}$ - қурук хавонинг массавий сарфи (сув буғидан ташқари).



j -фазовий тугун; i -тугун вақти.

8-расм. Қуриштириш камерасининг схемаси (тагликлар миқдори ишлатувчи томонидан аниқланади)

Тенгламадан чиқарилган намлик коэффиценти қурук бўлади. Намликнинг намлик асосига нисбатини топиш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади (5):

$$w_{(j+1)} = \frac{X_{(j+1)}}{1+X_{(j+1)}} \quad (5)$$

Нам материалнинг кўрсаткичлари қуриштириш модели учун кириш параметри ва кейинги қадамни ечишда фойдаланиш учун асосий дастурда сақланади. Иссиқлик энергияси намликнинг маҳсулот юзасидан узилиб кетиши учун сарфланиб, юза совийди. Энтальпия юзанинг барча қисми бўйича доимий бўлгани учун стационар системада қуйидаги энергетик баланс кўринишида тақдим этилиши мумкин:

$$\dot{m}_{воз.}(h_{вн.} - h_{вых.}) = q_{пот.} \quad (6)$$

бунда, $h_{вн.}$ - бўшлиқдаги энтальпия; $h_{вых.}$ - зонани тарқ этаётган энтальпия; $q_{пот.}$ - бўшлиқдаги иссиқлик йўқотишлари.

Энтальпия ҳарорат ва намлик нисбати орқали қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$h = T(1,01 + 1,89X) + 0,0025X \quad (\text{кДж/кг}) \quad (7)$$

(6) ва (7) тенгламаларни бирлаштириб, қуриш зонасидан чиқётган ҳароратни қуйидагича аниқланиши мумкин:

$$T_{A(j+1)} = \frac{T_{A(j)}(1,01+1,89X_{(j)})+0,0025(X_{(j)}-X_{(j+1)})-\frac{q_{\text{пот.}}}{m_{\text{воз.}}}}{1,01+1,89X_{(j+1)}} \quad (8)$$

бунда, $T_{A(j+1)}$ - зонани тарк этаётган ҳарорат; $T_{A(j)}$ - зонага кираётган ҳарорат; C_p - ҳавонинг бирлик иссиқлиги.

Йўқотишлар нольга тенг деб фараз қиламиз.

Қуёш коллекторининг модели чиқишдаги ҳарорат ва намликни, атроф-муҳит ҳарорати ва намлигини аниқлайди. 9-расмда MATLAB нинг кодлашнинг жойлашиши кўрсатилган.



9-расм. Қуёш коллекторини коқлаш схемаси

Турғун, ривожланган структурали қуёш коллекторининг самаралилигини қуйидаги тенглама ифолайди:

$$\eta = \frac{\alpha_{\text{солн.}}}{1 + \frac{h_r}{\epsilon \rho C_p V_B}} \quad (9)$$

бунда, $\alpha_{\text{солн.}}$ - абсорбер юзасининг қобиляти; h_r - абсорбер юзасидан атроф-муҳитга радиацион иссиқлик йўқотилишининг коэффиценти; ϵ - коллектор юзасидаги иссиқлик алмашинишининг самаралилиги; V_B - сўриш тезлиги; ρ - ҳаво зичлиги; C_p - ҳавонинг иссиқлик сиғими.

Сўриш тезлиги тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$V_B = \frac{\dot{V}}{A_K} \quad (10)$$

бунда, V - системанинг ҳажмий сарфи; A_K - коллектор юзасининг майдони. h_r учун тенглама қуйидаги кўринишга эга:

$$h_r = \epsilon_n \frac{\sigma(T_n^4 - T_\infty^4)}{T_n - T_\infty} \quad (11)$$

бунда, ϵ_n - абсорбер пластинасининг нурлаш коэффиценти; σ - Стефан-Больцман доимийси; T_n - пластина ҳарорати; T_∞ - ароф-муҳитдаги ҳаво ҳарорати.

Самарадор моделни ишлаб чиқиш учун умумий самарадорликни унинг таркибга бўламиз: пластинанинг биринчи бўлимидаги самарадорлик, пластинадаги тешиқлар орқали аниқланади. (12-15) тенгамалар ҳар бир самарадорликни кўрсатади:

$$\epsilon = \frac{T_o - T_\infty}{T_n - T_\infty} \quad (12)$$

$$\epsilon_n = \frac{T_{o1} - T_\infty}{T_n - T_\infty} \quad (13)$$

$$\epsilon_o = \frac{T_{o2} - T_{o1}}{T_n - T_o} \quad (14)$$

$$\epsilon_3 = \frac{T_o - T_{o2}}{T_{\pi} - T_{o2}} \quad (15)$$

бунда, T_{o1} - тешикга киришдаги ҳавонинг ўртача ҳажмий ҳарорати; T_{∞} - атроф-муҳитдаги ҳаво ҳарорати; T_{π} - ютувчи пластина ҳарорати; T_{o2} - тешикдан чиқишдаги ҳавонинг ўртача ҳажмий ҳарорати; T_o - коллекторни ички қисмининг ўртача ҳажмий ҳарорати; ϵ_n -пластинанинг олд қисми учун самаралилик; ϵ_o -тешик орқали самаралилик; ϵ_3 -пластинанинг орқа қисмидаги самаралилик.

Ҳосил бўлган газларни чиқаруви қувур моделидан система орқали ҳажмий сарфни аниқлаш учун фойдаланилади. Ҳосил бўлган газларни чиқариш қувури ҳаво оқимининг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади. Система бўйича сузувчанлик кучи ва босимнинг йўқолиши ҳисобга олиниши керак.

Прототипнинг ҳар бир компоненти учун сузувчанлик кучи: қуёш коллектори, қуритиш камераси ва ҳосил бўлган газларни чиқариш қувури ягона тенгламадан фойдаланиб ҳисобланган:

$$\Delta P = gH\Delta\rho \quad (16)$$

бунда, ΔP - компонентдаги босимлар фарқи; g - стандарт доимий гравитацион тезланиш; H - компонентнинг вертикал баландлиги; $\Delta\rho$ - ҳар бир компонентдаги ҳаво ва системадаги ҳаво зичликларининг фарқи.

(16) тенглама ҳар бир компонент учун ечилиши ва ҳаво оқимининг умумий босимини аниқлаш учун суммаланиши мумкин, сарфни аниқлаш учун бу тизим босимининг тенг йўқотилиши тақиқланади. Коллектор учун босимнинг йўқотилиши қуйидагича моделлаштирилган:

$$\Delta P = \frac{1}{2} f_{\text{колл.}} \rho V^2 \quad (17)$$

бунда, ρ - ҳаво зичлиги; V - сўрилиш тезлиги; $f_{\text{колл.}}$ - эмпирик йўл билан аниқланади:

$$f_{\text{колл.}} = 6,82 \left(\frac{1 - \sigma_{\pi}}{\sigma_{\pi}} \right)^2 Re_h^{-0,236} \quad (18)$$

бунда, σ_{π} - ютгич пластина ғоваклиги; Re_h - коллектор моделидаги каби аниқланади.

Ҳар бир тагликда босим йўқолишини аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилган:

$$\Delta P = \frac{f_{\text{кам.}} \rho_{\text{кам.}} \dot{V}^2}{2A_{\text{дост.}}^2} \quad (19)$$

бунда, $\rho_{\text{кам.}}$ - қуритиш камерасидаги ҳавонинг ўртача зичлиги; $A_{\text{дост.}}$ - ҳавонинг таглик орқали ҳаракатланиши бўшлиғи; \dot{V} - системанинг ҳажмий сарфи; $f_{\text{кам.}}$ - қуйидагича аниқланади:

$$f_{\text{кам.}} = \frac{22}{Re_{\text{кам.}}} + 1,3(1 - \sigma_{\text{пор.мат.}}) + \left(\frac{1}{\sigma_{\text{пор.мат.}}} - 1 \right)^2 \quad (20)$$

бунда, $Re_{\text{кам.}}$ - Рейнольдс сони, қуритиш камераси орқали кетаётган ҳаво; $\sigma_{\text{пор.мат.}}$ - тагликларни ясашга ишлатиладиган элак материалининг ғоваклиги.

Бу модель элак тўлганини ҳисобга олмайди, доирасимон металл симдан ясалган, коррозияланмайди, Рейнольдс сони 50-дан камроқни ташкил этади. 7-расмда MATLAB нинг умумий схемаси кўрсатилган.



10-расм. Ҳосил бўлган газларни чиқариш қувурининг модели

Намлиқнинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$M_{w.и.} = \frac{m_w}{m_w + m_c} \quad (21)$$

бунда, m_w - материалдаги сув массаси; m_c - қуруқ материал массаси.

Қуруқ асосдаги намлиқ миқдори қуйидагича аниқланади:

$$M_{с.и.} = \frac{m_w}{m_c} \quad (22)$$

$$\Delta MC_{с.и.} = \sqrt{\left(\frac{1}{m_{с.и.}}\right)^2 \Delta m_{п.и.}^2 + \left(-\frac{1}{m_{с.и.}}\right)^2 \Delta m_t^2 + \left(-\frac{m_{п.и.} - m_t}{m_{с.и.}^2}\right)^2 \Delta m_{с.и.}^2} \quad (23)$$

$$\Delta MC_{w.и.} = \sqrt{\left(\frac{1}{m_{w.и.}}\right)^2 \Delta m_{с.и.}^2 + \left(\frac{m_{с.и.}}{m_{w.и.}^2}\right)^2 \Delta m_{w.и.}^2} \quad (24)$$

бунда, $m_{с.и.}$ - занжабил қуруқ илдизининг массаси; $m_{п.и.}$ - таглик ва занжабил илдизи массаси; m_t - поддон массаси; $m_{w.и.} = m_{п.и.} - m_t$.

Коллекторнинг самарадорлиги (23) билан ҳисобланган. Коллектор ҳарорати учун чиқишдаги ўртача ҳароратдан фойдаланилган.

$$\eta = \frac{\dot{V} \rho c_p (T_{\text{вых.}} - T_{\text{окр.}})}{I_c A_k} \quad (25)$$

(26) тенглама коллектор самаралилигига ноаниқликни кўрсатади:

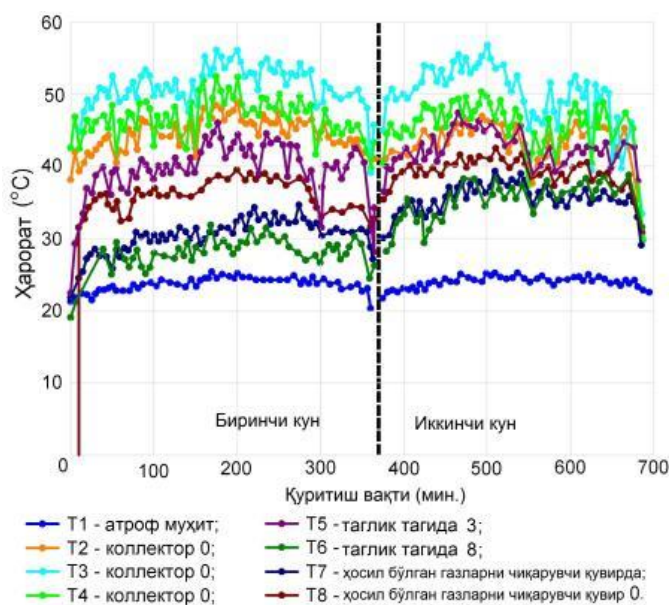
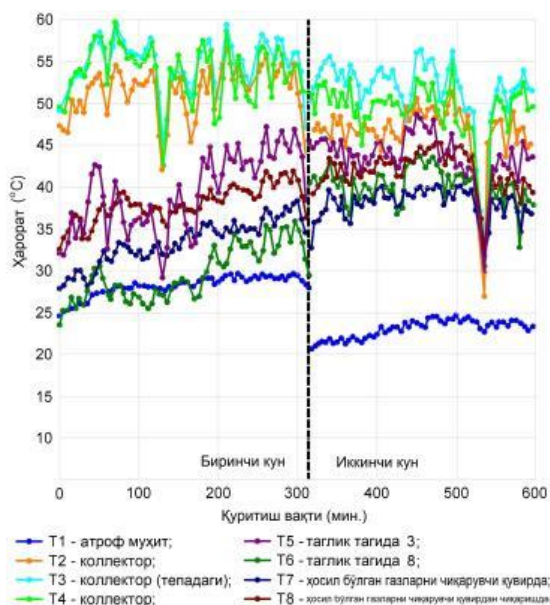
$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \dot{V}}{\dot{V}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_c}{I_c}\right)^2 + \frac{\Delta T_{\text{вых.}} + T_{\text{окр.}}^2}{(T_{\text{вых.}} - T_{\text{окр.}})^2}} \quad (26)$$

бунда, \dot{V} - ҳажмий сарф; I_c - қуёш нури оқими; $T_{\text{вых.}}$ - коллектор чиқишидаги ҳарорат; $T_{\text{окр.}}$ - атроф-муҳит ҳарорати.

11-расмда қуришти тўхтатилган тахминан 525 дақиқадан сўнг ҳарорат тушди. Бу 12-расмда кўрсатилганидек қуёш нурунинг шу онда камайиши билан боғлиқ. 12-расмда қуёш нури қуриштининг ҳар бир даври учун вақт бўйича кўрсатилган. Коллектор чиқишидаги ҳарорат одатда атроф-муҳитга нисбатан 20 °С-га юқори. Ҳарорат ҳавонинг қуриш камерасидан ўтгани ҳисобига пасайган. Ҳосил бўлган газларни чиқариш қувуридан чиқаётган газларнинг ҳарорати қуришдагига нисбатан юқори, бу қуёш ёки бошқа нурланишнинг қувур ташқарисидан таъсири ҳисобига юзага келаётганини кўрсатади. Қуришти камерасининг иккинчи тубидаги ҳарорат атроф-муҳитдагидан юқори. Бу қуриш ҳолати, чунки энергиянинг кам миқдори буғланишга сарфланади, бунинг сабаби занжабил илдизининг бўлақлари нисбатан кичик тезликдаги

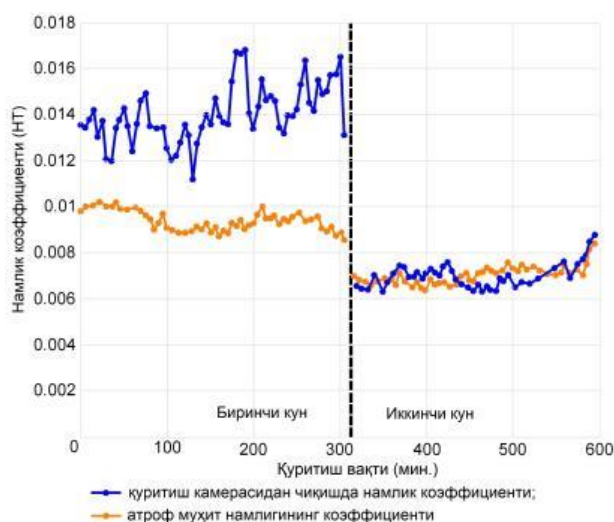
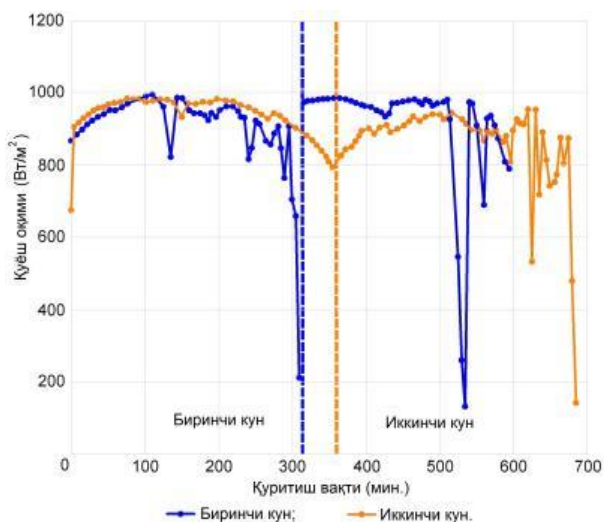
қуритиш зонасидалигидир. Коллекторнинг иккинчи тубида ҳарорат пастроқ, бу эҳтимол атроф-муҳит ҳароратининг пастлиги билан боғлиқдир.

12-расмда Т8 маълумотларининг биринчи нуқталари ташқарига чиқарилган газлар учун, чунки термопара эксперимент бошланишида ўчирилган ва 9999 миқдорни ҳисоблайди. Худди шундай ҳолат маълумотларнинг иккинчи босқичида юзага келган. Коллекторнинг чиқиш қисмида ҳарорат доимо атроф-муҳит ҳароратидан 20 °С га юқори.



11-расм. Биринчи ва иккинчи кун қуритиш эксперименти учун ўлчанган ҳарорат

12-расм. Биринчи ва иккинчи кун қуритиш эксперименти учун ўлчанган ҳарорат

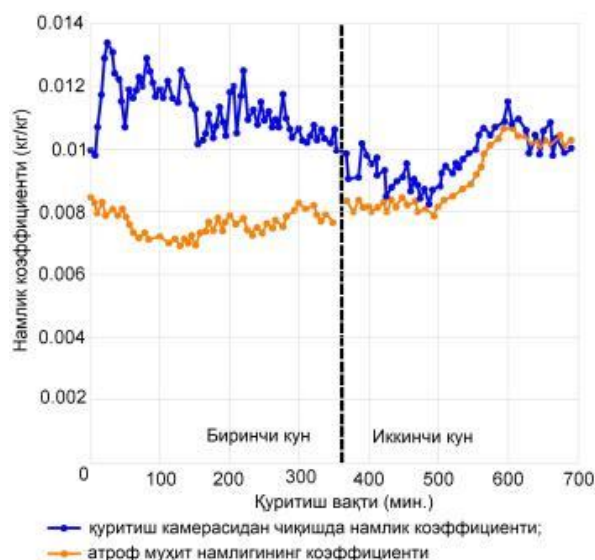


13-расм. Иккала намуна йиғиндиси учун вақт бирлигидаги қуёш нури оқими

Рис. 14. Биринчи ва иккинчи кун ўлчанган қуритиш ҳарорати

13-расмда ҳар иккала намуна йиғиндиси учун қуёш нури оқими кўрсатилган. Пунктир чизиқларнинг ранги эксперимент кунлари орасидаги узилишга мос. Иккинчи босқичнинг биринчи куни қуёш нури оқимининг кун мобайнида яхши бўлганини, куннинг бошланиши ва сўнгида камроқ жадаллигини кўрсатмоқда. Натижалардаги кичик сакрашлар, айниқса вақтнинг 150-275 дақиқа оралиғида қурилманинг қуёш томонга ўгирилган вақтини кўрсатади.

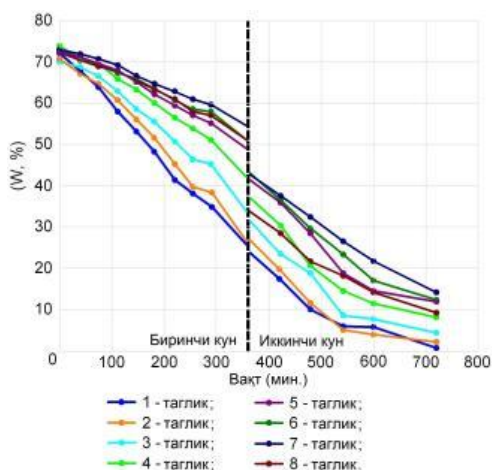
Нисбий намлик ўлчанган бўлишига қарамай намликнинг нисбати кўрсатилган, чунки ҳароратга боғлиқлик йўқ ва системада кетаётган жараён тўғрисида тўлиқ тасаввур беради. 15-расмда кўрсатилганидек қуриштишнинг катта қисми биринчи кун давомида ўтди, нисбатан кам қуриштиш тажрибаларнинг иккинчи кунда юзага келди. Бу занжабил илдизининг узоқ вақт давомида қуриштиш жойида бўлганлиги билан боғлиқ. 16-расмда биринчи ва иккинчи кун экспериментлари учун атроф-муҳит намлигининг қурилмадан чиқишдаги газлар намлигига нисбати келтирилган. Бу маълумотлар вақт бирлигида ҳаво намлиги камайишини бир меъёрга юзага келишини кўрсатмоқда.



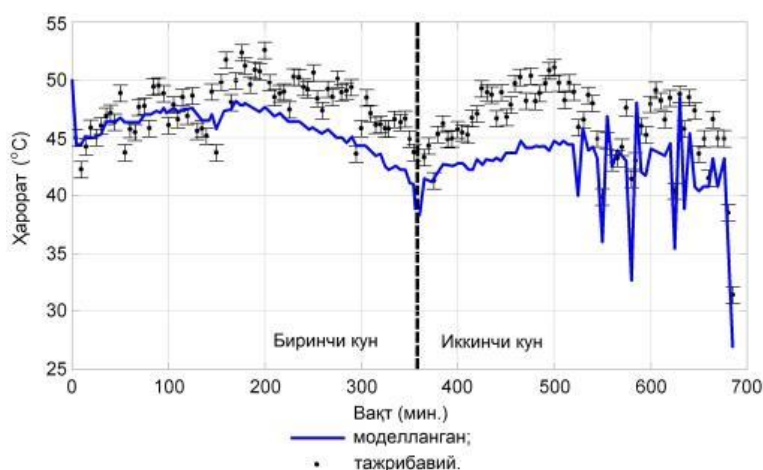
15-расм. Экспериментларнинг биринчи ва иккинчи кунларида ўлчанган нисбий намлик коэффициентига айлантирилади

16-расмда занжабил илдизининг паррак қилиб кесилган бўлакларидаги намлик миқдори кўрсатилган. Маълумотлар тагликлар бўйича бўлинади. Биринчи таглик қуриштиш камерасининг тубида жойлашган, демак энг олдин қуришти керак эди.

Занжабил илдизи икки кун давомида қуриштилди, бошланғич намлиги 73% ни ташкил этди, тайёр маҳсулот намлиги 8%. Юқорида жойлашган тагликдаги занжабил илдизи унчалик тез қуришмади. Занжабилнинг 4 кг қирқилган илдизини 1 м² юзали коллектор абсорберларида жойлаштириб, қуриштилган, ўртача ҳажмий сарф 0,015 дан 0,020 гача м³/с.



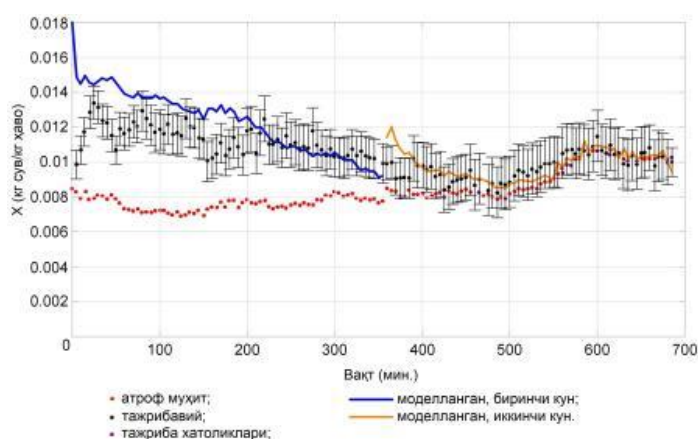
16-расм. Бириинчи ва иккинчи кун давомида намлик миқдори



17-расм. Коллектор киришидаги ҳароратни таққослаш

Кейинги графикларда барча эксперимент натижалари бириинчи ва иккинчи кун қуритиш натижаларидан иборат. Дискрет қийматлар нуқталари экспериментлар натижаларидан иборат, узлуксиз функция эса моделлаштирилган натижаларни ташкил этади. Моделлаштириш – бу беш дақиқа интервалли техник дискрет қийматлар. Линиядан аниқ кўриш учун фойдаланилади. 17-расмда коллектор чиқишидаги ҳароратнинг экспериментал ва моделлаштириб олинган натижалар солиштирилган. Бизнинг тажрибалар таҳлилига кўра коллектор модели чиқишида ҳароратни камайганлигини кўриш мумкин.

18-расмда қуритиш камерасидан чиқишда моделлаштирилган намлик коэффиценти экспериментал олинган натижалар билан мос келади. Модель қуригич чиқишида намликни бирмунча юқорироқ кўрсатади, бу эса намликни ҳайдашнинг умумий тезлиги бўйича прогноздагидан бироз ошади.

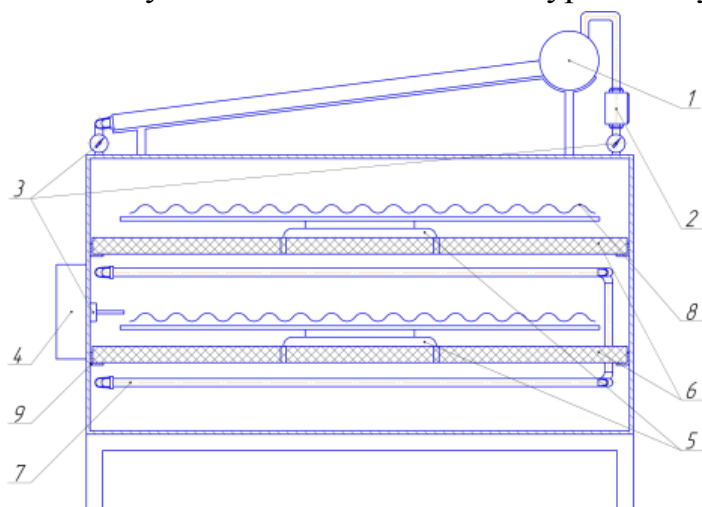


18-расм. Қуригичнинг чиқишидаги ҳаво намлигининг коэффиценти. Атроф-муҳит намлигининг коэффиценти ориентир сифатида келтирилган

Диссертациянинг «Ўсимлик хомашёсини қуритиш жараёнини экспериментал гелиосувситгичли қуритиш қурилмасида тадқиқ этиш» деб номланган бешинчи бобида ўсимлик хомашёсини экспериментал гелиосувситгичли қурилмада қуритиш жараёнини тадқиқ этиш натижалари

келтирилган. Жараённинг экспериментал тадқиқоти Тошкент давлат техника университетида ўтказилган.

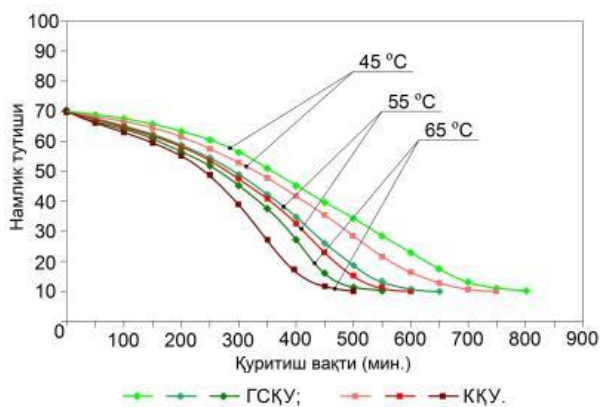
Лаборатория тадқиқотларини ўтказиш мақсадида, шифобахш ўсимликларни қуришиб, мақбул параметрларини аниқлаш учун экспериментал гелиосувиситгичли конвектив қуритиш қурилмаси тайёрланган (19-расм.)



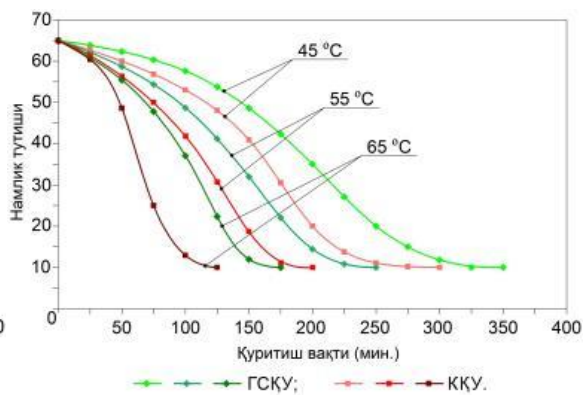
1-гелиоколлектор; 2- циркуляцион насос; 3-термопара; 4-бошқарув блоки; 5-сон индикаторли тарози; 6-тагликлар; 7-кувурлар; 8-хомашё; 9-таглик токчаси.

19-расм. Лаборатория гелиосувиситгичли қурилмаси

Ушбу қурилма тадқиқот ўтказиш имконини беради: қуриган шифобахш ўсимлик қатламида иссиқлик-намлик ўтказиш динамикасини ўрганиш; намлик сифими ва ўтказувчанлиги миқдорини ўрганиш; қуритилаётган ўсимлик қатламининг аэродинамик қаршилигини намлик ва зичликка боғлиқ ҳолда ўрганиш.



20-расм. Занжабил илдизини қуритиш графиги, ҳарорат: 45, 55 ва 65 °С



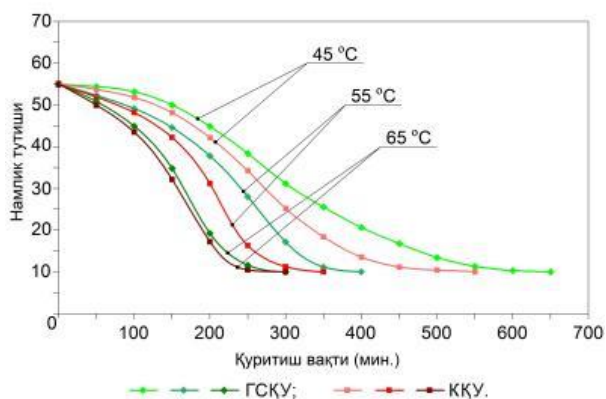
21-расм. Газанда ўт баргларини қуритиш графиги, ҳарорат: 45, 55 ва 65 °С

20-расмда занжабил илдизини қуритишда олинган эгри чизиқлар келтирилган. График бўйича занжабил илдизини конвектив қурилмада 45 °С ҳароратда қуритиш 770 дақиқа давом этган. Қуритиш жараёни гелиосувиситгичли қурилмада 45 °С ҳароратда 815 дақиқа давом этган. Бошланғич намлик 70%-ни ташкил этган, жараён намлик 14%-га тушгунча давом этган. Конвектив қурилмада 55 °С ҳароратда олиб борилган қуритиш жараёни 370 дақиқа, гелиосувиситгичли қурилмада 665 дақиқа давом этиб, намлик 14% гача туширилган. Кейинги эксперимент 65 °С-да олиб борилган,

қуритиш жараёнининг давомийлиги 490 дақиқани, гелиосувиситгичли қурилмада 545 дақиқани ташкил этган.

Газанда ўт ўсимлигини қуритиш бўйича турли усулларда экспериментлар ўтказилган, натижалар 21-расмда келтирилган, андиз илдизини қуритиш бўйича натижалар эса 22-расм келтирилган.

Графиклар бўйича конвектив усулда қуритиш гелиосувиситгичли қуритиш усулига нисбатан тезроқ кетади: газанда ўт баргларини қуритиш 45 °С ҳароратда 310 дақиқа, 55 °С ҳароратда 190 дақиқа, 65 °С ҳароратда 115 дақиқа давом этди; гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасида 45 °С да 350 дақиқа, 55 °С да 245 дақиқа, 65 °С да 170 дақиқа давом этди.



22-расм. Андиз илдизини қуритиш графиклари

Шифобахш ўсимликларнинг қуритилган намуналари ЎЗР ФА академик А.С.Содиқов номли «Биоорганик кимё» институтутида тадқиқ этилган, ёғдорлик ҳамда сувда эрувчан витаминлар миқдори аниқланган.

23-расмда қуритилган маҳсулот намуналари келтирилган. Ҳар бир шифобахш ўсимлик таҳлил учун қуйидаги тартибда тайёрланган:



23-расм. Доривор ўсимликларни қуритилган намуналари

1-Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган намуналар; 2-конвектив усулда қуритилган намуналар; 3-гелиосувиситгичли ускунада қуритилган намуналар.

1-Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган занжабил илдизи кукуни; 2-конвектив усулда қуритилган занжабил илдизи кукуни; 3-гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасида олинган занжабил кукуни; 4-Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган газанда ўти кукуни; 5-конвектив усулда қуритилган газанда ўт кукуни; 6-гелиосувиситгичли қурилмада қуритилган газанда ўт кукуни; 7-Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган андиз илдизи кукуни; 8-конвектив усулда қуритилган андиз илдизи кукуни; 9-гелиосувиситгичли қурилмада қуритилган андиз илдизи.

Ҳисоблаш усулида аввал бўш колба оғирлиги, сўнгра олинган намуна ва мой оғирлиги ўлчаниб, мойнинг массавий улуши топилади. Олинган натижалар 2-жадвалда қайд этилган.

2-жадвал

Шифобахш ўсимликларни ёғдорлик даражаси

№	Занжабил илдизи таркибидаги ёғлар миқдори	Занжабил илдизи экстракти кон-центрацияси, %	Газанда ўтининг экстракти концен-трацияси, %	Андиз илдизи экстракти кон-центрацияси, %
1	Ўзбекистонда ишлаб чиқилган маҳсулот намунаси	3,15	1,12	1,12
2	Конвектив усулда қуришиб олинган намуна	3,47	1,32	1,32
3	Гелиосувиситгичли қуритиш ускунасида олинган намуна	3,51	1,26	1,26

Сувсизлантирилган намуналардан кейинги тадқиқотларда сувда эрувчан витаминларни аниқлашда фойдаланилди. Турдош усуллар қуйидаги миқдорини аниқлаш имкониятини беради:

В₁ витамини (тиамин), В₂ рибофлавин (рибофлавинмононуклеотид), РР (В₃ никотин кислотаси, никотинамид), В₆ пиридоксин гидрохлориди, В₉ фолий кислотаси, С витамини (аскорбин кислотаси)нинг лаборатория таҳлили натижалари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Сувда эрувчан витаминлар таҳлили натижалари

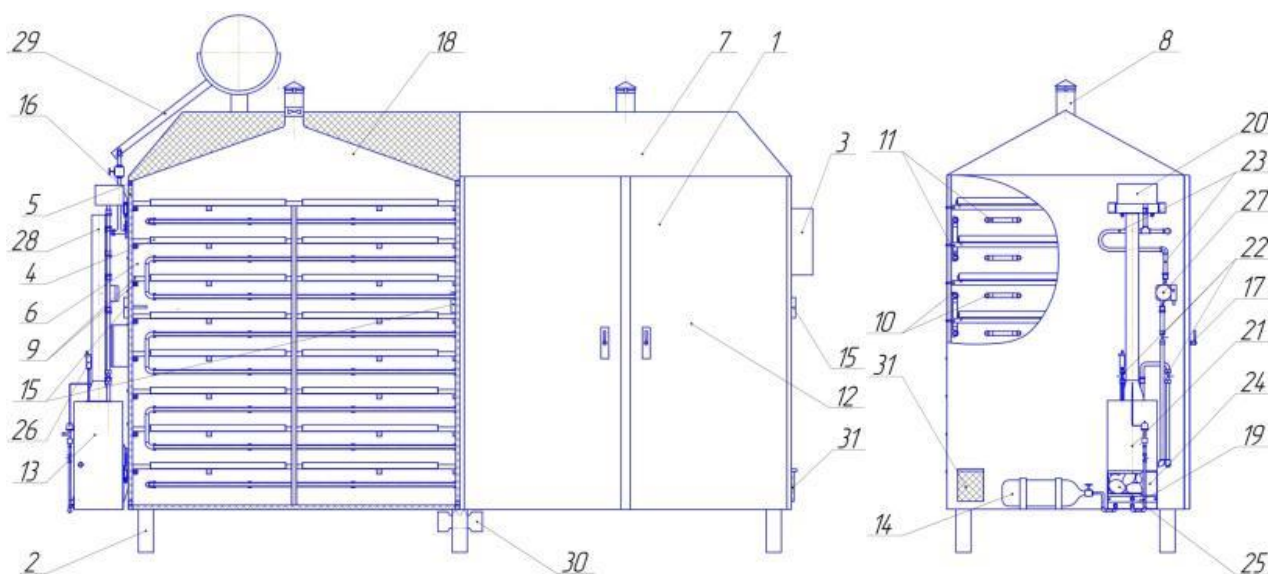
Витаминлар/ Намуналар	Тиамин (В1)	Рибофлавин (В2)	Пиридоксин (В6)	Фолий кислотаси (В9)	Аскорбин кислотаси (С)	Никотин кислотаси (РР)
Занжабил ЎЗИЧ	4,674102	11,18522	0,401618	16,88852	12,83305	0
Занжабил КУИЧ	5,136153	15,98256	0,458257	15,22463	16,32014	2,839757
Занжабил ГСҚҚ	5,58372	15,28989	0,685546	24,45923	18,15835	3,194726
ГЎ барги ЎЗИЧ	5,340382	10,02437	0	25,12479	19,46816	0
ГЎ барги КУИЧ	5,473638	11,33915	0,7032	24,37604	22,37522	4,918864
ГЎ барги ГСҚҚ	7,159618	15,16803	0,771607	33,69384	36,20654	7,910751
Андиз ЎИИЧ	8,757242	21,74833	1,124678	39,51747	18,7969	8,772819
Андиз КУИЧ	8,770278	21,38276	1,200441	30,11647	17,53528	14,55375
Андиз ГСҚҚ	11,67874	22,69112	1,925708	41,76373	29,28055	33,41785

Сувда эрувчан витаминлар таҳлили Agilent Technologies фирмасининг ЮССХ нинг 1200 Eclipse XDBC18 (тескари фазали) колонкасида амалга оширилди, 5мм, 4,6•150мм. Диод-матрица детектор (ДАД), 254 нм, 290 нм. Эритма А: 0,5% уксус кислотаси, рН 1,7: В:СН₃СН (ацетонитрил). Оқим тезлиги 1 мл/дақ. Градиент % В/дақ: 0-5 дақ/96:4%, 6-8 дақ/90:30%, 9-15 дақ/80:20%, 15-17 дақ/96:4%. Термостат 25 °С.

Диссертациянинг «Гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг конструкциясини ишлаб чиқиш» деб номланган олтинчи бобида гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг конструкцияси келтирилган ва унинг тузилиш принципи ёритилган (24-расм).

Қуритиш қурилмаси озиқ-овқат ва фармацевтика саноатида юқори сифатли маҳсулот – сабзавот, мева ва доривор ўсимликлардан шифобахш компонентлари сақланган ҳолда қуритилган маҳсулот ва қуйилтирилган экстрактлар, улардан сироплар, пюре, қуруқ концентратлар, турли фойдали ингредиентлар ишлаб чиқариш учун мўлжалланган.

Маҳсулот таркибидаги шифобахш хусусиятларини сақлаб қолувчи гелиосувиситгичли қуритиш қурилмаси Ўзбекистон Республикаси давлат Ўрмон хўжалиги Қўмитаси қошидаги Поп туманининг ихтисослашган давлат ўрмон хўжалигида амалиётга жорий этилган. Таклиф этилган техника ва технология иқтисодий жиҳатдан ўзини оқлаган, Ўзбекистон Республикасида амалга ошириляётган сиёсатга мувофиқ равишда бошқа турдош хўжалик субъектларида, кичик тадбиркорлик корхоналарида, қишлоқ ва ўрмон хўжалигида, озиқ-овқат ва фармацевтика саноатида қўллаш учун тавсия этилиши мумкин.



1-қуритиш камераси; 2-қурилма оёқлари; 3-бошқарув пульта ток инвенторли; 4-қуритиладиган хомашё таглиги; 5-камера каркаси; 6-ички тўр; 7-ташқи қоплама; 8-вентиляцион қувур; 9-чеклагичли ярус; 10-нурлагични қотириш кронштейни; 11- инфрақилил нур таратиш қисми; 12-эшик; 13-иситиш қозони; 14-газ қозони; 15-термометр; 16-иссиқлик изоляциялаш қатлами; 17-эшикни беркитиш штурвали, 18- камера ички шифти; 19-горелкани автоматик бошқариш мосламаси; 20-кенгайтириш бочкаси; 21-иссиқлик алмашиш системаси; 22-шарсимон кранлар; 23-қувурлар; 24-иситиш қозонининг эшиги; 25-иссиқлик аккумулятори; 26-буғларни олибкетгичи (ҳаво олиб кетгич); 27-циркуляцион насос; 28-тутун чиқарувчи (газ чиқарувчи); 29-қуёш коллектори; 30-тебратгич; 31- вентиляция тешиклари.

24-расм. Гелиосувиситгичли тажриба-саноат қуритиш қурилмаси

ХУЛОСАЛАР

Докторлик диссертация иши мавзуси «Доривор ўсимликлар таркибидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда қуритиш учун гелиосувиситгичли қурилмани ишлаб чиқиш» бўйича амалга оширилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинган:

1. Сорбция изотермаси тавсифи таклиф этилган, 3-даражали функция кўринишида моделлаштирилган, бунда сув фаоллиги (a_w) газанда ўт баргида - 0,289, занжабил илдизида - 0,344, андиз илдизида - 0,325-ни ташкил этади. Олинган экспериментал эгри чизиқлар турли мувозанат намликка (андиз илдизи учун 2,6% куруқ модда, газанда ўт барги учун 5,6% куруқ модда, занжабил илдизи учун 11% куруқ модда) эга мақбул фаол консервалашнинг (0,3) атрофидаги ягона фазавий босқичини ташкил этади.

2. Намлиликнинг 6,5-11,5% оралиғи учун намлашнинг умумий иссиқлик миқдори (*кДж/моль* куруқ шифобахш ўсимлик) тавсия этилган, газанда ўт баргида намликни сорбциялаш 20,97, занжабил илдизида 18,21, андиз илдизида 13,65%-ни ташкил этади; десорбция эса газанда ўт баргида 40,92, занжабил илдизида 30,75, андиз илдизида 17,09%-ни ташкил этади. Ягона намлилик (6,5-11,5%) оралиғида барча тур учун намлашнинг умумий иссиқлигини солиштириш натижасида сорбциядан кўра десорбция юқорилиги аниқланган. Демак, газанда ўт баргини қуритиш учун энергия сарфи бошқа маҳсулотларга қараганда кўпроқ.

3. Компьютер моделига мувофиқ масса узатиш ва иссиқлик узатиш коэффиценти бўйича коррекция (95%) амалга оширилди. Дастлабки маълумотлар киритилиши билан материал намлигининг ўзгариш эгри чизиқлари, материалнинг ҳарорати, унинг мувозанат ҳарорати, қуритилган материалнинг массаси, газ фазасига ўтган сув миқдори, материални қуритиш учун сарфланган энергия, бажарилган иш белгиланади. Бунинг асосида гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг қатор оптимал усулларини ва қурилманинг барча жараёнларини тавсия этиш мумкин. Аппаратлар сони гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг тизимида оптимал 3 га тенг деб аниқланган.

4. Маҳсулотни қуритиш тезлигини башорат қилиш учун математик модель ишлаб чиқилган. Ютгич пластинаси самаралилигига асосланган қуёш шаффоф моделидан фойдаланилган. Қуритиш камерасининг модели зоналарга ажратилган, ҳар бир зона қуритиш камерасидаги маҳсулот юкланган тагликдан иборат. Иссиқлик қуритиш камерасидан ўтаётганда унга кўпроқ намлик қўшилади. Тутун чиқариш қузури системанинг босим йўқолишларига тенг бўлган қалқиниш кучини ҳисобга олиб моделлаштирилган, ҳажмий сарф аниқланган.

5. Шифобахш ўсимликларни қуритиш жараёнини тадқиқ этишни давом эттириш ва турли ўсимлик маҳсулотларининг қуритиш тезлигини атроф-муҳит шароитини ҳисобга олиб, башорат қилиш учун модель ишлаб чиқилган. Моделдан қуритиш қурилмасида аниқ атроф-муҳит шароит ва талаблари бўйича

кетаётган жараёни мақбуллаштиришда фойдаланиш мумкин. Масалан ўрмон хўжаликларида, тоғли регионларда ёки фермер хўжаликларида қуритиш жараёни 12 соатда олиб борилади. Моделда он-лайн режимида олиш мумкин бўлган об-ҳаво кўрсаткичларидан фойдаланиш мумкин.

6. Қуритилаётган маҳсулотнинг хоссаларини тадқиқ этиб, олинган натижалар бўйича ишлаш мумкин бўлган ҳарорат, қуритиш давомийлиги ва бунинг асосида гелиосувиситгичли қуритиш қурилмасининг рационал конструкциясини топишга эришилган.

7. Қуритилган шифобахш ўсимликларнинг қолдиқда қолган мойдорлиги бўйича таққословчи таҳлили ўтказилган. Бу кўрсаткич шифобахш ўсимликларни қуритиш жараёнида андиз илдизи учун 3,51%, газанда ўт барги учун 1,26%, андиз илдизи учун 5,11%-ни ташкил этди.

8. Юқори самарали суяқ хроматография усули ёрдамида турли усулда қуритилган шифобахш ўсимликлар таркибини таҳлил қилиб, сувда эрувчан витаминлар миқдори бўйича натижалар олинган, жумладан, тиамин (В1), рибофлавин (В2), пиродоксин (В6), фолий кислотаси (В9), аскорбин кислотаси (С) ва никотин кислотаси (РР)-нинг миқдори тақлиф этилган усулда кўпроқ эканлиги аниқланган.

9. Гелиосувиситгичли қуритиш қурилмаси Поп туманида жойлашган ихтисослашган ўрмон хўжалиги объектида қўлланилиши натижасида хомашёнинг йўқотилиши 14%-га, энергия сарфи 26-28%-га камайган, тайёр маҳсулот сифати ошган, биологик фаол моддаларнинг 90-95%-и тайёр маҳсулотда сақланиб қолган.

10. Шифобахш ўсимликларни биологик фаол моддаларни сақлаган ҳолда қуритиш техникаси ва технологияси бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган, давлат Ўрмон хўжалиги Қўмитаси корхонасида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ўрмон хўжалиги Қўмитасининг 2020 йил 14 майдаги №05/12-1326 рақамли далолатномаси). Гелиосувиситгичли техника ва технологияни қўллаш натижасида шифобахш ўсимликларни қуритиш миқдори 1,6 маротаба ошган, ўртача йиллик иқтисодий самарадорлик 162 млн сўмни ташкил этган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СУЛТАНОВА ШАХНОЗА АБДУВАХИТОВНА

**РАЗРАБОТКА ГЕЛИО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
СУШКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С СОХРАНЕНИЕМ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химических технологий и пищевых производств
(технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2021

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.DScT354.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу ik-kimyo.nuu.uz и информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный консультант: Сафаров Жасур Эсирганович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Худайбердиев Абсалом Абдурасулович
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Курбанов Жамшед Мажидович
доктор технических наук, профессор

Азизов Ақтам Шарипович
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Ведущая организация: Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится 24 07 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail:tkti_info@edu.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 18, с которой можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-20.

Автореферат диссертации разослан 09 07 2021 года.
(протокол рассылки № 10 от 09 07 2021 г.).



С.М.Туробжонов
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Х.И.Кадиров
Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

К.О.Додаев
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире обеспечение населения качественными лечебными продуктами считается одной из важных задач. Имеют важное значение разработки энергоэффективной техники и технологии переработки лекарственных растений с сохранением их биологически активных веществ. В этом отношении в ряде ведущих научно-исследовательских институтов развитых стран мира, в том числе Турции, США, Германии, Италии, Китае, Франции, Индии, России и др., уделяется особое внимание к созданию новых установок и методик для сушки лекарственных растений.

В мире ведутся глубокие научные исследования, направленные на разработку конструкций сушильных установок и энергосберегающей технологии сушки лекарственных растений с применением солнечной энергии. Разработка научных и методологических основ по повышению производительности энергоэффективных сушильных установок, современных технологий, процессов и аппаратов для переработки лекарственных растений, получения качественного фармацевтического сырья, содержащих биологически активные вещества. Внедрена разработанная энергосберегающая сушильная техника, в промышленность, технология которых научно обоснована, применительно к сушке лекарственных растений. В связи с этим особое внимание уделяется созданию рациональных конструкций инновационных сушильных установок, учитывающие теплофизические параметры объектов сушки, работающих с применением солнечной энергии позволяющих для сохранения лекарственных свойства растений.

В нашей республике достигается определённым научным результатам и уделяют особое внимание созданию линий для осуществления современных технологий, энергосберегающим установкам, предназначенным для производства готовых полуфабрикатов, хранению фармацевтического растительного сырья. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан особо важна отмечена задача по «сокращения энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий»¹¹. Реализация этих положений, в том числе разработка гелио водонагревательной сушильной установки и моделирование процесса в ней, полученных вновь режимов технологии и конструкций, определение теплофизических характеристик и достижение сохранности биологически активных веществ имеет важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 3 мая 2017 года №УП-5032 «О создании свободных экономических зон «Нукус-фарм», «Зомин-фарм», «Косонсой-фарм»,

¹ Указ Президента Республики Узбекистан 2017 года 7 февраля УП-4947 - О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан.

«Сирдарё-фарм», «Бойсун-фарм», «Бустонлик-фарм» и «Паркент-фарм»», от 7 ноября 2017 года №УП-5229 «О мерах по кардинальному совершенствованию системы управления фармацевтической отраслью» и от 10 апреля 2019 года №УП-5707 «О дальнейших мерах по ускоренному развитию фармацевтической отрасли республики в 2019-2021 годах», Постановление Президента Республики Узбекистан от 28 января 2020 года №ПП-4574 «О создании инновационного научно-производственного фармацевтического кластера «Tashkent Pharma Park»», постановлениями а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики III «Развитие использования возобновляемых источников энергии» и V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации²². Научные исследования, направленные на получение качественных высушенных продуктов из растительного сырья и создание энергоэффективных установок, проводятся в ведущих научных центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе Bogor Agricultural University (Индонезия), Institute of Agricultural engineering (Германия), Osijek universiteti (Хорватия), Recep Tayyip Erdogan University, Kahramanmaraş Sutcu İmam Universitesi, Istanbul technical university (Турция), Cornell University, Pennsylvania State University, National Renewable Energy Laboratory (США), University of Calabria (Италия), Swedish Institute for Food and Biotechnology (Швеция), AgroParisTech, VetAgro SUP (Франция), Spanish National Research Council (Испания), University of Campinas (Бразилия), Tanta University (Миср), Graz technology university (Австрия), Waterloo university, RenewABILITY Energy (Канада), Московского государственного университета пищевых производств и Краснодарского НИИ переработки и хранения сельскохозяйственных продуктов (Россия) а также видутся с Институтом общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан (Узбекистан), Ташкентским химико-технологическим институтом (Узбекистан).

В результате проведенных в мире исследований по повышению эффективности процесса сушки и получению качественных продуктов было получено ряд научных результатов, в том числе следующие: способ сушки лекарственных растений (Bogor Agricultural University); разработана технология конвективной сушки лекарственных и ароматических растений (Institute of Agricultural engineering); изучено влияние скорости сушки на кинетику процесса (Osijek universiteti); исследовано процесса сушки капиллярно пористых материалов (University of Calabria); сорбции и десорбции лекарственных растений (Spanish National Research Council, University of Campinas); определены

²²Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе следующих источников: www.ipb.ac.id, www.uni-bonn.de, www.unios.hr, www.ksu.edu.tr, www.cornell.edu, www.unical.it, www.ri.se, www.psu.edu, www.agroparistech.fr, www.csic.es, www.unicamp.br, www.erdogan.edu.tr, www.tanta.edu.eg, www.tugraz.at, www.uwaterloo.ca, www.psu.edu, www.renewability.com, www.nrel.gov.

термодинамические свойства растительных материалов (AgroParisTech); теплофизические свойства и природы биологически активных веществ лекарственных растений (Istanbul technical university); исследован состав растительного материала (VetAgro SUP); энергетические и эксергитические анализы процесса гелиосушки (Recep Tayyip Erdogan University); моделированы процессы тепломассопереноса при сушке влажных материалов (Kahramanmaraş Sutcu İmam Universitesi); изучены процессы моделирования сушки пористых материалов с фазовым переходом (Cornell University); процесс эффективности теплообмена для воздушного потока (National Renewable Energy Laboratory); моделирование диффузии тепла, воды и пара (Swedish Institute for Food and Biotechnology); определена кинетика сушки пористых материалов (Tanta University); разработка солнечных коллекторов (Pennsylvania State University); потенциальное использование солнечной энергии (Graz technology university); усовершенствованные воздухонагревательные пластинчатые солнечные коллекторы (Waterloo university).

В мире проводится ряд исследований по разработке энергоэффективных устройств, использующих солнечную энергию, в том числе по следующим приоритетным направлениям, сохранение качества продукта при сушке; сушке продуктов с применением солнечной энергии; разработке сушильной установки для лекарственных растений с высоким содержанием биологически активных веществ; совершенствованию технологии сушки продуктов (гелио, естественных, конвективных, инфракрасных); разработке способов движения теплового агента (естественного, принудительного); совершенствованию способов сушки капиллярно пористых материалов (листьев, корней, плодов и др.).

Степень изученности проблемы. Как показали результаты обзора литературы, с давних времен уделялось большое внимание совершенствованию процесса сушки. В частности, K.Yudistira, J.Müller, D.Veli`c, A.Kaya, A.Halder, V.Calabro, K.Thorvaldsson, Z.Wang, B.Catherine, M.J.Fabra, V.M.Silva, A.Midilli, A.A.El-Sabaii, H.Schweiger, O.Beraat, G.Gurbuz, A.Ait-Kaddour, K.G.T.Hollands, W.Hasler, C.F.Kutscher проводили научные исследования по производству пищевых продуктов с требуемым биоактивным качеством, разработанные установки и усовершенствованы процессы сушки; А.В.Лыков, А.С.Гинзбург, В.В.Кафаров, Б.С.Сажин, П.А.Ребиндер, Б.М.Касымбаев, О.С.Натареев, А.В.Нестеров, П.Д.Лебедев, С.Г.Ильясов, И.Б.Левитин, проводили исследования, направленные на разработку теории процесса сушки, изучению влияния теплового потока в процессе сушки; Узбекские ученые Н.Р.Юсупбеков, З.С.Салимов, А.Ф.Сафаров, Ж.М.Курбанов, А.А.Артиков, Х.С.Нурмухамедов, К.О.Додаев, Х.Ф.Джураев, К.Т.Норкулова и др. проводили результативные исследования по совершенствованию процессов и аппаратов в пищевой промышленности и ими были разработаны эффективные технологии.

Однако в этих работах вопросы обоснования единого подхода параметров сушки, технологий и аппаратов для сушки лекарственных растений и разработка на их основе энерго-ресурсосберегающих установок недостаточно отражены. Не созданы подходящие энерго-эффективные сушильные установки, не

достаточно изучены теплофизические характеристики растительного сырья лесного происхождения и не разработаны технологии для их сушки. Теоретические основы разработки установок, применяемых для сушки лекарственных растений, также разработаны не достаточно. Исходя из изложенного выше, решение этих задач обуславливает перспективность осуществления процесса сушки с получением качественного продукта при низких затратах и потерях сырья.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ, прикладных и инновационных проектов Ташкентского государственного технического университета соответственно по теме ЁА-3-9 – «Разработка высокоэффективной энергосберегающей конвективной сушильной установки для сушки продукции лесного хозяйства» (2015-2017 гг.) и С-И-19 – «Создание импортозамещающей инновационной сушильной установки для сохранения биологически активных веществ лекарственных растений и внедрение в фармацевтическую промышленность» (2019-2021 гг.).

Целью исследования является совершенствование развития теории и разработка гелио водонагревательной установки для сушки лекарственных растений с сохранением биологически активных веществ.

Задачи исследования:

Для реализации цели исследования поставлены следующие задачи:

исследование видов влаги в лекарственных растениях и определение их теплофизических и химических характеристик;

изучение особенностей известных теоритических результатов и математических моделей процесса сушки лекарственных растений с сохранением биологически активных веществ;

анализ современного состояния техники и технологии сушки лекарственных растений;

на основе системного анализа, разработка методологии многоступенчатого компьютерного математического моделирования процесса в гелио водонагревательной конвективной установке;

разработка математической модели гелио водонагревательного коллектора и выхлопной трубы сушильной установки;

разработка и создание конструкции опытно-промышленной гелио водонагревательной сушильной установки (ГВСУ) и экспериментальные исследования процесса по сушке лекарственных растений, определение эффективного технологического режима;

поиск оптимальных решений для гелио водонагревательной конвективной сушильной установки;

определение рациональных режимов сушки, экономии энергозатрат, с позиции системного анализа, выявление основных параметров и их взаимовлияние на технологические режимы сушки лекарственных растений;

осуществление промышленного воплощения результатов, полученных в ходе выполнения диссертационного исследования.

Объектом исследования является продукция лесного хозяйства – в виде лекарственных растений (*корня имбиря (Zingiber)*, *листьев крапивы (Urtica)* и *корня девясила (Inulae rhizomata et radices)*), требующих обеспечения сохранности их лечебных свойств.

Предметом исследования являются закономерности, свойственные процессам сушки, техника и технология гелио водонагревательной сушильной установки, изотермы сорбции лекарственных растений, прогнозирование скорости сушки продукции, солнечный коллектор, эффективность пластины коллектора и режимные параметры исследуемого объекта.

Методы исследования. В диссертации применена методология системного анализа и синтеза сложных технических и технологических систем, использованы методы теоретических основ химической и пищевой технологии, процессов и аппаратов химических технологий и пищевых производств, математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов и производств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены качественные показатели высушенных лекарственных растений, исследованы теплофизические характеристики, изучен химический состав готового продукта;

определена равновесная температура, масса высушиваемого материала, количество переходящей воды в газовую фазу в процессе выполняемой энергии для сушки материала;

создана математическая модель процесса сушки с использованием солнечной энергии, учитывающая влияние климатических условий при выборе оптимальных параметров технологии сушки;

разработан способ, позволяющий снизить энергопотребление на 26-28% для процесса сушки с использованием солнечной энергии;

создана новая конструкция гелио водонагревательной, энерго и ресурсосберегающую установку для сушки лекарственных растений;

разработана технология процесса сушки лекарственных растений, позволяющая сохранить биологические активные вещества на 90-95%;

разработана гелио водонагревательная сушильная установка обеспечивающая равномерность процесса сушки с помощью солнечной энергии и правильной организацией направления теплового агента для промышленного производства лекарственных растений.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана эффективная гелио водонагревательная сушильная установка для сушки лекарственных растений с сохранением их лечебных свойств;

с учетом теплофизических свойств исследуемых материалов предложена эффективная технология сушки лекарственных растений в гелио водонагревательной сушилке, позволяющая установить технологические параметры процесса сушки;

на основе изучения закономерностей технологии сушки разработан оптимальный способ сушки в гелио водонагревательной установке с использованием модели для прогнозирования скорости сушки продукции и используемая для солнечных коллекторов;

произведён сравнительный анализ высушенных лекарственных растений на содержание масличности и определены, что у корня имбиря составляет 3,51%, листьев крапивы 1,26% и корня девясила 5,11% в условиях реализации различных методов сушки на пользу гелио водонагревательной сушильной установки;

осуществлён сравнительный анализ результатов высокоэффективной жидкостной хроматографии высушенных лекарственных растений в условиях реализации различных методов сушки созданное установкой позволяющей сохранить высокое содержание водорастворимых витаминов, тиамин (В1), рибофлавин (В2), пиридоксин (В6), фолиевая кислота (В9), аскорбиновая кислота (С) и никотиновая кислота (РР).

разработана программа исследования процесса сушки в среде С++ Builder 6.0, которая зарегистрирована в АИС РУз №DGU 07094 от 29.10.2019 г. и №DGU 07724 от 12.02.2020 г.

Достоверность полученных результатов подтверждаются согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов и средств, итогами компьютерного моделирования, выполненного при помощи операционной среды MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0 Windows, MicrosoftExcel, а также тем, что результаты, полученные в лабораторных условиях, подтвердились в ходе опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость работы заключается в обеспечении возможности прогнозирования температуры и влагосодержания в слое обезвоживаемого материала, времени, модель изотермы ГАБ оптимизирует сглаживание экспериментальных точек для всех изученных продуктов лекарственных растений так же, как и в других важных областях активности воды, математическая модель для прогнозирования скорости сушки продукции, модель используемая для солнечных прозрачных коллекторов, основанная на эффективности пластины поглотителя, модель сушильной камеры была разделена на зоны, каждая зона представляла собой поддон с продукцией в сушильной камере, модель имеет тенденцию переоценивать скорость потока и температура также в научном обосновании схем оптимального подвода тепла при сушке лекарственных растений.

Практическая значимость результатов исследований состоит в разработке эффективной гелио водонагревательной сушильной установки для получения лекарственных растений с сохранением их лечебных свойств в результате ее сравнительного изучения с возможностями существующих установок и определении технико-экономических показателей, минимизацией потерь в ходе переработки сырья, подготовке технических условий эксплуатации сушильной установки.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке гелио водонагревательной установки для сушки лекарственных растений с сохранением биологически активных веществ:

внедрена энергосберегающая сушильная установка в практику предприятия в Папском специализированном государственном лесном хозяйстве (справка Комитета государственного лесного хозяйства Республики Узбекистан от 14 мая 2020 года №05/12-1326). В результате применения энергосберегающей установки достигнута снижение расхода энергозатрат на 26-28%;

внедрена технология процесса сушки, эффективно использующая солнечную энергию для сушки в производство предприятия в Папском специализированном государственном лесном хозяйстве (справка Комитета государственного лесного хозяйства Республики Узбекистан от 14 мая 2020 года №05/12-1326). В результате применения данной технологии сушки производительность по выпуску лекарственных растений увеличилась до 1,6 раза, а потери снижены на 14%;

внедрена новая конструкция гелио водонагревательной установки на предприятии Папского специализированного государственного лесного хозяйства (справка Комитета государственного лесного хозяйства Республики Узбекистан от 14 мая 2020 года №05/12-1326). В результате внедрения техники и технологии появилась возможность получить качественный конечный продукт с сохранением биологически активных веществ на 90-95%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований представлены, обсуждены и одобрены на 10 международных и 8 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 46 научных работ, из них 2 монографии, 10 научных статей, в том числе 5 в международных журналах, 5 в республиканских журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из шести глав, списка использованной литературы и 10 приложений. Общий объем диссертации включает 200 страниц, 103 рисунков и 19 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обосновываются актуальность и востребованность темы, цели и задачи, обозначены объект и предмет исследования, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрываются их научная и практическая значимость достигнутых, изложены сведения о состоянии внедрения полученных результатов в производство, приведены сведения о степени опубликованности результатов, об объеме и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Состояние проблемы и задачи исследований**» проанализировано современное состояние и раскрыты перспективы развития производства лекарственной и фармацевтической продукции на основе местного сырья. Выполнен аналитический обзор научной

литературы о существующих процессах и аппаратах солнечного типа и переработке лекарственных растений, видов связи влаги в растительном сырье, математических моделях тепловых процессов в сушильных установках, расчетах и проектировании схем сушильных установок и способов промышленной переработки лекарственных растений.

Анализ литературных источников показал отсутствие данных по исследованию математическую модель процесса сушки с использованием солнечной энергии, учитывающая влияния климатических условий при выборе оптимальных параметров технологии сушки, модель гелио водонагревательного коллектора и выхлопной трубы в промышленных сушильной установки, что не позволяет создать эффективную технологию получения высушенных лекарственных растений высокого качества. На основе анализа фактического материала главы выполнена уточненная постановка основной цели и задач исследования.

Во второй главе диссертации **«Исследование теплофизической характеристики лекарственного растительного сырья»** приведены результаты изучения форм и видов связи влаги с материалом, исходя из физической природы связи, определяющей ее качественные признаки, также из энергии связи, отражающей количественные признаки такого класса лекарственных растений, как корня имбиря (*Zingiber*), листьев крапивы (*Urtica*) и корня девясила (*Inulae rhizomata et radices*). Исследование изотермы лекарственных растений проводились в Стамбульском техническом университете.

Результаты исследования заключается в расположении изотерм сорбции влаги лекарственных растений (листья крапивы, корни имбиря и девясила). Данные сорбции и десорбции влаги при различных температурах подчеркивают решающую роль процесса сорбционной инженерии.

Предложены характеристики изотермы сорбции смоделирована под функцией 3-й степени при этом активность воды (a_w) составляет в листьях крапивы – 0,289, корнях имбиря – 0,344, корнях девясила – 0,325. Все полученные экспериментальные кривые представляют псевдостадии в окрестности одной и той же оптимальной активности консервирования (0,3) с различным равновесным содержанием воды (2,6% сухого вещества для корня девясила, 5,6% сухого вещества для листьев крапивы и 11% сухого вещества для имбиря).

Предложены значения общей теплоты смачивания (кДж/моль сухих лекарственных растений) для интервала содержания влаги (6,5–11,5%) составляет сорбции в листьях крапивы – 20,97, корня имбиря – 18,21, корнях девясила – 13,65 и десорбции в листьях крапивы – 40,92, корня имбиря – 30,75, корня девясила – 17,09. В результате сравнение общей теплоты смачивания в одном и том же интервале влагосодержания (6,5–11,5%) для всех видов также выше по десорбции, чем по сорбции. Следовательно, затраты энергии,

необходимые в листьях крапивы для изменения содержания влаги в процессе сушки, выше, чем у других исследованных видов.

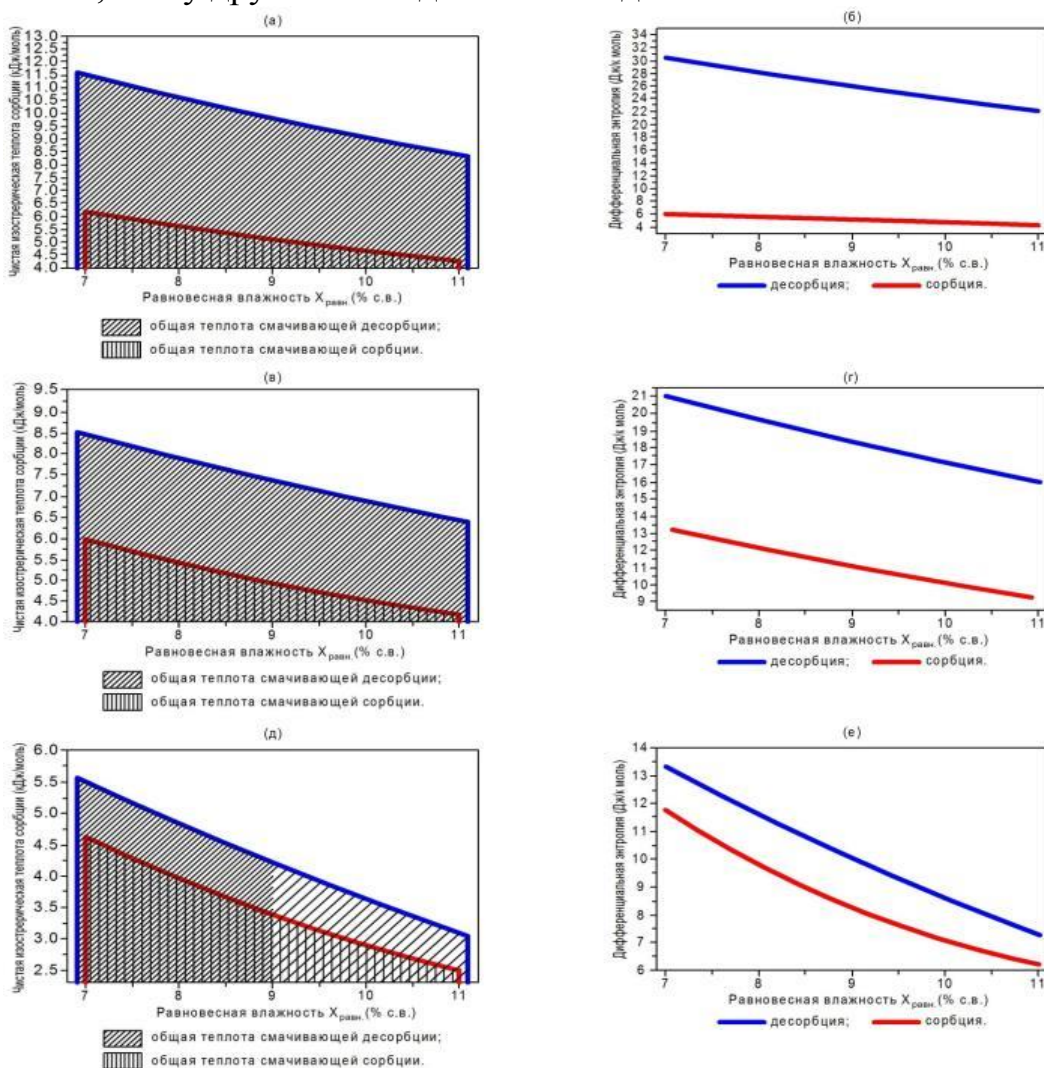


Рис. 1. Чистая изостерическая теплота изотерм для листьев крапивы (а); корня имбиря (в); корня девясила (д); и дифференциальная энтропия для листьев крапивы (б); корня имбиря (г); корня девясила (е) как функция равновесного содержания влаги.

В качестве движущей силы, ответственной за диффузию в пористых твердых телах, использовалось растягивающее давление (π) или поверхностный потенциал. Он представляет собой избыточную свободную энергию поверхности и указывает на увеличение поверхностного натяжения участков сорбции без покрытия из-за поглощения молекул. Высокие значения давления распространения указывают на высокое сродство молекул воды к активным участкам.

$$\pi = \frac{K_B T}{A_M} \int_0^{a_w} \frac{\theta}{a_w} da_w \quad (1)$$

где, K_B - постоянная Больцмана ($1,380 \times 10^{-23}$ ДжК⁻¹); A_M - площадь молекулы воды ($1,07 \times 10^{-19}$ м²); отношение влажности определяется температурой $\theta = X_{равн.}/X_M$, T (K).

На основе формулы модели ГАБ и подстановки θ/a_w интеграл, включенный в (1), может быть проанализирован аналитически, что приведет к математическому определению для π (2):

$$\pi = \frac{K_B T}{A_M} \ln \left[\frac{1 - B a_w + C a_w}{1 - B a_w} \right] \quad (2)$$

где, B и C - это константы модели ГАБ.

Давление растекания (π) листьев крапивы, имбиря и девясила при различных температурах были определены уравнениями (1) и (2) которые представлены в виде графиках на рис. 1.

Чистая изостерическая теплота сорбции показывает сильную связь с содержанием влаги (рис. 1). Оно уменьшается по мере увеличения равновесной влажности. Максимальная чистая изостерическая теплота сорбции при низком равновесном содержании влаги указывает на то, что связь между молекулами воды и лекарственных растений происходит прежде всего в более активных сорбционных участках, вызывая сильные взаимодействия.

Во третьей главе диссертации «**Математическое моделирование процесса сушки материалов гелио водонагревательной конвективной сушильной установки**» приведены результаты исследование моделирования процесса сушки материалов гелио водонагревательной конвективной сушильной установки.

В компьютерной модели вводятся исходные данные включая значения входных параметров гелио водонагревательной конвективной сушильной установки. Исходные данные показаны на рис. 2.

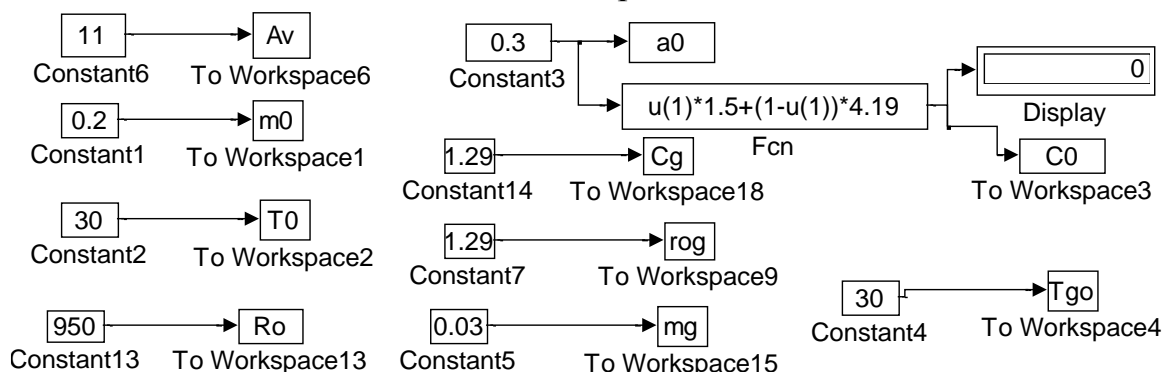


Рис. 2. Исходные данные (входные параметры) расчета гелио водонагревательной конвективной сушильной установки

С помощью компьютерной модели осуществлен автоматизированный расчет процесса сушки материала гелио водонагревательной конвективной сушильной установки.

На компьютерной модели рассчитаны и рассмотрены все параметры гелио водонагревательной сушильной установке, на примере изменения параметров процесса при сушке корня имбиря. Осуществлен поиск адекватной модели задаваясь различными значениями коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи используя метод направленного случайного поиска. На рис.3 показаны кривые адекватной компьютерной модели.

Далее на адекватной компьютерной модели рассчитаны и рассмотрены (рис. 3-6) остальные основные параметры гелио водонагревательной сушильной установке.

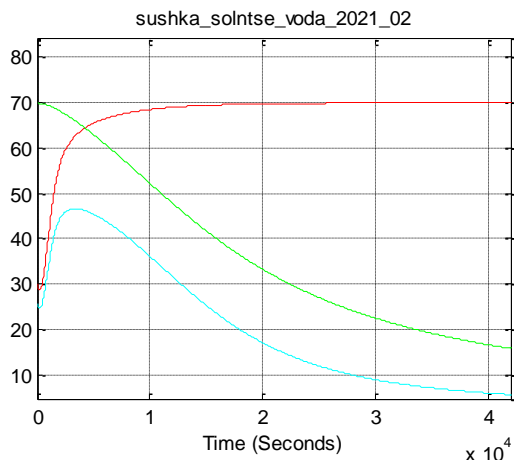


Рис. 3. Изменение параметров процесса при сушке корня имбиря на адекватной компьютерной модели в ГВСУ



Рис. 4. Изменение коэффициента массоотдачи сушке корня имбиря в ГВСУ

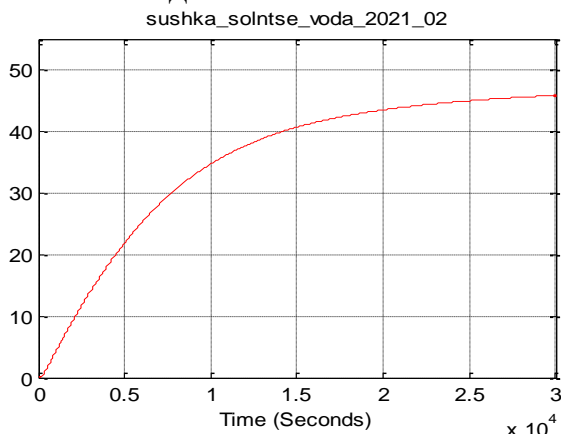


Рис. 5. Изменение расхода испаренной воды в ГВСУ

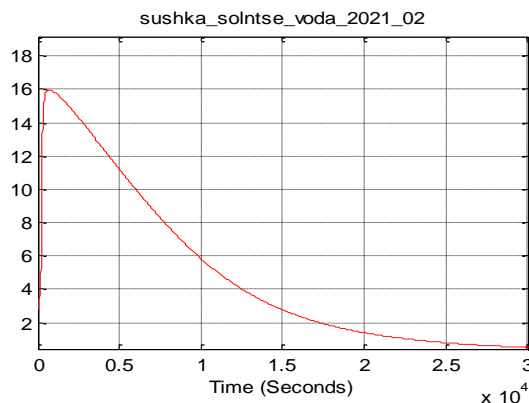


Рис. 6. Изменение парциального давления водяного пара в процессе сушки корня имбиря в ГВСУ

На рисунках показаны изменения равновесной температуры материала, концентрация, высушиваемого материала, температура материала. Как видно с продолжением сушки концентрация влажности материала, влажность воздуха, масса высушиваемого материала, коэффициент массопередачи, парциальное давления водяного пара и равновесная температура материала уменьшается, приближается к постоянному значению, а также температура, количеству затраченной энергии увеличиваются.

Определение оптимальных условий процессов сушки в гелио водонагревательной конвективной сушильной установки осуществлено по критерию максимизации производительности комплекса, состоящей из нескольких аппаратов гелио водонагревательной конвективной сушильной установки. Оптимальным определено количество аппаратов равным 3 в системе гелио водонагревательной конвективной сушильной установки.

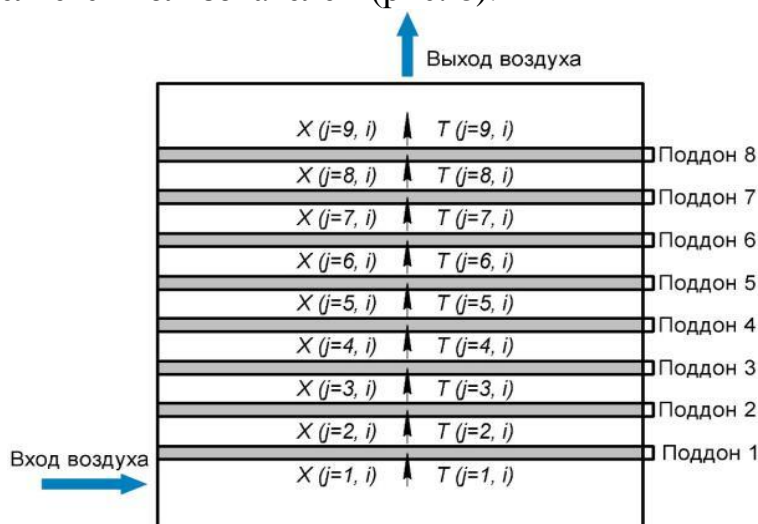
В четвертой главе диссертации «Разработка модели системы гелио водонагревательной сушильной установки» приведены результаты исследование модели системы гелио водонагревательной сушильной установки. Целью данного исследования является разработка и экспериментально исследовать модель гелио водонагревательной сушильной установки для сушки корня имбиря (*Zingiber*) и других лекарственных растений. Модель системы разработана в MATLAB с использованием нескольких подфункций, чтобы разбить систему на ее основные подсистемы.

Модель сушилки получает входные данные от модели коллектора (отправленной через основную программу) и взаимодействует с моделью сушки проодуктов внутри. Выходы поступают в модель выхлопной трубы через основную программу. На рисунке 7 показана общая схема MATLAB сушильной камеры.



Рис. 7. Схема кодирования сушильной камеры

Каждый поддон составляет свою зону в системе. Например, первая зона содержит первый поддон и получает входные сигналы от солнечного коллектора и выходные данные для второй зоны. Разбивая систему на зоны, можно определить содержание влаги для имбиря на каждом поддоне количество поддонов определяется пользователем (рис. 8).



j -пространственный узел; i -время узла.

Рис. 8. Схема сушильной камеры (количество поддонов определяется пользователем)

Когда влага имбиря испаряется и попадает в воздух, новый коэффициент влажности воздуха рассчитывается как:

$$X_{(j+1)} = X_{(j)} + \frac{\dot{m}_{\text{вод.}(j)}}{\dot{m}_{\text{воз.}}} \quad (4)$$

где $X_{(j+1)}$ - коэффициент влажности, выходящий из зоны, $X_{(j)}$ - коэффициент влажности, поступающий в зону; $\dot{m}_{\text{вод.}(j)}$ - массовый расход водяного пара из-за испарения на поверхности продукции и составляет определяется моделью сушки прооудукии; $\dot{m}_{\text{воз.}}$ - массовый расход сухого воздуха (не включая водяной пар).

Коэффициенты влажности, выведенные из этого уравнения, являются сухими. Чтобы получить отношение влажности к влажной основе, используется уравнение (5):

$$w_{(j+1)} = \frac{X_{(j+1)}}{1+X_{(j+1)}} \quad (5)$$

Данные влажного материала решаются потому оно является входным параметром для модели сушки продукции и будет сохранено в основной программе с использованием структуры воздушной переменной и использовано для решения следующего шага системного времени. Тепловая энергия используется во время процесса испарения и вызывает снижение температуры в площади. Поскольку энтальпия постоянна по всей площади, система может быть представлена в виде следующего энергетического баланса для стационарной системы:

$$\dot{m}_{\text{воз.}}(h_{\text{вн.}} - h_{\text{вых.}}) = q_{\text{пот.}} \quad (6)$$

где $h_{\text{вн.}}$ - представляет энтальпию в пространстве; $h_{\text{вых.}}$ - представляет энтальпию, покидающую зону; $q_{\text{пот.}}$ - представляет тепловые потери в пространстве.

Энтальпия может быть выражена через соотношение температуры и влажности как:

$$h = T(1,01 + 1,89X) + 0,0025X \text{ (кДж/кг)} \quad (7)$$

Объединение формул (6) и (7) температура на выходе из зоны может быть решена как:

$$T_{A(j+1)} = \frac{T_{A(j)}(1,01+1,89X_{(j)})+0,0025(X_{(j)}-X_{(j+1)})-\frac{q_{\text{пот.}}}{\dot{m}_{\text{воз.}}}}{1,01+1,89X_{(j+1)}} \quad (8)$$

где $T_{A(j+1)}$ - температура, покидающая зону; $T_{A(j)}$ - температура, поступающая в зону; C_p - удельная теплота воздуха.

Предполагается, что потери равны нулю.

Модель солнечного коллектора определяет температуру на выходе и относительную влажность, температуры окружающей среды и относительной влажности. На рисунке 9 показано расположение кодирования MATLAB более подробно.

Выражение для эффективности стационарного солнечного коллектора с развитой структурой представлено в виде:

$$\eta = \frac{\alpha_{\text{солн.}}}{1 + \frac{h_r}{\epsilon \rho C_p V_B}} \quad (9)$$

где $\alpha_{\text{солн.}}$ - солнечная абсорбционная способность поверхности абсорбера; h_r - коэффициент радиационных тепловых потерь от поверхности абсорбера к окружающей среде; ϵ - эффективность теплообмена поверхности коллектора;

$V_с$ - скорость всасывания; ρ - плотность воздуха; C_p - это удельная теплоемкость воздуха.

Уравнение для скорости всасывания:

$$V_B = \frac{\dot{V}}{A_K} \quad (10)$$

где V - объемный расход системы; A_K - площадь поверхности коллектора.

Уравнение для h_r имеет вид:

$$h_r = \epsilon_{II} \frac{\sigma(T_{II}^4 - T_{\infty}^4)}{T_{II} - T_{\infty}} \quad (11)$$

где ϵ_n - коэффициент излучения пластины поглотителя; σ - постоянная Стефана-Больцмана; T_n - температура пластины; T_{∞} - температура окружающего воздуха.



Рис. 9. Схема кодирования солнечного коллектора

Чтобы разработать модель эффективности, разделяем общую эффективность на три составляющих: эффективность в передней части пластины, через отверстия в пластине и в задней части пластинки. Уравнения (12-15) показывают определение для каждой эффективности:

$$\epsilon = \frac{T_o - T_{\infty}}{T_{II} - T_{\infty}} \quad (12)$$

$$\epsilon_{II} = \frac{T_{O1} - T_{\infty}}{T_{II} - T_{\infty}} \quad (13)$$

$$\epsilon_o = \frac{T_{O2} - T_{O1}}{T_{II} - T_{O1}} \quad (14)$$

$$\epsilon_3 = \frac{T_o - T_{O2}}{T_{II} - T_{O2}} \quad (15)$$

где T_{o1} - средняя объемная температура воздуха, когда он входит в отверстие; T_{∞} - температура окружающего воздуха; T_{II} - температура поглощающей пластины; T_{o2} - средняя объемная температура воздуха на выходе из отверстия; T_o - средняя объемная температура внутренней части коллектора; ϵ_n - эффективность для передней части пластины; ϵ_o - эффективность через отверстие; ϵ_3 - эффективность на задней части пластины.

Модель выхлопной трубы используется для определения объемного расхода через систему. Выхлопная труба является движущей силой воздушного потока в системе. Силы плавучести и потери давления во всей системе должны быть учтены.

Силу плавучести для каждого компонента прототипа: солнечного коллектора, сушильной камеры и выхлопной трубы рассчитывали, используя одно и то же основное уравнение:

$$\Delta P = gH\Delta\rho \quad (16)$$

где ΔP - разность давлений в компоненте; g - стандартная постоянная гравитационное ускорение; H - вертикальная высота компонента; $\Delta\rho$ - разница в плотности воздуха между воздухом в каждом компоненте и воздухом вне системы.

Уравнение (16) может быть решена для каждого компонента и суммирована для определения общего давления движущего потока, который запрещается устанавливать равным потерям давления системы для определения расхода. Потеря давления для коллектора была смоделирована следующим образом:

$$\Delta P = \frac{1}{2} f_{\text{колл.}} \rho V^2 \quad (17)$$

где ρ - плотность воздуха; V - скорость всасывания; $f_{\text{колл.}}$ - определяется эмпирическим путем:

$$f_{\text{колл.}} = 6,82 \left(\frac{1-\sigma_{\text{п}}}{\sigma_{\text{п}}} \right)^2 Re_h^{-0,236} \quad (18)$$

где $\sigma_{\text{п}}$ - пористость пластины поглотителя; Re_h - определяется, как и раньше, в модели коллектора.

Потеря давления на каждом поддоне в сушильной камере использовалась следующее:

$$\Delta P = \frac{f_{\text{кам.}} \rho_{\text{кам.}} \dot{V}^2}{2A_{\text{дост.}}^2} \quad (19)$$

где $\rho_{\text{кам.}}$ - средняя плотность воздуха в сушильной камере; $A_{\text{дост.}}$ - пространство, доступное для движения воздуха через поддон; \dot{V} - объемный расход системы; $f_{\text{кам.}}$ - определяется как:

$$f_{\text{кам.}} = \frac{22}{Re_{\text{кам.}}} + 1,3(1 - \sigma_{\text{пор.мат.}}) + \left(\frac{1}{\sigma_{\text{пор.мат.}}} - 1 \right)^2 \quad (20)$$

где $Re_{\text{кам.}}$ - число Рейнольдса, основанное на потоке воздуха через сушильную камеру; $\sigma_{\text{пор.мат.}}$ - пористость материала сита, используемого для сушильных поддонов.

Эта модель предполагает, что сито не загрязнено, сделана из круглой металлической проволоки, которая не подвергается коррозии, и число Рейнольдса составляет менее 50. На рисунке 10 показана общая схема MATLAB.



Рис. 10. Схема модели выхлопной трубы

Содержание влаги на влажной основе определяется как:

$$M_{w.и.} = \frac{m_w}{m_w + m_c} \quad (21)$$

где m_w - масса воды в материале; m_c - масса сухого материала.

Содержание влаги на сухой основе определяется как:

$$M_{с.и.} = \frac{m_w}{m_c} \quad (22)$$

$$\Delta MC_{с.и.} = \sqrt{\left(\frac{1}{m_{с.и.}}\right)^2 \Delta m_{п.и.}^2 + \left(-\frac{1}{m_{с.и.}}\right)^2 \Delta m_t^2 + \left(-\frac{m_{п.и.}-m_t}{m_{с.и.}^2}\right)^2 \Delta m_{с.и.}^2} \quad (23)$$

$$\Delta MC_{w.и.} = \sqrt{\left(\frac{1}{m_{w.и.}}\right)^2 \Delta m_{с.и.}^2 + \left(\frac{m_{с.и.}}{m_{w.и.}^2}\right)^2 \Delta m_{w.и.}^2} \quad (24)$$

где $m_{с.и.}$ - масса сухого корня имбиря; $m_{п.и.}$ - масса поддона и корня имбиря; m_t - масса поддона; $m_{w.и.}$ - равна разнице между $m_{п.и.}$ и m_t .

Эффективность коллектора рассчитана по формуле (23). Для температуры коллектора использовалась средняя температура на выходе.

$$\eta = \frac{\dot{V} \rho C_p (T_{\text{вых.}} - T_{\text{окр.}})}{I_c A_k} \quad (25)$$

Уравнение (26) показывает неопределенность для эффективности коллектора:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \dot{V}}{\dot{V}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_c}{I_c}\right)^2 + \frac{\Delta T_{\text{вых.}}^2 + T_{\text{окр.}}^2}{(T_{\text{вых.}} - T_{\text{окр.}})^2}} \quad (26)$$

где \dot{V} - объемный расход; I_c - солнечный поток; $T_{\text{вых.}}$ - температура на выходе коллектора; $T_{\text{окр.}}$ - температура окружающей среды.

На рисунке 11 примерно через 525 минут после сушки температура упала. Это связано с уменьшением солнечного излучения в это время, как показано на рисунке 12. На рисунке 12 показан солнечный поток во времени для каждого этапа данных сушки. Температура на выходе коллектора обычно на 20 °С выше температуры окружающей среды на данных первого этапа. Температура снижалась при прохождении воздуха через сушильную камеру. Температура на выходе из выхлопной трубы превысила температуру на входе в нее, что указывает на некоторые чистые солнечные или возможные лучистые выгоды от прямого воздействия на верхнюю часть выхлопной трубы. Температура сушильной камеры была выше на втором дне по сравнению с температурой окружающей среды. Это ожидаемо, так как меньше энергии уходит на испарение, так как ломтики корня имбиря находятся в периоде более низкой скоростной сушки. Температура коллектора ниже на втором дне, что, вероятно, связано с более низкой температурой окружающей среды.

На рисунке 12 первые несколько точек данных для T8 являются выбросами, так как термопара отключена в начале эксперимента и считывает значение -9999, когда это происходит. Те же самые тенденции замечены во втором этапе данных как первый. Выход коллектора регулярно превышал температуру окружающей среды на 20 °С.

На рисунке 13 показан солнечный поток для обоих наборов данных. Цвет пунктирных линий соответствует данным, показывающим разрыв между днями эксперимента. Первый день второго этапа данных является хорошим примером солнечного потока в течение дня, показывая меньшую интенсивность в начале и конце дня. Небольшие скачки в данных, особенно в моменты времени 150 и 275 во втором наборе данных, указывают время дня, когда установка была повернута лицом к солнцу.

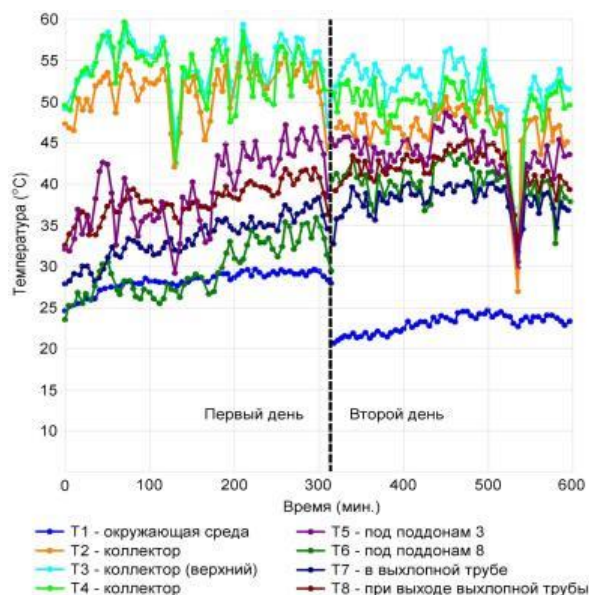


Рис. 11. Измерённые температуры для экспериментальной сушки, первый и второй день

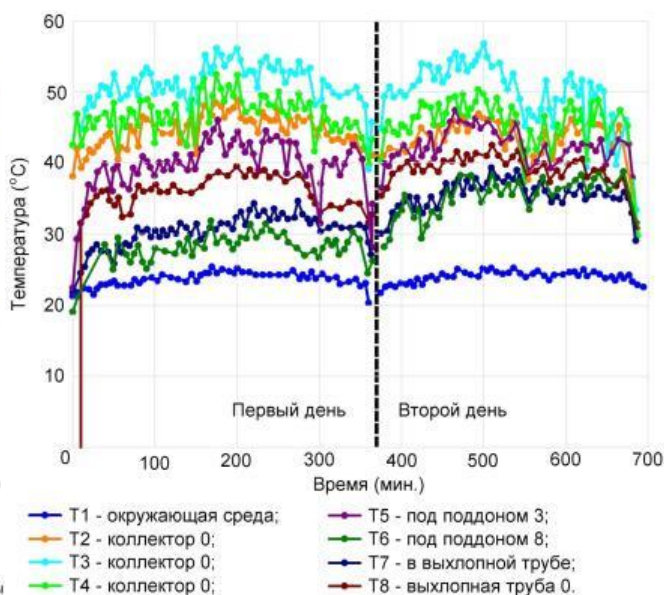


Рис. 12. Измерённые температуры для экспериментальной сушки, первый и второй день

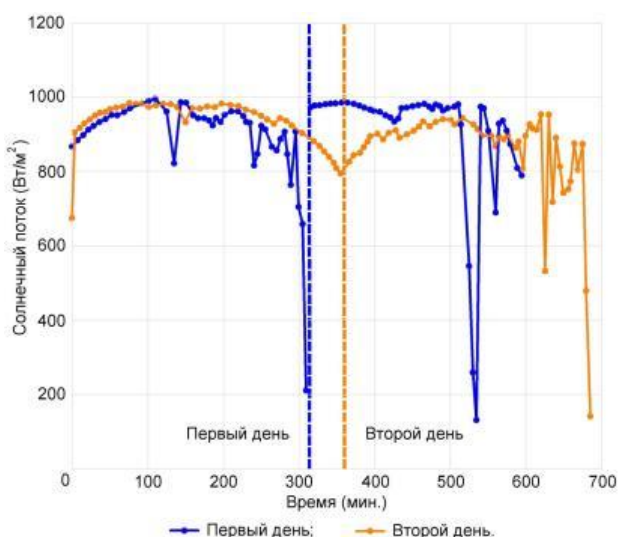


Рис. 13. Солнечный поток в зависимости от времени для обоих наборов данных экспериментов

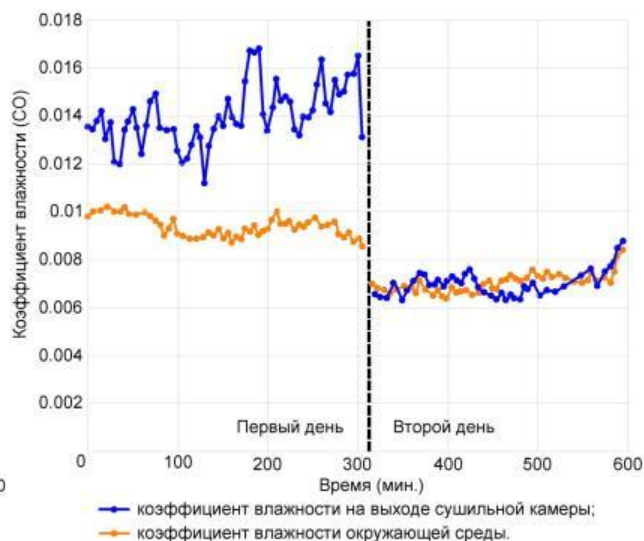


Рис. 14. Измеренные температуры для экспериментальной сушки первый день и второй день

Несмотря на то, что относительная влажность была фактическим измерением, отношение влажности показана потому что нет зависимости от температуры и дает более четкое представление о том, что происходит в системе. Как показано на рисунке 15, большая часть процесса сушки произошла в течение первого дня, а небольшая сушка произошла во второй день испытаний для эксперимента, проведенного первый день и второй день. Это связано с длительным периодом пребывания корня имбиря в помещении между днями эксперимента. На рисунке 16 показано соотношение влажности окружающей

среды и влажности на выходе из сушильной камеры для данных, полученных первый день и второй день. Этот этап данных показывает более постепенное снижение влажности воздуха для сушки с течением времени.

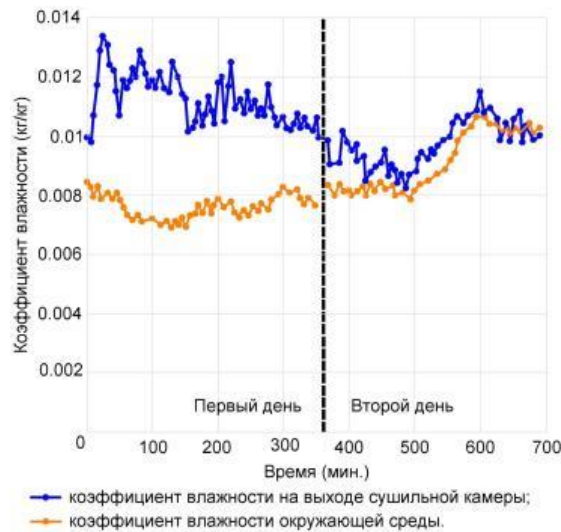


Рис. 15. Коэффициенты влажности, преобразованные из измеренной относительной влажности для набора данных первый день и второй день

На рисунке 16 показано влажное содержание влаги в ломтиках корня имбиря в течение периода сушки. Данные разбиты по поддонам. Первый поддон находился в нижней части сушильной камеры и, следовательно, должен был высохнуть быстрее всего.

Корень имбиря сушился в течение двухдневного периода со средним начальным содержанием влаги 73% и сушился в среднем до 8%. Корень имбиря на верхнем поддоне сушился не так быстро, как корень имбиря на первом поддоне. 4 кг нарезанные корни имбиря на квадратный метр площади абсорбера коллектора высушивали со средним объемным расходом от 0,015 до 0,020 м³/с.

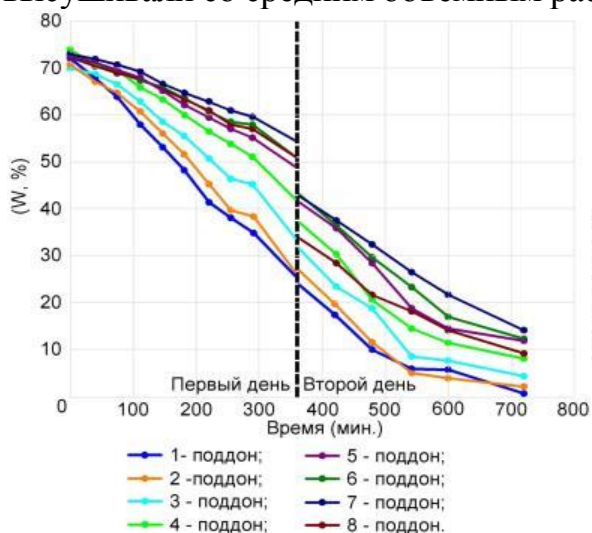


Рис. 16. Содержание влаги на влажной основе в течение периода испытаний первый день и второй день

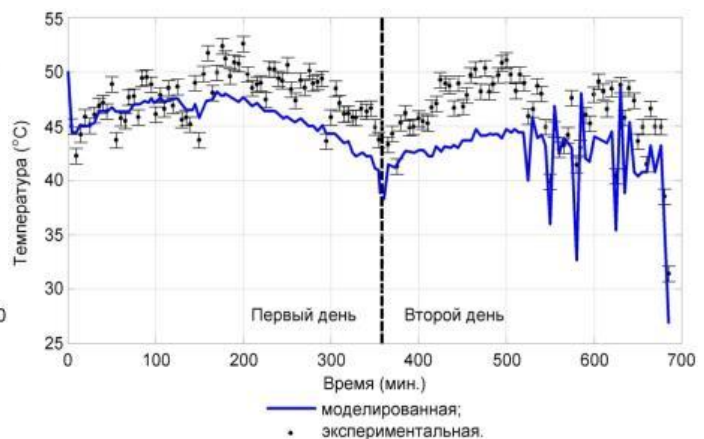


Рис. 17. Сравнение температуры на выходе коллектора

На следующих графиках все экспериментальные данные взяты из эксперимента, проведенного первый день и второй день. Точки дискретных данных представляют экспериментальные значения, в то время как непрерывная функция показывает моделируемые данные. Моделирование представляет собой технически дискретные данные с пятиминутными интервалами. Линия используется для наглядности. На рисунке 17 показано сравнение экспериментальных и смоделированных данных температуры на выходе коллектора. Модель коллектора занижает температуру на выходе коллектора согласно нашим экспериментальным данным.

На рисунке 18 показано, что смоделированный коэффициент влажности на выходе из сушильной камеры соответствует с экспериментальными данными. Модель показывает немного более высокое содержание влаги на выходе из сушилки, что указывает на незначительное превышение прогноза по общей скорости удаления влаги.

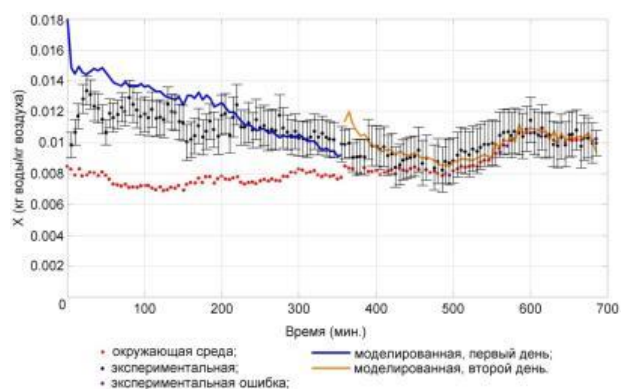


Рис. 18. Коэффициент влажности воздуха на выходе сушильной камеры. Коэффициент влажности окружающей среды представлен в качестве ориентира

В пятой главе диссертации «Исследование процесса сушки растительного сырья на экспериментальной гелио водонагревательной сушильной установке» представлены результаты исследования процесса сушки растительного сырья в экспериментальной гелио водонагревательной сушильной установке. Экспериментальные исследования процесса проводились в лаборатории Ташкентского государственного технического университета.

Для проведения лабораторных исследований изготовлена экспериментальная гелио водонагревательная конвективная сушильная установка, позволяющая провести процесс обезвоживания и фиксирования оптимальных параметров сушимых лекарственных растений (рис.19.)

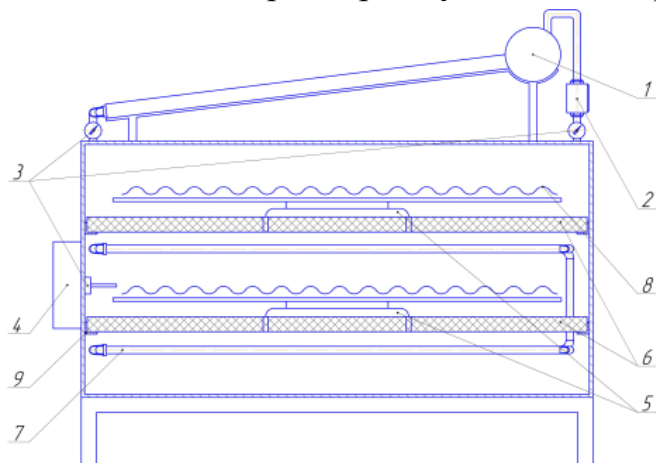


Рис. 19. Схема лабораторной гелио водонагревательной установки

Данная установка позволяет проводить исследования: динамики тепловлагодпереноса в слое сохнущего лекарственного растения; величин удельной влагоемкости и теплопроводности сырья; аэродинамического сопротивления слоя в зависимости от влажности и плотности обезвоживаемого растения.

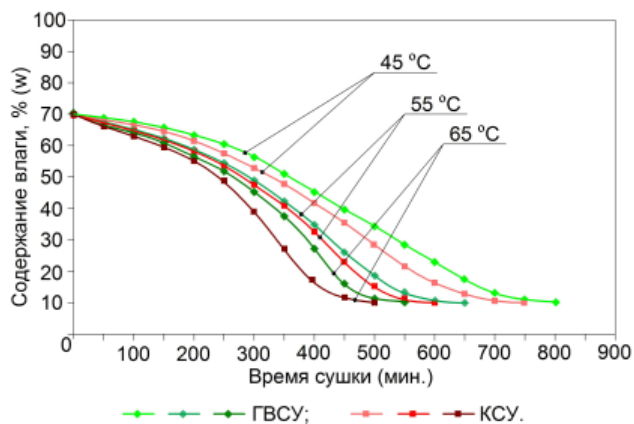


Рис. 20. Графики сушки корня имбиря при температурах 45, 55 и 65 °C

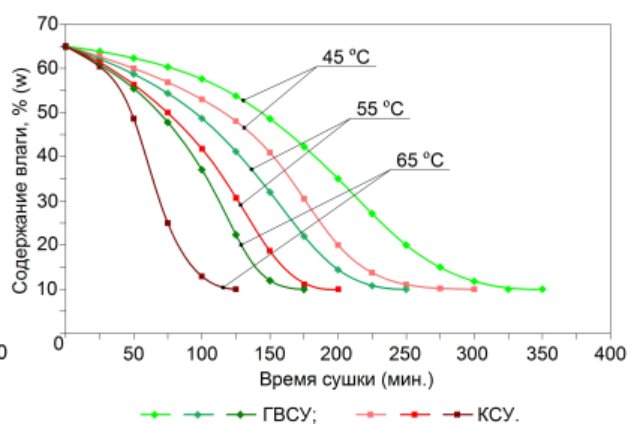


Рис. 21. Графики сушки листьев крапивы при температурах 45, 55 и 65 °C

На рис. 20 приведены кривые полученные в процессе сушки корня имбиря. По графику видно что, сушка корня имбиря протекала 770 минут на конвективной сушильной установке при температуре 45 °C. Процесс сушки длился 815 минут в гелио водонагревательной сушильной установке, также при температуре 45 °C. Начальная влажность составляла 70 %, конечную сушку довели до 14% влажности. Процесс сушки, которую проводили на конвективной сушильной установке при температуре 55 °C длилась 370 минут, в гелио водонагревательной сушильной установке 650 минут, конечная влажность 14%. Следующую сушку проводили при температуре 65 °C, длительность сушки конвективной сушки протекала 490 минут, гелио водонагревательная сушильная установка сушила 545 минут.

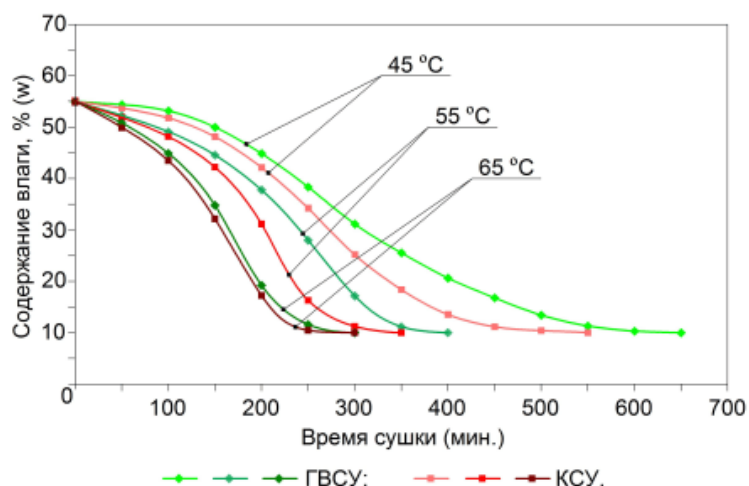


Рис. 22. Графики сушки корня девясила при

Аналогичные эксперименты по сушки данных лекарственных растений проводили также с лекарственными растениями как листьями крапивы (рис. 21) и корнями девясила (рис. 22). По рисункам можно увидеть что сушка в конвективной сушилке относительно гелио водонагревательной сушильной установке протекает быстрее в из проведенных температурах: длительность сушки листьев крапивы протекала 310 минут при 45 °С, 190 минут при 55 °С и 115 минут при 65 °С; в гелио водонагревательной сушильной установке 350 минут 45 °С, 245 минут при 55 °С и 170 минут при 65 °С.

Высушенные образцы лекарственных растений исследовались в Институт биоорганической химии имени академика А.С.Садыкова АН РУз на остаточное содержание масличности и водорастворимых витаминов.

1-образец корня имбиря из отечественного производства; 2-образец корня имбиря высушенного конвективного способа; 3-образец корня имбиря высушенного гелио водонагревательной сушильной установки; 4-образец листьев крапивы из отечественного производства; 5-образец листьев крапивы высушенного конвективного способа; 6-образец листьев крапивы высушенного гелио водонагревательной сушильной установки; 7-образец



Рис. 23. Высушенные образцы лекарственных растений

корня девясила из отечественного производства; 8-образец корня девясила высушенного конвективного способа; 9-образец корня девясила высушенного гелио водонагревательной сушильной установки.

На рис. 23 можно увидеть результаты по высушенным образцам корня имбиря, листьев крапивы и корня девясила. Каждое лекарственное растение готовили к анализу по отдельности по порядку: 1- образец из отечественного производства; 2- образец конвективного способа; 3- образец гелио водонагревательной

сушильной установки.

Расчетным методом, взвесив заранее вес используемых пустых колб, проб и полученного масла, высчитывали массовую долю жира. Результаты проведенной работы лекарственных растений на содержание масличности приведены в таблице 2.

Таблица 2.**Результаты содержание масличности лекарственных растений**

№	Содержание масличности корня имбиря	Концентрация (корня имбиря), %	Концентрация (листьев крапивы), %	Концентрация (корня девясила), %
1	Образец из отечественного производства	3,15	1,12	1,12
2	Образец конвективного способа	3,47	1,32	1,32
3	Образец гелио водонагревательной сушильной установки	3,51	1,26	1,26

Обезжиренные образцы использовали для дальнейшего исследования на содержание водорастворимых витаминов. Типовые методики позволяют количественно определять следующие: витамины В₁ (тиамина), В₂ (рибофлавин, рибофлавинмононуклеотид), РР (В₃ кислоту никотиновую, никотинамид), В₆ (пиридоксина гидрохлорид), В₉ (фолиевую кислоту), витамин С (аскорбиновую кислоту). Результаты исследование приведены на таблице 3.

Таблица 3.**Результаты анализаводорастворимых витаминов**

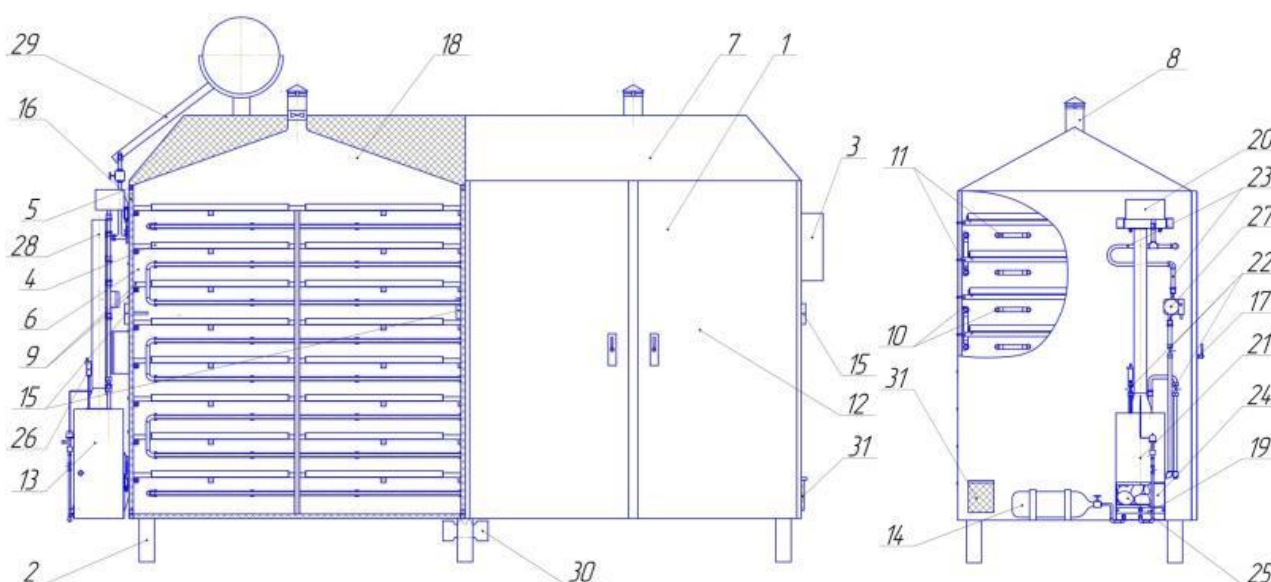
Витамины / Образцы	Тиамин (В1)	Рибофлавин (В2)	Пиридоксин (В6)	Фолиевая кислота (В9)	Аскорбиновая кислота (С)	Никотиновая кислота (РР)
Имбирь ОП	4,674102	11,18522	0,401618	16,88852	12,83305	0
Имбирь КСУ	5,136153	15,98256	0,458257	15,22463	16,32014	2,839757
Имбирь ГВСУ	5,58372	15,28989	0,685546	24,45923	18,15835	3,194726
Крапива ОП	5,340382	10,02437	0	25,12479	19,46816	0
Крапива КСУ	5,473638	11,33915	0,7032	24,37604	22,37522	4,918864
Крапива ГВСУ	7,159618	15,16803	0,771607	33,69384	36,20654	7,910751
Девясл ОП	8,757242	21,74833	1,124678	39,51747	18,7969	8,772819
Девясл КСУ	8,770278	21,38276	1,200441	30,11647	17,53528	14,55375
Девясл ГВСУ	11,67874	22,69112	1,925708	41,76373	29,28055	33,41785

Анализ ВЭЖХ водорастворимых витаминов проводят на хроматографе Agilent Technologies 1200 на колонке EclipseXDBC18 (обращено-фазный), 5мкм, 4,6x150мм. Детектор диод-матрицы (ДАД), 254нм, 290нм. Раствор А:

0,5% уксусная кислота, pH 1,7: В:CH₃CN (ацетонитрил). Скорость потока 1мл/мин. Градиент %В/мин: 0-5мин/96:4%, 6-8мин/90:30%, 9-15мин/80:20%, 15-17мин/96:4%. Термостат 25⁰С.

В шестой главе диссертации «Разработка конструкции гелио водонагревательной сушильной установки» приведена конструкция и описан принцип работы гелио водонагревательной сушильной установки (рис. 24).

Сушильная установка предназначена для предприятий пищевой и фармацевтической промышленности для получения высококачественных продуктов – сушеных и концентрированных экстрактов овощей, фруктов и лекарственных трав, а также сиропов, пюре и сухих концентратов с сохранением биологически активных веществ и полезных ингредиентов на базе местного сырья.



- 1-сушильная камера; 2-ножки установки; 3-встроенный пульт управления с инвентором тока; 4-поддон для перерабатываемого сырья; 5-каркас камеры; 6-внутренняя сетка; 7-наружная облицовка; 8-вентиляционная труба; 9-ярус с ограничителем; 10-кронштейн для крепления облучательного узла; 11-облучательный узел инфракрасного излучения; 12-двери; 13-отопительный котёл; 14-газовый котёл; 15-термометр; 16-теплоизоляционный слой; 17-штурвала запираения двери, 18-внутреннего потолка камеры; 19-автоматическое устройство горелки; 20-расширительная бочка; 21-система теплообменника; 22-шаровые краны; 23-трубопроводы; 24-двери отопительного котла; 25-тепло аккумулятора; 26-пароотводчик (воздухоотводчик); 27-циркуляционный насоса; 28-дымохода (газоход); 29-солнечный коллектор; 30-вибратор; 31-отверстие для вентиляции.

Рис. 24. Опытно-промышленная гелио водонагревательная сушильная установка

Разработанная ГВСУ для сушки лекарственных растений с сохранением лекарственных свойств внедрена в Папском специализированном государственном лесном хозяйстве при Комитете государственном лесном хозяйстве Республики Узбекистан. Предлагаемые техника и технологии экономически оправданы и в соответствии с осуществляемой в Узбекистане инновационной политикой смогут быть рекомендованы к применению в других аналогичных хозяйствующих субъектах, предприятиях малого бизнеса, сельского и лесного хозяйства, пищевой и фармацевтической промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по теме докторской диссертационной работы «Разработка гелио водонагревательной установки для сушки лекарственных растений с сохранением биологически активных веществ» представлены следующие выводы:

1. Предложены характеристики изотермы сорбции, смоделирована под функцией 3-й степени при этом активность воды (a_w) составляет в листьях крапивы – 0,289, корнях имбиря – 0,344, корнях девясила – 0,325. Все полученные экспериментальные кривые представляют псевдостадии в окрестности одной и той же оптимальной активности консервирования (0,3) с различным равновесным содержанием воды (2,6% сухого вещества для корня девясила, 5,6% сухого вещества для листьев крапивы и 11% сухого вещества для корня имбиря).

2. Предложены значения общей теплоты смачивания (кДж/моль сухих лекарственных растений) для интервала содержания влаги (6,5–11,5%) составляет сорбцию в листьях крапивы – 20,97, корнях имбиря – 18,21, корнях девясила – 13,65 и десорбции в листьях крапивы – 40,92, корнях имбиря – 30,75, корнях девясила – 17,09. В результате сравнения общей теплоты смачивания в одном и том же интервале влагосодержания (6,5–11,5%) для всех видов также выше по десорбции, чем по сорбции. Следовательно, затраты энергии, необходимые в листьях крапивы для убавления содержания влаги в процессе сушки, выше, чем у других исследованных видов.

3. Осуществлена согласованность (95%) компьютерной модели с коррекцией по коэффициенту массоотдачи и коэффициенту теплоотдачи. С введением исходных данных установлены кривые изменения влажности материала, температура материала, ее равновесная температура, массы высушиваемого материала, количество переходящей воды в газовую фазу, работы, выполняемой энергии для сушки материала. На основе этого можно рекомендовать ряд способов оптимизации данной установки и автоматизации всего процесса гелио водонагревательной конвективной установки сушки.

Оптимальным определено количество аппаратов равным 3 в системе гелио водонагревательной конвективной сушильной установки.

4. Разработана математическая модель для прогнозирования скорости сушки продукции. Использована модель солнечных прозрачных коллекторов, основанная на эффективности пластины поглотителя. Модель сушильной камеры разделена на зоны, каждая зона представляла собой поддон с продукцией в сушильной камере. Когда тепло проходит через сушильную камеру, в него добавляется больше влаги. Выхлопная труба смоделирована путем установки сил плавучести системы, равных потерям давления системы, чтобы определить объемный расход.

5. Разработана модель служащая отправной точкой для дальнейшего изучения процесса сушки лекарственных растений и его возможностями использования для прогнозирования скоростей сушки различной растительной продукции, используя их в различных условиях окружающей среды. Модель может быть использована для оптимизации сушильной установки при конкретном наборе условий окружающей среды и требований. Например в лесных хозяйствах, в горных регионах или в фермерских хозяйствах, где необходима сушка проводимая в течении 12 часов. В модели можно использовать данные погоды, которые доступны онлайн.

6. По результатам исследований свойств высушиваемой продукции найдены: допустимая температура, время сушки, и на этой основе выбран рациональный вариант конструкции гелио водонагревательной сушильной установки с тепловым агентом.

7. Проведен сравнительный анализ высушенных лекарственных растений на определение остаточной масличности, у корней девясила - 3,51%, в листьях крапивы - 1,26% и корнях девясила - 5,11% в условиях реализации различных методов сушки на пользу гелио водонагревательной сушильной установки.

8. Проведен сравнительный анализ высокоэффективной жидкостной хроматографии высушенных лекарственных растений в условиях реализации различных методов сушки для сравнения водорастворимых витаминов и определено что тиамин (B1), рибофлавин (B2), пиридоксин (B6), фолиевая кислота (B9), аскорбиновая кислота (C) и никотиновая кислота (PP) содержатся больше в образцах, высушенных в предложенной авторами установке.

9. Выявлено, что при использовании гелио водонагревательной установки в Папском специализированном государственном лесном хозяйстве потери сырья снизились и составили 14%, снижены энергозатраты на 26-28%, получен качественный конечный продукт, сохранивший биологически активные вещества на 90-95%.

10. Разработка и рекомендации диссертации по технике и технологии сушки лекарственных растений при сохранении биологически активных

веществ внедрены на предприятии Комитета государственного лесного хозяйства Республики Узбекистан (справка Комитета государственного лесного хозяйства Республики Узбекистан от 14 мая 2020 года №05/12-1326). В результате применения техники и технологии сушки гелио водонагревательной установки повысилась производительность в 1,6 раза, в среднем за год общая экономическая эффективность составила 162 млн. сум.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC
COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF
DSc.03/30.12.2019.T.04.01 AT TASHKENT CHEMICAL -
TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

SULTANOVA SHAKHNOZA ABDUVAKHITOVNA

**DEVELOPMENT OF A SOLAR WATER HEATING EQUIPMENT FOR
DRYING MEDICINAL HERBS WHILE PRESERVING BIOLOGICALLY
ACTIVE SUBSTANCES**

**02.00.16 - Processes and apparatus of chemical technologies and food productions
(technical sciences)**

**ABSTRACT OF DOCTORAL (DSc) DISSERTATION
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of dissertation doctor of science (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2.DScT354.

The dissertation has been carried out at the Tashkent state technical university named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english) is placed on web page to address www.tkti.uz and information-educational portal ZIYONET to address www.ziyonet.uz.

Scientific consultant:

Safarov Jasur Esirgapovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Xudayberdiev Absalom Abdurasulovich
doctor of technical sciences, senior researcher

Kurbanov Jamshed Majidovich
doctor of technical sciences, professor

Azizov Aktam Sharipovich
doctor of agricultural sciences, docent

Leading organization:

Fergana polytechnic institute

Defense will take place «24» 07 2021 at 10⁰⁰ at the meeting of scientific council number 14.07.2018.T.08.01 at Tashkent chemical-technological institute to address: 100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi str.,32. Ph.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-7917; e-mail: tkti_info@mail.ru.

The dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Tashkent chemical-technological Institute № 18 (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32 Administrative Building of the Tashkent chemical-technological Institute, Ph.: (99871) 244-79-20.

The abstract of the dissertation has been distributed on "09" 07 2021 year.
Protocol at the register № 10 dated «09» 07 2021 year.



S.M.Turobjonov
Chairman of scientific council on award of scientific degree,
Doctor of technical sciences, Professor

X.I.Qodirov
Scientific secretary of scientific council on award of
scientific degree, Doctor of chemical sciences, docent

Q.O.Dodaev
Chairman of scientific seminar under scientific
council on award of scientific degree of doctor of
sciences, Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral (DSc) dissertation)

The aim of the research is to improve the development of the theory and development of a solar water heater for drying medicinal plants with preservation of biologically active substances.

The object of the study is forestry products - in the form of medicinal plants (*ginger root (Zingiber)*, *nettle leaf (Urtica)* and *elecampane root (Inulae rhizomata et radices)* - that require preservation of their medicinal properties.

The scientific novelty of the study lies in the following:

the qualitative parameters of the dried medicinal plants were determined, the thermo-physical characteristics were examined, and the chemical composition of the finished product was studied;

the equilibrium temperature, the mass of material to be dried and the amount of water transferred to the gas phase during the energy input for the drying process are determined;

a mathematical model of the drying process using solar energy was created, taking into account the influence of climatic conditions when choosing the optimum parameters for the drying technology;

a method has been developed to reduce energy consumption by 26-28% for the solar drying process;

a new design of solar water heating, energy and resource saving plant for drying medicinal plants;

a drying process for medicinal plants has been developed that makes it possible to preserve 90-95% of the biologically active substances;

a solar water heating drying plant has been developed that ensures a uniform drying process by using solar energy and correctly organising the direction of the heating agent for the industrial production of medicinal plants.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the development of a solar water heater for drying medicinal plants with preservation of biologically active substances:

the energy saving drying unit was introduced into the enterprise practice in the Papa Specialised State Forestry (certificate No. 05/12-1326 of the State Forestry Committee of the Republic of Uzbekistan dated 14 May 2020). As a result of the application of the energy-saving unit, a reduction of energy consumption by 26-28% was achieved;

a drying process technology that effectively uses solar energy for drying was introduced into the enterprise's production in the Papa Specialised State Forestry (certificate No. 05/12-1326 of the State Forestry Committee of the Republic of Uzbekistan dated 14 May 2020). As a result of this drying technology, the output of medicinal plants increased by up to 1.6 times and losses were reduced by 14%;

A new design of solar water heating system was introduced at the Papa Specialized State Forestry Enterprise (certificate No. 05/12-1326 of the State Forestry Committee of the Republic of Uzbekistan dated May 14, 2020). As a result of the introduction of the technique and technology, it became possible to obtain a quality end product with preservation of biologically active substances by 90-95%.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of six chapters, a list of references and 10 appendices. The total volume of the dissertation consists of 200 pages, 103 figures and 19 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Дадаев Г.Т., Жумаев Б. Исследование инновационного способа сушки лекарственных растений. // Монография. Muhrpress: Ташкент, 2017. -107 с.
2. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Инновационный метод сушки лечебных растений. // Монография. Адабиёт учқуни: Ташкент, 2019. -174 с.
3. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Жумаев Б.М. Технологический процесс производства сушеных лекарственных трав. // Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2015. -№2. -С.201-204. (02.00.00; №11).
4. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Dadayev G.T., Samandarov D.I. Sorption and desorption of medicinal plants. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. Volume-9, Issue-2, December, 2019. P.685-688. (3. Scopus, IF-0.6, 12. Index Copernicus, 41. SCImago, IF-0.6).
5. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Dadayev G.T., Samandarov D.I. Method for drying fruits of rose hips. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. Vol.9, Issue-1, 2019. -P.3765-3768. (3. Scopus, IF-0.6, 12. Index Copernicus, 41. SCImago, IF-0.6).
6. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Jumayev B.M., Saydullayev A.B. Improvement process drying product. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. Volume-9, Issue-2, 2019. P.656-659. (3. Scopus, IF-0.6, 12. Index Copernicus, 41. SCImago, IF-0.6).
7. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Аит Каддоур А. Аутентификация лекарственных растений мультиспектральным анализом. // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». -Ташкент, 2019. -№1. С.25-29. (02.00.00; №10).
8. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Jumayev B.M. Energy-saving method of drying products. // International journal of advanced research in science, engineering and technology. –India, 2019. Vol. 6, Issue 9, p.10959-10962. (05.00.00; №8).
9. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Дадаев Г.Т. Разработка гелиоаккумуляционной сушильной установки на основе теоретических исследований аккумуляции солнечной энергии. // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Т.63, №2 (2020), -С.174–192. (3. Scopus, IF-1.2).
10. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А. Исследование модели системы для гелио водонагревательной установки с экспериментальным испытанием. // Развитие науки и технологии. –Бухоро. №3 2020.-С. 110-118. (02.00.00; №14).
11. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Research of the temperature profile in the drying process. // Technical science and innovation. -Tashkent, 2020. №1. -P.199-206. (www.uzjournals.edu.uz).
12. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Usenov A.B., Raxmanova T.T. Efficiency of a helio heated collector. // Technical science and innovation. -Tashkent, 2021. №1. - P.264-269. (www.uzjournals.edu.uz).

И бўлим (II часть; II part)

13. Sultanova Sh., Safarov J., Usenov A., Raxmanova T. Definitions of useful energy and temperature at the outlet of solar collectors. // E3S Web of Conferences: Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” (RSES 2020). Vol. 216, 2020. P.1-5. (3. Scopus).

14. Safarov J., Sultanova Sh., Dadayev G.T., Zulponov Sh.U. Influence of the structure of coolant flows on the temperature profile by phases in a water heating dryer. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Dynamics of Technical Systems. Don, 2020. Vol.1029, 2021. №012019. P.1-11. (3. Scopus).

15. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Dadayev G.T., Jumayev B.M. Solar water heating convective dryer for drying medical herbs. // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. Volume 24, Issue 8. 2020. P.1946-1955. (3. Scopus, IF-0.2, 41. SCImago, IF-0.2).

16. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Development of a solar water heating convective unit for drying medicinal plants. // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. Volume 24, Issue 8. 2020. P.1956-1961. (3. Scopus, IF-0.2, 41. SCImago).

17. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Experimental study of the drying process of medicinal plants. // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. Volume 24, Issue 8. 2020. P.1962-1968. (3. Scopus, IF-0.2, 41. SCImago).

18. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Dadayev G.T., Jumayev B.M. Research of the temperature field profiles of the drying process of plant raw materials using a solar-water heating drying equipment. // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. Volume 24, Issue 8. 2020. P.1969-1977. (3. Scopus, IF-0.2, 41. SCImago).

19. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Research research technologies drying medicinal herbs. // International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. ISTC-2K20. 2020. P.91-94. (16. Directory indexing of international research journals-CiteFactor, IF-3.5).

20. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Kinetic regulations of the drying process of drug plants. // International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. ISTC-2K20. 2020. P.95-98. (16. Directory indexing of international research journals-CiteFactor, IF-3.5).

21. Sultanova Sh.A., Safarov J.E. Development solar water heater drying equipment for drying medicinal plants. // International Journal of Advanced Science and Technology. Volume 29, №9s. 2020. pp.2110-2114. (3. Scopus, IF-0.2; 17. Open academic journals index; 41. SCImago).

22. Sultanova Sh.A. Development of a water heating dryer. // International Journal of Advanced Science and Technology. Volume 29, №9s. 2020. pp.5895-5900. (3. Scopus, IF-0.2; 17. Open academic journals index; 41. SCImago).

23. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Ait-Kaddour A., Jumayev B.M. // Isotherm of medicinal plants. International Journal of Advanced Science and Technology. Vol.29, №9s. 2020. pp.5876-5881. (3. Scopus, IF-0.2; 17. Open academic journals index; 41. SCImago).

24. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Водонагревательная сушильная установка. // Заявка FAP 20190006 от 16.01.2019 г.

25. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Beraat O., Gurbuz G. Программное обеспечение математической модели технологии качественной переработки лечебных растений. // № DGU 07724 от 14.01.2020 г.

26. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А. Самандаров Д.И. Программное обеспечение математической модели для сушки лекарственных растений. // № DGU 07094 от 24.09.2019 г.

27. Sultanova Sh.A. Development of drying unit for medicinal plants. // International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. 2020. ISTC-2K20. -P.86-90.

28. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Ikromova Sh. The study of moisture bond forms in edible vegetable raw materials by differential thermal analysis.// International Journal of Advanced Science and Technology. Vol.29, 2020. №9s. -P.5839-5845.

29. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Dadayev G.T., Jumayev B.M. Research drying medicinal plants using a helio accumulation drying equipment. // International Journal of Advanced Science and Technology. Vol.29, 2020. №9s. -P.5858-5862.

30. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Asqarxodjaev S. Sh. Development of a helio water heater drying unit for drying capriarian porous materials // Journal of critical reviews. Issn- 2394-5125 Vol 7, Issue 15, 2020. P.1793-1796.

31. Sultanova Sh.A., Safarov J.E., Saidova N. Influence of moisture types of communication and thermal properties of raw vegetable on the quality of drying. // International scientific conference. Gabrovo, 2016. -P.180-183.

32. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Гулямов Ш. Получение биологически активных продуктов путём сушки лекарственных растений на энергосберегающей сушильной установке.// Инновационные технологии обеспечивающие качество и безопасность пищевых продуктов. Республиканская научно-техническая конференция. ТКТИ. -С.28-96.

33. Умарова З., Султанова Ш.А. Разработка сушильной установки на основе лабораторных исследований. // VIII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Киев, 2019. -С.300-301.

34. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Однофазная модель тепломассопереноса. // Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: Збірник праць за підсумками VIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів (К. : РВВ НУБіП України, 2020. – 226-227 с.

35. Абдусаламова Д.О., Султанова Ш.А. Исследование процесса сорбции и десорбции паров воды образцов подорожника большого (plantago major) для

выбора оптимального режима сушки и хранения. // VIII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2019. -С.298-299.

36. Султанова Ш.А. Использование гелио водонагревательной установки для сушки лекарственных растений. // Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: Збірник праць за підсумками VIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів (К. : РВВ НУБіП України, 2020. – 231-232 с.

37. Султанова Ш.А., Бекмуратова М.Г. Установка, предназначенная для сушки пищевых и фармацевтических продуктов. // Республиканский научно-технической конференции “Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии”. Ташкент, 2019. -С.248-249.

38. Султанова Ш.А., Умарова З. Теоритическое изучение процесса сушки, влияние структуры потоков теплоносителей. // Республиканский научно-технической конференции “Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии”. –Ташкент, 2019. -С.267-268.

39. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Дадаев Г.Т. Исследование нелинейного уравнения тепломассообмена в природных средах при инфракрасном нагреве. // Республиканский научно-технической конференции “Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии”. Ташкент, 2019. -С.317-318.

40. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Хасанова Н.Ж. Исследование процесса сушки растительного сырья. // Первая международная конференция выпускников Фонда «Умид» «Обновляемому Узбекистану новое поколение кадров». Ташкент, 2020. -С.426-430.

41. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Двумерные модели тепломасообмена. // IX Международная научно-практическая конференция «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2020. –С.227-229.

42. Султанова Ш.А. Эффективность применения солнечного коллектора в сушилке при сушке растительного сырья. // IX Международная научно-практическая конференция «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2020. -С.229-231.

43. Султанова Ш.А. Использование гелио водонагревательной установки для сушки лекарственных растений. // IX Международная научно-практическая конференция «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, 2020. - С.231-232.

44. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Хасанова Н., Бекмуратова М. Процесс переноса влаги через пористые материалы. // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе». Ташкент, 2020. -С.492-497.

45. Султанова Ш.А., Худойбердиев М.А., Икрамова Ш., Сайдуллаев А.Б. Процесс сушки влажного материала. // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе». Ташкент, 2020. -С.330-332.

46. Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э., Юлибоев М. Расчет тепломассопереноса при сушке с инфракрасным нагревом. // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе». Ташкент, 2020. -С. 503-508.

Автореферат «Кимё ва кимё технологияси» журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 19/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.