

**БУХОРО МУҲАНДИСЛИК–ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.101.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ХОЛИҚОВ АЛИЖОН АБДИРАУПОВИЧ

**ИССИҚЛИК ҚУВУРЛАРИНИ ҚЎЛЛАШ АСОСИДА МЕВА ВА
САБЗАВОТЛАРНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ЭНЕРГЕТИК
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва
аппаратлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Бухоро – 2022

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**
**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Холиқов Алижон Абдираупович

Иссиқлик қувурларини қўллаш асосида мева ва сабзавотларни қуритиш
жараёнини энергетик самарадорлигини ошириш.....3

Холиқов Алижон Абдираупович

Повышение энергетической эффективности процесса сушки плодов и овощей
на основе применения тепловых труб.....21

Kholikov Alijon Abdiraupovich

Increasing the energy efficiency of the process of drying fruits and vegetables
based on the use of heat pipes.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**БУХОРО МУҲАНДИСЛИК–ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.101.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ХОЛИҚОВ АЛИЖОН АБДИРАУПОВИЧ

**ИССИҚЛИК ҚУВУРЛАРИНИ ҚЎЛЛАШ АСОСИДА МЕВА ВА
САБЗАВОТЛАРНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ЭНЕРГЕТИК
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва
аппаратлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Бухоро – 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/T341 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Бухоро муҳандислик-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.bmti_info@edu.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Джураев Хайрулло Файзиевич**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Сафаров Жасур Эсирганович**
техника фанлари доктори, профессор

Жумаев Қаюм Каримович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти**

Диссертация химояси Бухоро муҳандислик-технология институти ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.T.101.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «17» февраль соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 200117, Бухоро шаҳар, Қ.Муртазов кўчаси, 15. Тел.:(99865) 223-78-84, факс: (99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz.)

Диссертация билан Бухоро муҳандислик-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 359, рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 200117, Бухоро шаҳар, Қ.Муртазов кўчаси, 15. Тел.: (99865) 223-78-84.)

Диссертация автореферати 2022 йил «4» февраль куни таркатилди.
(2022 йил «31» январь даги № 4 рақамли реестр баённомаси).



Н.Р.Баракаев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш раиси т.ф.д., профессор

Р.Р.Ҳайитов
Илмий даража берувчи илмий кенгаш котиби т.ф.д., кат.ил.ход

Ш.М.Ходжиев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси т.ф.н., доцент

КИРИШ(фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда қишлоқ хўжалик маҳсулотларини етиштириш, қайта ишлаш, импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳаларида юқори даражада ўсиш кузатилмоқда. Консерваланган ва қурилган қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқиш, озиқ-овқат саноатининг етакчи тармоқларидан бири ҳисобланади. Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуришида мураккаб конструкцияли, энергия сарфи юқори бўлган техника ва технологиялардан фойдаланиб келинмоқда. Шунга кўра, экспортбоб қурилган мева ва сабзавотларни ишлаб чиқариш учун зарур бўлган, самарали, энергия тежамкор, қайта тикланувчи энергия манбааларидан фойдаланиб замонавий техника ва технологияларни яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда қишлоқ хўжалик маҳсулотларини комплексли қайта ишлаш, мева сабзавотларни қуриши жараёнлари ва қурилмаларини такомиллаштириш, инновацион технологиялар асосида замон талабларига мос техника ва технологияларни яратиш бўйича изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада иккиламчи энергия манбаларидан фойдаланиб, мева ва сабзавотларни паст ҳароратда қуриши жараёнини тадқиқ қилиш, сифатли, экспортбоб қурилган мева ва сабзавотлар ишлаб чиқариш жараёнларининг замонавий, юқори самарали усули ва қурилмаларини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда ресурс тежамкор, такомиллаштирилган қурилмаларни ишлаб чиқиш бўйича муҳим натижаларга эришилмоқда. Иссиқлик қувурлари (ИК) ёрдамида ишловчи, энергия самарадорлиги юқори қуриши жараёнларининг режимларини аниқлаш, иссиқлик ва моддаалмашинув жараёнларини моделлаштириш, оптималлаштириш, илмий асосланган оптимал лойиҳалаш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясида “...иқтисодийнинг энергия ва ресурс сарфини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни жорий қилиш, қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқаришни изчил ривожлантириш, импорт ўрнини босувчи рақобатбардош ва экспортбоб маҳсулотларни тайёрлаш, аграр секторнинг экспорт салоҳиятини сезиларли даражада ошириш”¹ вазифалари белгилаб берилган. Шу нуқтаи назардан мева ва сабзавотларни паст ҳароратли қуришида қуёш энергияси, ИҚ ҳамда иккиламчи энергия манбааларидан фойдаланиш механизмининг жорий этиш муҳим аҳамият касб этади

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги, 2020 йил 10 ноябрдаги ПҚ-4887-сон “Аҳолининг соғлом овқатланишини таъминлаш бўйича қўшимча чора тадбирлар тўғрисида”ги, 2020 йил 29 октябрдаги ПФ-6097-сон “Илм- фанни

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

2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги, 2020 йил 15 октябрдаги ПҚ-4863-сон “Саримсоқпиез ҳамда Тўқсонбости усулида сабзавотларни етиштириш ва экспорт қилишни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2019 йил 11 декабрдаги ПҚ-4549-сон “Мева- сабзавотчилик ва узумчилик тармоғини янада ривожлантириш, соҳада кўшилган қиймат занжирини яратишга доир кўшимча чора- тадбирлар тўғрисида”ги, 2019 йил 23 октябрдаги ПФ-5853-сон “Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги Қарорлари, Фармонлари 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 устивор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот фан ва техника тараққиётининг V устивор йўналишига “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳитини муҳофаза қилиш” ва 2015-2017 йиллардаги ИТД-9 “Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқиш учун юқори самарали экологик тоза агротехнологияларини, уларни сақлаш, қайта ишлаш усулларини ва касалликлар ва зараркунандаларга қарши кураш воситаларни яратиш” дастурига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мева ва сабзавотларни қайта ишлаш ва қуритиш технологиясига тегишли масалаларни ечиш бўйича хорижлик олимлардан В. Liesdek, О. Ansenk, J.Müller, Н.Мahanom, М.Дattatreya, Н.Кunzek, МДХ олимларидан: А.В. Лыков, П.Д. Лебедев, А.С. Гинзбург, В.В. Красников, Б.И. Леончик, В.В Кафаров, З.А. Кац, И.А. Рогов, В.А. Панфилов, Г.К. Филоненко, Б.С. Сажин ва бошқалар, Республикамиз олимларидан З.С. Салимов, А.А. Артиков, Ҳ.С. Нурмаҳамедов, О.Ф.Сафаров, К.О.Додаев, Х.Ф.Джураев ва бошқалар ўзларининг ҳиссаларини қўшишган.

Хориж амалиётида ИҚ ни саноатда қўллаш бўйича таклифлар илгари сурилган. Аммо, олиб борилган таҳлиллар шуни кўрсатдики, ҳозирги куннинг иқлим шароитини ҳисобга олган ҳолда мева ва сабзавотларни қайта ишлаш ва қуритишда қуёш энергияси, иккиламчи иссиқлик манбалари, ҳамда ИҚ асосида ишлайдиган энергия тежамкор технологияларни жорий этиш бўйича илмий тадқиқот ишлари етарли даражада олиб борилмаган.

Ушбу муаммоларни ечишда ИҚ учун қуёш энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ўрганиш, улар асосида қуритиш техника ва технологияларини жорий этиш, мақбул усулларни назарий ва амалий асослаш муҳим вазифа ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Бухоро муҳандислик- технология институтининг илмий - тадқиқот ишлари режасининг №ИТД-6-078 “Мева ва сабзавотларни комплекс қайта ишлашда чиқиндисиз, энергияни тежайдиган инновацион технологияларни ишлаб чиқиш” (2009-2011 йй.) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади иссиқлик қувурларидан фойдаланилган ҳолда энергия самарадорликни оширувчи қуритиш ускунасини ишлаб чиқиш ва қуритиш жараёнининг мақбул режимларини аниқлаш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мева ва сабзавотлар таркибидаги намлик миқдорини чиқариб юборишда қўлланиладиган ананавий қуритиш қурилмаларини ҳамда усулларини ўрганиш ва тадқиқ қилиш;

иссиқлик ва модда алмашилиш тизимларида иссиқлик қувурларини қўлланилиш соҳасини ўрганиш, назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида иссиқлик қувурларининг асосий конструктив ва технологик параметрларини аниқлаш;

олиб бориладиган назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик қувурларининг мақбул конструкцияларини ва ишчи агентларни аниқлаш;

иссиқлик қувурининг иситиш ва конденсация зонасида ишчи агентнинг ҳаракатланиш қонуниятларини тадқиқ қилиш;

иссиқлик қувурларидан фойдаланилган ҳолда энергия самарадорликни оширувчи тажриба синов қуритиш ускунасини ишлаб чиқиш;

пиёз ва ўрикни қуритишда иссиқлик қувурлари ёрдамида ишловчи қуритиш жараёнини таҳлил қилиш ва таъсир этувчи омилларни тажрибалар асосида ўрганиш;

пиёз ва ўрикни қуритиш жараёнининг оптимал режимларини аниқлаш;

иссиқлик қувурлари ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасини муҳандислик ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида иссиқлик қувурлари ва уларни қўллаган ҳолда ишлайдиган қуритиш ускунаси ҳамда мева ва сабзавотларни қуритиш жараёни олинган.

Тадқиқотнинг предмети юқори самарали энергия тежамкор, қуёш энергияси ҳамда иссиқлик қувурлари тизимида ишловчи қуритиш қурилмаси ва қуритиш жараёнининг технологик параметрлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда иссиқлик қувурларининг ишчи агентларини, махсулот таркибидаги намлик ва температура ўзгаришларини аниқлаш услубиёти қўлланилган. Иссиқлик қувурлари билан ишлайдиган қуритгичларнинг энергия самарадорлигини изоҳлаш қонуниятларидан ва тегишли тенгламалардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

иссиқлик қувурининг буғлатиш ва конденсация зонасида ишчи агентнинг ҳаракатланиш қонунияти аниқланган;

иссиқлик қувурларидан фойдаланилган ҳолда энергия самарадорликни оширувчи тажриба синов қуритиш ускунаси ишлаб чиқилган;

қуёш энергияси таъсирида иссиқлик қувурлари бўйича ҳосил қилинган энергия ёрдамида қуритиш камерасининг бутун ҳажми бўйича бир хил ҳароратнинг таъминланиши асосланган;

иссиқлик қувурларидан фойдаланилган ҳолда энергия самарадорликни оширувчи тажриба синов қуритиш ускунасида қуритиш жараёни кинетикаси

ўрганилган ҳамда пиёз ва ўрикни қуритиш жараёнининг оптимал режимлари аниқланган;

ишлаш принципи қуёш энергиясидан фойдаланишга асосланган иссиқлик қувурлари ёрдамида ишлайдиган мева ва сабзавотларни қуритишнинг энергия самарадорлигини ошириш бўйича концептуал ёндашув ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

мева ва сабзавотлар таркибидаги намлик миқдорини бир меъёрга чиқишини таъминлашга йўналтирилган, қуёш энергияси ва иссиқлик қувурлари ёрдамида ишловчи қуритиш қурилмаси ишлаб чиқилган;

назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида иссиқлик қувурларининг асосий конструктив ва технологик параметрлари аниқланган;

қуритиш жараёнининг энергия самарадорлигини ошириш мақсадида иссиқлик қувурида ҳаракатланаётган ишчи суюқлик 70% этил спити аралашмасидан, иссиқлик қувури диаметри 20 мм ва унга ўрнатилган пўлат сеткали фитил 7870 та мешлар сонидан иборат бўлиши асосланган.

қуритиш ускунасини ишлаб чиқаришга жорий этишнинг иқтисодий самарадорлиги йилига ўртача 19 млн, иқтисодий фойда эса 180 млн сўмни ташкил этиши аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ва экспериментал натижаларни қайта ишлаш, қуритиш жараёнига таъсир этувчи омилларни ва мақбул режимларни аниқлашда статистик ҳамда математик ҳисоблаш методларидан, замонавий компьютер дастурлари ва операцион тизимлардан фойдаланилган, тажриба қурилмасида олинган натижаларнинг назарий натижаларга мослиги ва ярим саноат тадқиқотларида фойдаланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти иссиқлик қувурлари билан таъминланган қуритиш ускунасининг конструкцияси, энергетик самарадорлиги, қуритиш жараёнининг кинетикаси ҳисобланиб, қурилма ИҚ нинг конденсация ва буғланиш зонасида ишчи агент ҳаракатининг қонунияти аниқланган. ИҚ ичидаги босим атмосфера босимидан паст 15,2 кПа гача туширилганда ишчи суюқликнинг қайнаш температураси камайганлиги, ҳароратнинг кўтарилиш вақти 4 мартагача қисқарганлиги ва ИҚ нинг ишлаш самарадорлиги 2 баравар ортганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мева ва сабзавотлар (пиёз ва ўрик) ни қуритишда оптимал режимларидан фойдаланиш, иссиқлик қувурли қуритиш қурилмасининг энергетик самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Иссиқлик қувурларига асосланган мева сабзавотларни қуритиш жараёнининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

мева ва сабзавотлар (пиёз, ўрик) ни иссиқлик қувурлари ёрдамида ишлайдиган қуритиш қурилмаси “Ливадия-Бухара” МЧЖ да амалиётга жорий этилган («O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi»нинг 2021 йил 8 октябрдаги 08-119/1021-сон маълумотномаси). Натижада, энергия тежамкор иссиқлик қувури асосида ишловчи қуритиш қурилмасининг энгергетик самарадорлигини 2 мартага ошириш ва харажатларни 96,5% гача камайтириш имконини берган;

иссиқлик қувурининг ички камераси спирт аралашмаси билан тўлдирилган қуритиш қурилмаси “FRESH AND LIFE” МЧЖда (Бухоро вилояти) амалиётга жорий этилган («O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi»нинг 2021 йил 08 октябрдаги №08-119/1021-сон маълумотномаси). Натижада, паст ҳароратли режимда ўрик меваси ҳамда пиёзни қуритиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотларнинг асосий натижалари 5 та халқаро ва 5 та республика илмий-техник конференцияларда эълон қилинган, муҳокама қилинган ва тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш нашр этилган, шулардан 2 та монография, 8 та илмий мақола, шу жумладан 4 та республика ва 4 та Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган хорижий журналларда (шундан 1 таси SCOPUS базасига кирувчи журналларда) чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, 4 боб, хулоса, фойдаланган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 110 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, тадқиқотнинг объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқот Ўзбекистон Республикаси фан ва техника тараққиётининг уствор йўналишларига мослиги ва муаммонинг ўрганиш даражаси кўрсатилган, диссертация мавзусининг олий ўқув юртининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги акс эттирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнининг ҳозирги замонавий ҳолатини энергия сарфи нуктаи назаридан таҳлил қилиш”** деб номланган биринчи бобида мева ва сабзавотларни қуритиш жараёни бўйича илмий-техник ва патент маълумотлари кўриб чиқилган ҳамда адабиётларнинг умумий маълумотлари бўйича таҳлилар келтирилган. Мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнининг энергия сарфи бўйича таҳлилар ўтказилиб, ИҚ бўйича тушунчалар берилган. Иссиқлик ва модда

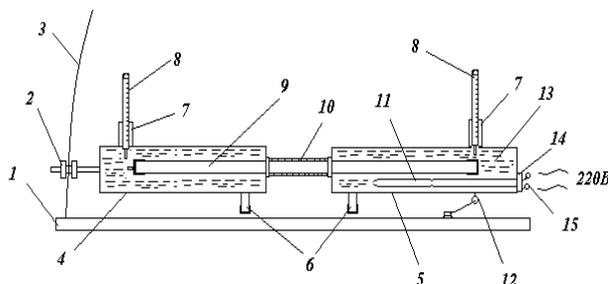
алмашилиш тизимларида ИҚ дан фойдаланишнинг ҳозирги замон ҳолати таҳлил қилинган, уларнинг энергия сиғими ва қуритиш жараёнида фойдаланиш имконияти, жараённинг энергия харажатларини камайтириш учун тадқиқот ўтказиш зарурлиги кўрсатилган. Мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнининг ҳозирги замонавий ҳолати бўйича энергия сарфининг таҳлилий маълумотлари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Мева ва сабзавот маҳсулотларини қуритиш технологиясида ишлатиладиган жиҳозларнинг характеристикаси

Қуритиш усуллари	1 кг намликни буғлатиш учун энергия сарфи, кВт/соат
Қуёш ҳаволи	0,5-1,0
Гелиоқуритиш	0,3-0,5
Инфра қизил нурлар	0,9-1,0
Сублимацион	2,7-5,0
Конвектив	1,8-3,0
Кондуктив	1,0-2,2
ЮЧ и ЎЮЧ	2,7-3,0
ИН ёрдамида	0,35-0,5

Диссертациянинг “Мева сабзавотларни қуритиш учун ишлатиладиган иссиқлик қувурларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш методикаси” деб номланган иккинчи бобида ишчи агентлар ва ИҚ материалларини танлаш учун ИҚ нинг дастлабки конструкцияси таклиф қилинган. ИҚ капиллярларида иссиқлик узатиш жараёнининг математик таснифи, фитил капиллярларидаги суюқлик ҳамда буғ босимини ҳисоблаш усуллари келтирилган. Ғовакли материал (фитил)нинг капиллярини ҳисоблаш усули тавсия этилган ҳамда мева ва сабзавотларни қуритиш учун ИҚ материали ва иссиқлик ташувчиси танланган. Бунинг учун ИҚ нинг иссиқлик характеристикаларини таҳлил қилиш назарий ва тажриба тадқиқотлари асосида олиб борилди. Ҳар хил омилларнинг ИҚ ҳарорат характеристикаларига таъсири бўйича тажрибалар ўтказилиб, вакуум остида ИҚ ишлаши текширилди. Ишчи суюқликлар, қуритиш жараёнида фойдаланиш учун тўғри келадиган ИҚ корпуси ва фитил материаллари танланди.



1-расм. Ўртача ҳароратли иссиқлик қувурлар учун тажриба синов қурилмасининг схемаси ва расми:

1- станина; 2- маҳкамлагич; 3- итатив; 4,5- корпуслар; 6- суюқлик учун чиқиш патрубкиси; 7- суюқлик учун кириш патрубкиси; 8- термометрлар; 9- иссиқлик қувури; 10- иссиқлик изоляцияси; 11- иситувчи элемент; 12- шарнир; 13- сув; 14- терморостловчи қурилма; 15- улагич.

Тенглама (1) ёрдамида гидростатик босим, қувурнинг ички диаметри d_i ни, умумий узунлиги L_t ни ва қувурнинг горизонтга бурчак қиялиги ψ асосида аниқланади.

$$P_g = \rho_1 g (d_i \cos \psi + L_t \sin \psi) \quad (1)$$

бу ерда, ρ_1 - суюқлик зичлиги, g - эркин тушиш тезланиши.

Олинган натижаларга асосланиб, (1) формулага мувофиқ ишчи агентлар ҳарорати 30 дан 70⁰С гача кўтарилганда капилляр босими 1,19 марта камаяди деган хулосага келиш мумкин. Мешлар сонининг 75 дан 225 гача ортиши билан ишчи агентнинг сув тизимидаги капилляр босими 2,5 баробар, спирт учун эса 5 баробар ошиши кузатилди. Буни шундай тушунтириш мумкинки, суюқлик ҳарорати ошиши билан капиллярларда сирт таранглиги камаяди ва мешлар сонининг кўпайиши билан фитил ғовакларида суюқлик сирт таранглиги ошади. Мешлар сонининг кўпайиши билан фитилнинг ғоваклиги камайишини ва тўр толасининг диаметри ошиши билан унинг умумий ҳажми ортишини, бу эса унинг ғовакликлигининг пасайишига олиб келишини кўрсатди:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\pi \cdot S \cdot N \cdot d}{4} \quad (2)$$

бу ерда, ε - тўр ғоваклилиги; S – тўр толасининг эгилиш коэффиценти $[1 \div 1,5]$; N – мешлар сони; d - тўр толасининг диаметри.

Ишчи агент, фитил материали ва ғоваклилигидан боғлиқ бўлган фитилнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти қуйидагича ҳисобланди:

$$\lambda_{\phi} = \frac{\lambda_{ж} [(\lambda_{ж} + \lambda_{сет}) - (1 - \varepsilon)(\lambda_{ж} + \lambda_{сет})]}{[(\lambda_{ж} + \lambda_{сет}) + (1 - \varepsilon)(\lambda_{ж} - \lambda_{сет})]} \quad (3)$$

бу ерда $\lambda_{жс}$ - ишчи агентнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти; $\lambda_{сет}$ - тўрнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти; ε - тўрнинг ғоваклиги.

Олинган натижалар шуни кўрсатдики, иссиқлик чиқишида ишчи агент $\lambda_{жс}$ дистилланган сувдан фойдаланилганда ўртача ҳароратда ишлайдиган ИҚ нинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти ишчи агент спирт ишлатилганлигига нисбатан 1,7-2 баробар ошди, ҳамда фитилнинг ғоваклилиги 0,6 дан 0,84 гача (улушларда) ошиши билан иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти 1,2-1,3 баравар камаяди. Олинган натижаларга кўра, ўртача ҳароратда иссиқлик ишлатилганда ИҚ материалга қараб, фитил тўрининг қалинлиги 3 дан 5 мм гача ортганда иссиқлик ўтказиш коэффиценти k 1,3-1,4 марта камаяди.

ИҚ ичидаги буғ конденсатидан конденсация зонасидаги ташқи мухитга иссиқлик ўтказиш коэффиценти қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{Тр}}{\lambda_{Тр}} + \frac{\delta_{Фт}}{\lambda_{Фт}}} \quad (4)$$

бу ерда α_1 - ИҚ нинг ташқи томон иссиқлик бериш коэффиценти; α_2 - ИҚ нинг ички томон иссиқлик бериш коэффиценти; $\delta_{Тр}$ - ИҚ нинг девор қалинлиги; $\lambda_{Тр}$ - ИҚ нинг иссиқлик

ўтказувчанлик коэффициенти; $\delta_{фт}$ – фитил қалинлиги; $\lambda_{фт}$ – фитилнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти.

ИҚ қувватига турли омилларнинг таъсирини ўрганиш қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$Q = Fk\Delta T \quad (5)$$

Натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, фитилнинг қалинлиги 3,0 мм бўлган, мис материалли ИҚ нинг иссиқлик оқимининг қуввати 550 Вт ва фитил қалинлиги 4,5 мм бўлганда эса иссиқлик оқимининг қуввати 380 Вт гача камайиши кузатилди.

1-расмда кўрсатилган қурилмада ИҚ нинг конденсатор ва буғлатиш қисмида ҳарорат ўзгаришига бурчак қиялигининг таъсирини аниқлаш учун тажрибалар ўтказилди, барча тажрибаларда ИҚ ларига атмосфера босими остида ишчи агентлар солиниб, бунда мис ва пўлатдан тайёрланган ИҚ лар солиштирилиб, натижалар олинди (2-жадвал).

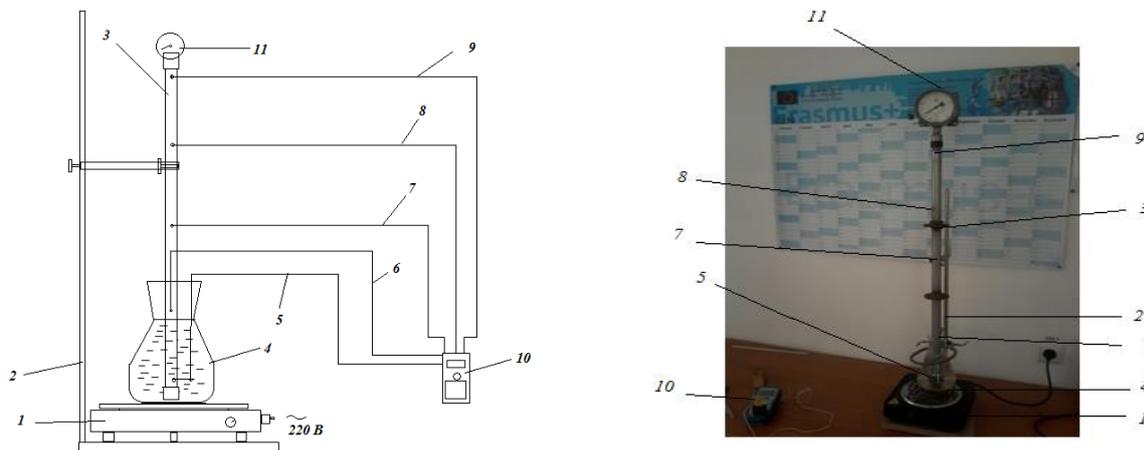
2-жадвал

Иссиқлик қувурлари характеристикаларини қиёслаш жадвали

№	Қалинлиги 3 мм бўлган ИҚ материалли	Мешлар сони, N	Иссиқлик ташувчи	Конденсатор корпусидаги сув ҳароратининг кўтарилиш вақти, мин	Вақт давомида қия бурчак остидаги конденсатор корпуси бўйича сувнинг ўртача температураси, °C
1.	Пўлатли қувур, пўлатли фитил	4800	сув	85	65,5
2	Пўлатли қувур, пўлатли фитил	7870	сув	85	70,5
3	Стальная труба, мисли фитил	4800	сув	85	71,75
4	Стальная труба, мисли фитил	7870	сув	85	73
5	Пўлатли қувур, пўлатли фитил	4800	Спирт, 70%	80	64,5
6	Пўлатли қувур, пўлатли фитил	7870	Спирт, 70%	80	66,75
7	Пўлатли қувур, мисли фитил	4800	Спирт, 70%	80	67,75
8	Пўлатли қувур, мисли фитил	7870	Спирт, 70%	80	68,75
9	Мисли қувур, пўлатли фитил	4800	сув	80	70,5
10	Мисли қувур, пўлатли фитил	7870	сув	80	75,5
11	Мисли қувур, мисли фитил	4800	сув	80	76,75
12	Мисли қувур, мисли фитил	7870	сув	80	78
13	Мисли қувур, пўлатли фитил	4800	Спирт, 70%	75	69,5
14	Мисли қувур, пўлатли фитил	7870	Спирт, 70%	75	71,75
15	Мисли қувур, мисли фитил	4800	Спирт, 70%	75	72,75
16	Мисли қувур, мисли фитил	7870	Спирт, 70%	75	73,75

Натижалардан кўриниб турибдики ИҚ нинг бурчак қиялиги конденсатордаги сув ҳароратига унчалик таъсир қилмайди. Асосан, ишчи суюқлик (иссиқлик ташувчи), фитил қалинлиги, иссиқлик ташувчининг иссиқлик ўтказувчанлиги, ИҚ нинг ва фитилнинг иссиқлик ўтказиш коэффициентилари иссиқлик оқимига таъсир кўрсатади деб хулоса қилиш мумкин.

Ушбу маълумотларга асосланиб тажриба учун қуритгичда ишлатилиши мумкин бўлган ИҚ ларни танладик. Бунинг учун пўлат қувурли, мешлар сони 7870тани ташкил этган пўлат фитилдан ва иссиқлик ташувчи 70% спирт аралашмасидан иборат ИҚ танланди. Иссиқлик ташувчиси 70% ли спирт аралашмали ИҚ атмосфера босимида 80⁰С дан юқори ҳарорат градиентида ишлайди. 70% ли спирт аралашмасининг қайнаш нуқтаси 80,72⁰С бўлганлиги сабабли, қайнаш нуқтасини камайтириш учун ИҚ ичида вакуум ҳосил қилинади (2-расм).



2-расм. Иссиқлик қувури ичида $P_0=15,2$ кПа босимда иссиқлик қувури ишлашини текшириш учун экспериментал синов қурилмаси схемаси ва расми:

1-иситувчи элемент, 2-штатив, 3-ИҚ, 4-иссиқликка чидамли колба, 5,6,7,8,9-термопарлар, 10- мультиметр, 11- манометр.

3-жадвал

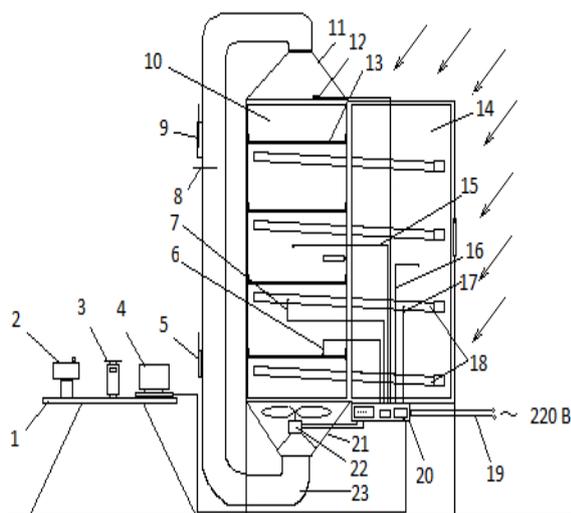
Ҳар хил босимда иссиқлик ташувчи суюқликлар қайнаш нуқтасининг қиёсланиши

Сувнинг қайнаш нуқтасининг босимдан боғлиқлиги		Этил спирти қайнаш нуқтасининг босимдан боғлиқлиги		70% ли этил спирти аралашмаси қайнаш нуқтасининг босимдан боғлиқлиги	
Босим, Па, 10^4	Қайнаш нуқтаси, $^{\circ}\text{C}$	Босим, Па, 10^4	Қайнаш нуқтаси, $^{\circ}\text{C}$	Босим, Па, 10^4	Қайнаш нуқтаси, $^{\circ}\text{C}$
1,01	45,45	1,33	34,2	2,67	49,8
2,02	59,67	2,0	42	5,33	64,5
3,04	68,68	2,66	47,8	8,0	74,2
4,05	75,42	5,33	62,8	10,13	80
5,07	80,86	10,13	78,15	12,57	86,1

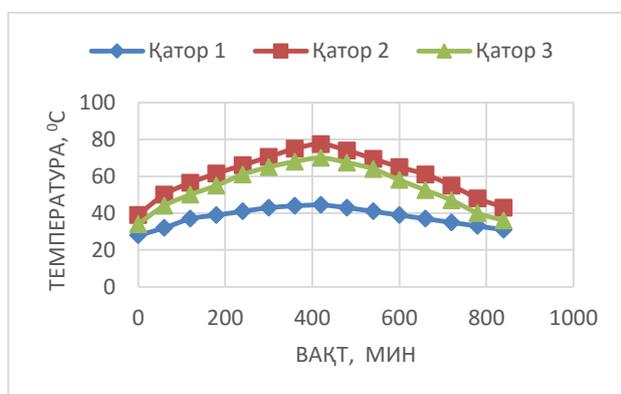
Тадқиқотлар асосида қуйидаги натижалар олинди. Корпус ва фитил материали пўлат, иссиқлик ташувчиси 70% спирт аралашмаси, ички диаметри 20 мм, вакуум $P_0=15,2$ кПа бўлганда, ИҚ корпуси конденсатор қисмининг 9-нуқтасида 20 дақиқа мобайнида температура 82,5⁰С ташкил этади. Иссиқлик ташувчи дистилланган сувда эса, вакуум $P_0=15,2$ кПа бўлганда 20 дақиқа мобайнида температура 61⁰С ташкил этди. Аммо 100⁰С ҳароратли иссиқлик

энергияси берилганда ИҚ ичидаги вакуум $P_0=15,2$ кПа дан $P_0=81$ кПа гача ўзгарди.

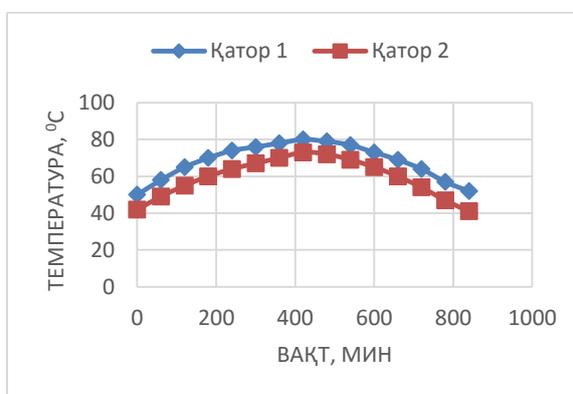
Диссертациянинг “Мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнини экспериментал ўрганиш” деб номланган учинчи бобида, ишлаш принципи қуёш энергиясига асосланган ИҚ ёрдамида мева ва сабзавотларни қуритиш жараёни тадқиқ қилиниб, тажриба синов қурилмаси ишлаб чиқилди (3 расм). Атроф муҳит температураси 45°C ташкил этганда, иссиқлик узатувчи камерада температура 74°C ни, қуритиш камерасида эса 68°C га қўтарилиши кузатилди (4-расм).



3-расм. Иссиқлик қувури ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасининг схемаси



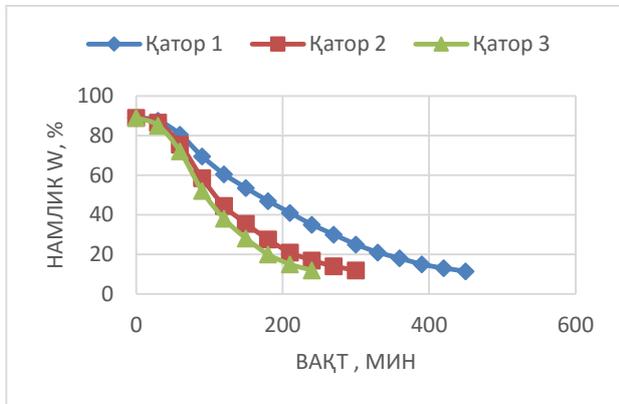
4-расм. Қуритиш камерасида температура ўзгариши. (1-атроф муҳит температурасининг ўзгариши; 2-иссиқлик узатиш камерасидаги ҳаво температурасининг ўзгариши, 3- қуритиш камерасидаги ҳаво температурасининг ўзгариши.)



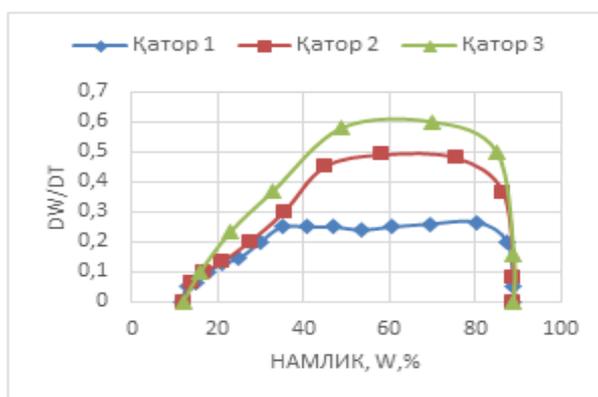
5-расм. Иссиқлик қувурининг буғлатиш ва конденсатор зонасида температура ўзгариши. (1-иссиқлик узатиш камерасининг буғлатиш зонасида ИҚ корпуси ҳароратининг ўзгариши, 2- ИҚнинг конденсатор зонасидаги температура ўзгариши.)

Шунингдек, ИҚ нинг иккита зонаси бўйича температура ўзгаришлари ўрганилганда, ИҚ нинг конденсатор зонасида температура 74°C ни, буғлатиш зонасида эса 80°C ни ташкил этганлиги аниқланди (5-расм). Тажриба

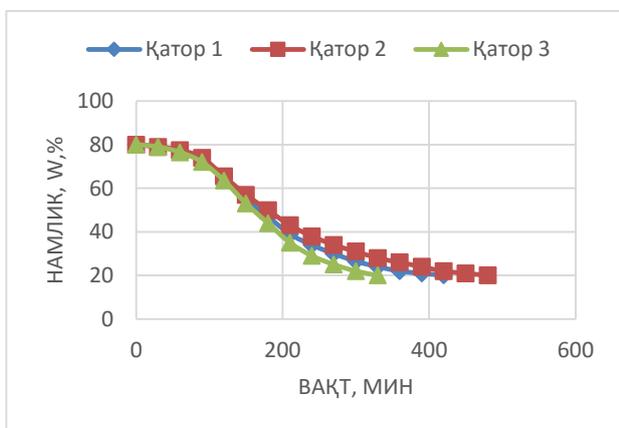
қурилмасидаги ҳаво тезлиги 3 м/с, температураси 60°C бўлганда, қалинлиги 3, 4, 5 мм бўлган пиёзни қуриштиш давомийлиги 4-7 соатни ташкил этди (6-расм). Ўрик мевасини қуриштиш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари 8 ва 9 расмда ҳавола этилган. Қуриштиш камерасига узатилаётган ҳаво тезлиги 3 м/с, температураси 55,60,65°C бўлган режимларда ўрик мевасини қуриштиш амалга оширилди.



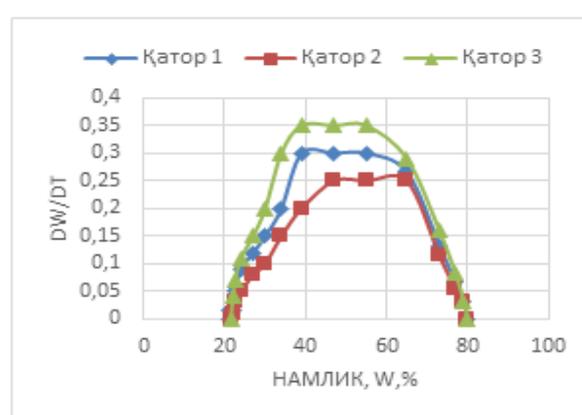
6-расм. Кесилган пиёз намлигининг ўзгариши эгри чизиқлари. 60°C ҳароратда ҳаво тезлиги $v=3\text{ м/с}$. (1-қалинлиги 5 мм, 2-қалинлиги 4 мм, 3-қалинлиги 3 мм.)



7-расм. Кесилган пиёзнинг қуриштиш тезлигининг эгри чизиқлари. 60°C ҳароратда ҳаво тезлиги $v=3\text{ м/с}$. (1-қалинлиги 3 мм, 2-қалинлиги 4 мм, 3-қалинлиги 5 мм.)



8-расм. Яримталиқ ўрик намлигининг ўзгариши эгри чизиқлари. (ҳаво тезлиги $v=3\text{ м/с}$, ўрик қалинлиги 5 мм: 1- 60°C; 2- 55°C; 3- 65°C.)



9-расм. Иссиқлик қувури ёрдамида ишлайдиган экспериментал қуриштиш ускунасида яримталиқ ўриқни қуриштиш тезлигининг эгри чизиқлари. (ҳаво тезлиги $v=3\text{ м/с}$, ўрик қалинлиги 5 мм: 1-60°C; 2 - 55°C; 3 - 65°C.)

Бунда таъсир этувчи омиллар сифатида қалинлиги 5 мм, шакли яримталиқ ўрик меваси олиниб, қуриштиш камерасидаги температура 55°C га етказилганда қуриштиш давомийлиги 8 соатни, 60°C да 7 соатни, 65°C да эса 6,5 соатни ташкил этди (8-расм). Тадқиқ қилинаётган махсулотларнинг

қуритиш тезлигини характерловчи эгри чизиклар 7 ва 9 расмларда келтирилган.

Тажриба натижаларини қайта ишлашда тўлиқ факторли экспериментни режалаштириш (ТФЭ³) усули қўлланилиб, махсулотларнинг қуритиш жараёни тезлигига таъсир этувчи параметрларнинг мақбул қийматлари аниқланиб, пиёз учун жараёни тавсифловчи регрессион тенгламалар олинди:

$$y=16,03-3,23x_1-5,32x_2+6,41x_3+1,29x_1x_2-0,72x_1x_3-2,11x_2x_3 \quad (6)$$

(6) тенглама ёрдамида ҳақиқий ўзгарувчиларни аниқлаймиз:

$$y= 39,9-1,016z_1-0,1374z_2+22,79z_3+0,0029z_1z_2-0,144z_1z_3-0,0234z_2z_3 \quad (7)$$

Ўрик меваси таркибидаги намликнинг ўзгаришини тавсифловчи регрессион тенглама қуйидагича:

$$y=24,07-3,36x_1-2,52x_2+3,63x_3+0,59x_1x_2-0,66x_2x_3 \quad (8)$$

(8) тенглама асосида аниқланган ҳақиқий ўзгарувчилар қуйидагича:

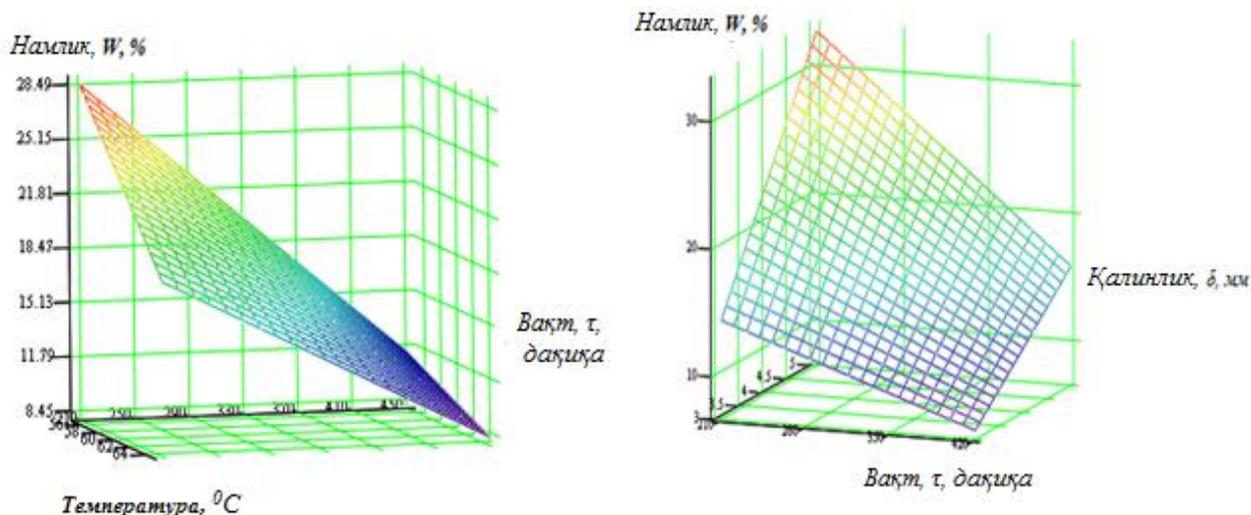
$$y= 73,54-1,18333A_1-0,07005A_2+6,49A_3+0,00131A_1A_2-0,00733A_2A_3 \quad (9)$$

Пиёз ва яримталиқ ўрикни қуритиш жараёнининг оптимал мезонлари аниқланиб, пиёз учун мувозонат намлик 12%, яримталиқ ўрик учун эса 20% деб қабул қилинди:

$$Y_{\text{чик}}=f(t,\tau,\delta) \rightarrow Y_{\text{чик}}=12\% \quad (10)$$

$$Y_{\text{чик}}=f(t,\tau,\delta) \rightarrow Y_{\text{чик}}=20\% \quad (11)$$

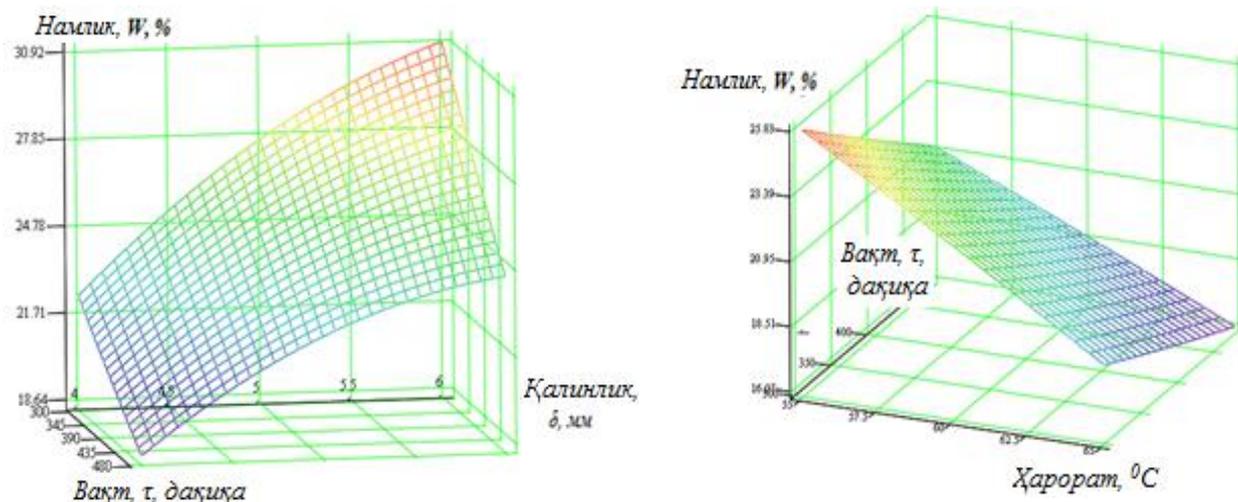
ИҚ ёрдамида пиёз ва ўрикни қуритиш жараёнининг уч ўлчовли графиклари MatCad дастури ёрдамида олинди (10,11- расм).



10-расм. Пиёз таркибидаги намликнинг температура, қатламнинг қалинлиги ҳамда қуритиш давомийлиги бўйича ўзгариши

Уч ўлчовли графиклардан маълумки, пиёз учун қуритиш камерасидаги температура 60⁰С, махсулот катлами қалинлиги 4 мм, ҳаво тезлиги 3м/с,

қуритиш давомийлиги 300 дақиқа бўлган қуритиш жараёни оптимал ҳисобланиб, пиёзнинг мувозонат намлиги 12 % ташкил этади.



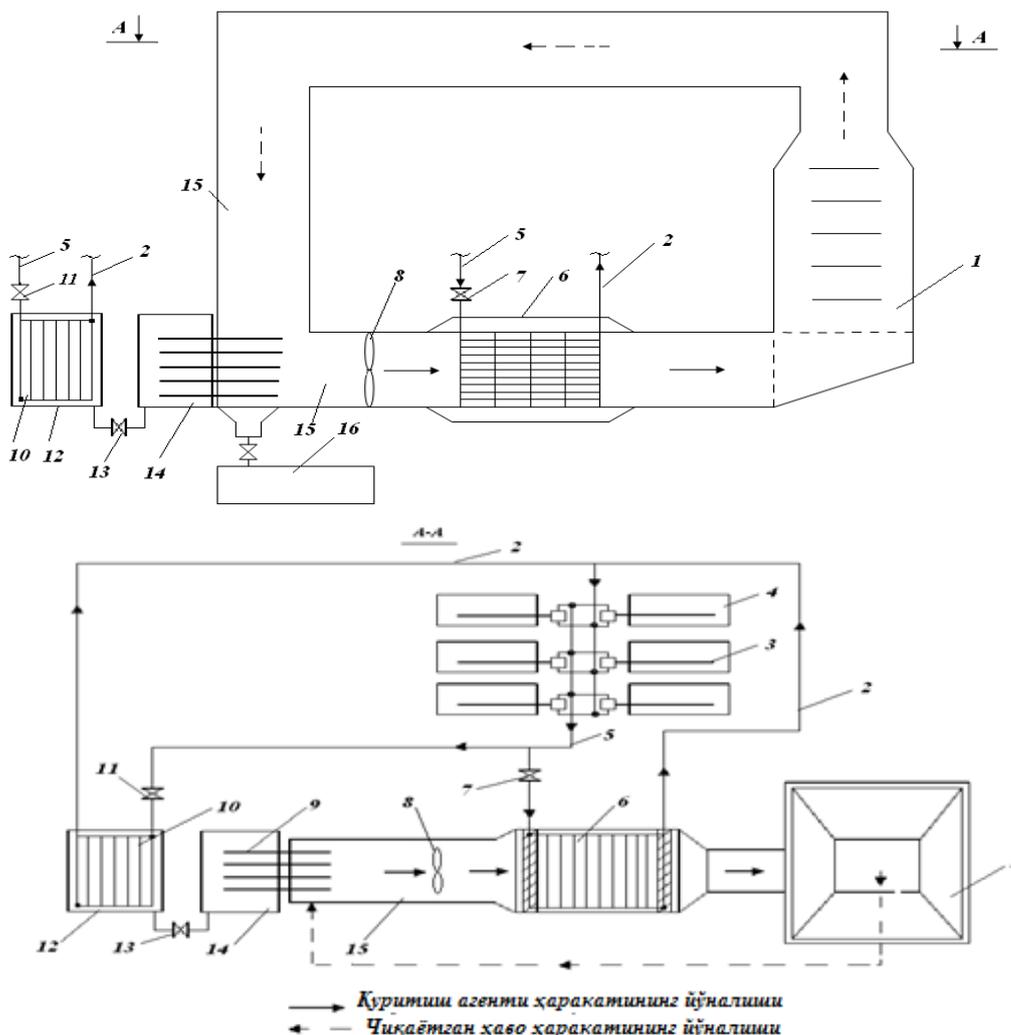
11-расм. Ўрик таркибидаги намликнинг температура, қалинлиги ҳамда қуритиш давомийлиги бўйича ўзгариши

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида ўрик меваси учун оптимал режим: қуритиш камерасининг температураси 60°C , ҳаво тезлиги 3 м/с, маҳсулот қалинлиги 5 мм, қуритиш вақти 420 дақиқа, маҳсулотнинг мувозонат намлиги эса 20% ташкил этади.

Диссертациянинг “Иссиқлик қувурларини қўллаб қуритиш ускунасини муҳандислик ҳисоб-китоб қилиш методологияси” деб номланган тўртинчи бобда қуёш энергияси асосида ИҚ ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасининг тuzилиши ва ишлаш принципи келтирилган.

Таклиф этилаётган ярим саноат қуритиш қурилмаси қуйидаги қисмлардан иборат: қуритиш камераси 1, қуёш коллектори 4, ИҚ тизимидаги буғлатгич 3, иккита конденсатор қисми 6 ва 10, вентилятор 8, ҳаво ўтказгич тизими 15, аккумуляция қурилмаси 12,14, вентилятор 7,11,13 ва конденсат йиғгич 16 дан иборат. Буғлатгич 3 қуёш коллектори 4 да жойлашган, ҳаво ўтказгич 15 га конденсаторнинг бир қисми 6, ҳамда конденсаторнинг иккинчи қисми 10 аккумулятор қурилмаси 12 га ўрнатилган. 6 ва 10 конденсатор қисмлари ҳамда ИҚ 3 нинг буғлатгич қисми буғ линияси 5 ва конденсатор қувурлари 2 билан ўзаро боғланган. ИҚ 9 нинг биринчи қисми иссиқлик аккумулятори 14 га, иккинчи қисми ҳаво ўтказгич 15 га ўрнатилган.

Бухоро вилоятидаги “Ливадия-Бухара” МЧЖ ва “FRESH AND LIFE” МЧЖ да ИҚ ёрдамида ишлайдиган ярим саноат қуритиш ускунаси саноат синовидан ўтказилиб қуйидаги натижалар олинди. Пиёз қалинлиги 4 мм, ҳаво тезлиги 3 м/с ва ҳаво ҳарорати 60°C бўлганда қуритиш жараёни 5 соатни, маҳсулотнинг мувозонат намлиги эса 12% ташкил этди.



12-расм. Иссиқлик қувури ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасининг схемаси

ИҚ ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасининг технологик кўрсаткичлари 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

№	Кўрсаткичлар	Ўлчов бирлиги	ИҚ билан ишлайдиган қуритиш ускунаси
1	Тайёр маҳсулот бўйича унумдорлик	кг /соат	12,5
2	Бошланғич намлик	%	89
3	Охирги намлик	%	12
4	Солиштирма юклама	Кг/м ²	14-16
5	Тайёр маҳсулот чиқиши	%	12,5-13
6	1 кг қуритилган мева ва сабзавотларни қуритиш учун солиштирма энергия сарфи	кВт* соат	0,125
7	Қуритиш давомийлиги	Соат	4,0 – 5,0
8	1 т қуритилган маҳсулотга тўғри келадиган келтирилган солиштирма сарф	Млн сўм/т	10,5
9	Технологик усқунанинг тахминий қиймати	Млн. сўм	63,6
10	Ўз-ўзини қоплаш	йил	0,35
11	Йиллик энергетик самара	Млн.сўм	18,7
12	Йиллик иқтисодий самара	Млн. сўм	180,4

Қуритиш ускунаси оддийлиги, хафсизлиги, металл конструкцияси бўйича ўрта харажатли, қуёш энергияси асосида иссиқлик энергияси ҳосил қилиш имконияти юқорилиги, экологик тоза маҳсулот олиш имконияти мавжудлиги, қурилманинг манёврлик даражаси юқорилиги каби афзалликларга эга. Шунингдек, ананавий қуритиш қурилмаларида маҳсулот таркибидаги 1 кг намликни чиқариб юбориш учун 1,8-3,0 кВт/соат энергия сарфланса, таклиф этилаётган қуритиш қурилмасида энергия сарфи 0,1-0,2 кВт/соатни ташкил этади. Натижада ИҚ ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасини ишлаб чиқаришга жорий этишда энергия сарфини 96,5% гача камайтиришга эришилди.

Таклиф қилинаётган янги конструкциядаги қуритиш ускунасининг ишчи чизмалари ва деталларини Ўзбекистон машинасозлик заводларида тайёрлаш имконияти мавжуд. Амалга оширилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар ҳамда ишлаб чиқариш синовларининг натижалари юқори технологик параметрларга эга бўлган, ИҚ ёрдамида ишлайдиган саноат шароитидаги қуритиш ускунасини кенг қўламда ишлаб чиқаришга замин яратади.

ХУЛОСА

1. Мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнининг мавжуд қуритиш жиҳозларидаги энергия сарф-харажатлари бўйича ҳозирги ҳолати ўрганилди ва камчиликлари аниқланди.

2. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ИҚ нинг асосий конструктив ва технологик параметрлари аниқланди. Фитил қалинлиги 3 мм бўлган ИҚ да иссиқлик оқими қуввати 550 Вт бўлиши, фитил қалинлиги 4,5 мм бўлганда иссиқлик оқими қуввати 380 Вт гача камайиши, ИҚ нинг эгилиш бурчаги муҳит ҳароратининг 64,5 дан 78⁰С гача ошишига кам таъсир қилганлиги, иссиқлик энергиясининг оқимига асосий таъсир этувчи омиллар эса- ишчи суюқлик (иссиқлик ташувчи), фитил қалинлиги, иссиқлик ташувчининг иссиқлик ўтказувчанлиги, атмосфера босимида фитил ва ИҚ корпуси материалининг иссиқлик узатиш коэффициенти туфайли юзага келиши аниқланди.

3. Олиб бориладиган назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ишчи агентларни аниқлаш ҳамда мева ва сабзавотларни қуритиш жараёнида қўлланиладиган ИҚ учун материаллар танланди. ИҚ учун корпус материали ва сеткали фитил материали-пўлат, фитилдаги мешлар сони -7870, ишчи суюқлик (иссиқлик ташувчи)-70% ли этил спирти аралашмаси, ИҚ нинг ички диаметри 20 мм.

4. ИҚ нинг иситиш ва конденсация зонасида ишчи агент ҳаракатининг қонунияти аниқланди. ИҚ ичида атмосфера босимидан паст 15,2 кПа гача вакуум ҳосил қилинганда ишчи суюқликнинг қайнаш температураси камайганлиги, ҳароратнинг қўтарилиш вақти 4 мартагача қисқарганлиги, натижада ИҚ нинг ишлаш самарадорлиги 2 баравар ортганлиги, ИҚ

ишлаётганда ичидаги босим 15,2 кПа дан 81 кПа гача кўтарилиши аниқланди.

5. ИҚ дан фойдаланилган ҳолда энергия самарадорликни оширувчи тажриба синов қуритиш ускунаси ишлаб чиқилди. ИҚ ёрдамида ишлайдиган қуритгичда пиёз ва ўрикни қуритиш вақти омиллардан боғлиқ ҳолда қуйидагиларни: ҳаво тезлиги 3 м/с, ўртача ҳарорат 60⁰С, қалинлиги 3 мм бўлганда 4 соатни, қалинлиги 4 мм бўлганда 5 соатни ва қалинлиги 5 мм бўлганда 7 соатни; ўрик учун ҳаво тезлиги 3 м/с, қалинлиги 5 мм, ўртача ҳарорат 60⁰С бўлганда 7 соатни, ўртача ҳарорат 55⁰С да 8 соатни, ва ўртача ҳарорат 65⁰С да 6,5 соатни ташкил этди. Кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўртача 45⁰С ташкил этганда, ИҚ нинг конденсатор қисми камерасида ҳаво ҳарорати 68⁰С гача, ИҚ нинг буғланиш қисмида ҳаво ҳарорати 74⁰С гача, буғланиш камерасидаги ИҚ корпусининг ҳарорати 80⁰С гача, конденсатор камерасидаги ИҚ корпусининг ҳарорати эса 74⁰С гача кутарилиши аниқланди.

6. ИҚ дан фойдаланиб пиёз ва ўрикни қуритиш жараёнига таъсир этувчи омиллар экспериментал ўрганилди. Экспериментал натижаларни математик ва статистик қайта ишлаш асосида пиёз ва ўриқнинг охириги намлигига омиллар таъсирини тавсифловчи регрессия тенгламалари олинди. Қуритишнинг оптимал технологик режимлари пиёз учун: ҳарорат 60⁰С, пиёз қатламининг қалинлиги 4 мм, қуритиш вақти 300 дақиқа, ҳаво тезлиги 3 м/с бўлганда пиёзнинг мувозонат намлиги 12% етганлиги, ўрик учун: ҳарорат 60⁰С, қатламнинг қалинлиги 5 мм, қуритиш вақти 420 дақиқа, ҳаво тезлиги 3 м/с бўлганда мувозонат намлик 20% ташкил этганлиги аниқланди.

7. ИҚ ёрдамида ишлайдиган қуритиш ускунасининг муҳандислик ҳисоблаш методи ишлаб чиқилиб, сменасига 500 кг хомашё бўйича қуритгичнинг конструктив, жараённинг моддий ва иссиқлик баланслари аниқланди.

8. ИҚ дан фойдаланиб қуритиш ускунасини ишлаб чиқаришга жорий этишнинг иқтисодий самарадорлиги ҳисоблаб чиқилган бўлиб унинг йиллик иқтисодий самарадорлиги 18 731 250 сўмни, йиллик иқтисодий фойда эса 180 445 313 сўмни ташкил этди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РnD.03/30.12.2019.Т.101.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ БУХАРСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ХОЛИКОВ АЛИЖОН АБДИРАУПОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОЦЕССА СУШКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ НА ОСНОВЕ
ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ**

02.00.16 –Процессы и аппараты химических технологий и пищевых производств

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (РnD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2017.3.PhD/Т341.

Диссертационная работа выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.

Автореферат диссертации написан на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (по адресу bmti_info@edu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyouet» (по адресу www.ziyouet.uz.)

Научный руководитель: **Джураев Хайрулло Файзиевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Сафаров Жасур Эсиргапович**
доктор технических наук, профессор

Жумаев Каюм Каримович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Каршинский инженерно-экономический институт**

Защита диссертации состоится «17» февраля 2022 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.Т.101.01 при Бухарском инженерно-технологическом институте по адресу: 200117, г.Бухара, ул. К.Муртазаева, 15. Тел.: (99865) 223-78-84, факс: (99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института за № 359, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (Адрес: 200117, г.Бухара, ул. К.Муртазаева, 15. Тел.: (99865) 223-78-84.)

Автореферат диссертации разослан «4» февраля 2022 года.
(реестр протокола рассылки № 4 от «31» января 2022 г.).



Н.Р.Баракаев

Председатель научного совета по
присуждению учёной степени,
д.т.н., профессор

Р.Р.Хайитов

Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёной степени,
д.т.н., ст.науч.сот.

Ш.М.Ходжиев

Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёной степени, к.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день наблюдается высокий рост выращивания, переработки сельхозпродукции, производства импортозамещающей продукции. Производство консервов и сушеных сельскохозяйственных продуктов - одна из ведущих отраслей пищевой промышленности. При сушке сельскохозяйственных продуктов используются сложная конструкция, энергозатратные техники и технологии. Соответственно, важно создавать современные методы и технологии с использованием эффективных, энергосберегающих возобновляемых источников энергии, необходимых для производства сушеных плодоовощей на экспорт.

В мире ведутся исследования по комплексной переработке сельхозпродукции, совершенствованию процессов и оборудования для сушки фруктов и овощей, созданию современного оборудования и технологий на основе инновационных технологий. В связи с этим особое внимание уделяется изучению низкотемпературной сушки овощей и фруктов с использованием вторичных источников энергии, созданию современных высокоэффективных методов и устройств для производства качественных, ориентированных на экспорт сушеных плодоовощей.

В нашей стране достигаются значительные результаты в разработке ресурсосберегающих, усовершенствованных устройств. Проводятся научные исследования для определения режимов энергоэффективных процессов сушки с использованием тепловых труб (ТТ), моделирования, оптимизации процессов тепла и обмена веществ, разработки научно обоснованных оптимальных методов проектирования. В Стратегии действий определены задачи по дальнейшему развитию Республики Узбекистан говорится, что "...сокращение энерго и ресурсопотребления экономики, внедрение энергосберегающих технологий в производство, последовательное развитие сельскохозяйственного производства, производство конкурентоспособной и импортозамещающей продукции, существенное повышение экспортного потенциала аграрного сектора"¹. В связи с этим важно внедрение механизма использования солнечной энергии, ТТ и вторичных источников энергии при низкотемпературной сушке плодоовощей.

В определенной степени диссертационное исследование служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях, Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года "О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан", №ПП-4887 от 11 ноября 2020 года "О дополнительных мерах по обеспечению здорового питания населения", №УП-6097, от 30 октября 2020 года "Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года", №ПП-4863 от 16 октября 2020 года "О мерах по увеличению производства и экспорта чеснока и овощной

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

продукции методом «туксонбости»», №ПП-4549 от 12 декабря 2019 года “О дополнительных мерах по дальнейшему развитию плодовоовощеводства и виноградарства, созданию в отрасли цепочки добавленной стоимости”, №УП-5853 от 24 октября 2019 года “Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы”, №ПП-4433 от 31 августа 2019 года “О мерах по совершенствованию системы привлечения молодежи к науке и поддержке ее инициатив” и нормативно-правовых документах, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. В данном исследовании основное внимание уделяется приоритетным направлениям развития науки и технологий V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды» по программе ИТД-9 «Создание высокоэффективных экологически чистых агротехнологий производства сельскохозяйственной продукции, методов их хранения, переработки и средств борьбы с болезнями и вредителями» за 2015-2017 гг.

Степень изученности проблемы. Из зарубежных ученых В. Liesdek, О. Ansenk, J.Müller, Н.Мahanom, М.Дattatreya, Н.Кunzek, ученые из СНГ: А.В. Лыков, П.Д. Лебедев, А.С. Гинзбург, В.В. Красников, Б.И. Леончик, В.В. Кафаров, З.А. Кац, И.А. Рогов, В.А. Панфилов, Г.К. Филоненко, Б.С. Сажин, а также из нашей Республики ученые З.С. Салимов, А.А. Артиков, Х.С. Нурмухамедов, О.Ф.Сафаров, К.О.Додаев, Х.Ф.Джураев и другие ученые внесли свой вклад в решение проблем, связанных с технологией обработки и сушки плодов и овощей.

Выдвинуты предложения по применению ТТ в промышленности в зарубежной практике. Однако анализ показал, что с учетом текущих климатических условий недостаточно исследований по внедрению солнечной энергии, вторичных источников тепла, а также энергосберегающих технологий на основе ТТ при переработке и сушке плодов и овощей.

При решении этих задач важно изучение эффективности использования солнечной энергии для ТТ, внедрение методов сушки и технологий на их основе, теоретическое и практическое обоснование оптимальных методов.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Проведенные исследования в рамках выполнения диссертационной работы являются составной частью госбюджетных НИР Бухарского инженерно-технологического института по Государственной программе ИТД- 6-078 «Разработка безотходной, энерго-ресурсосберегающей инновационной технологии по комплексной переработке плодов и овощей» за 2009-2011 гг.

Целью исследования является разработка сушильной установки, повышающая энергоэффективность с помощью тепловых труб и определение оптимальных режимов процесса сушки.

Задачи исследования:

изучение и исследование традиционных сушильных устройств и методов удаления влаги из плодовоовощей;

изучение применения тепловых труб в тепловых и массообменных системах, определение основных конструктивных и технологических параметров тепловых труб на основе теоретических и экспериментальных исследований;

определение оптимальных конструкций тепловых труб и рабочих агентов, используемых при сушке плодоовощей, на основе теоретических и экспериментальных исследований;

исследование закономерностей движения рабочего агента в зоне нагрева и конденсации тепловой трубы;

разработка экспериментальной сушильной установки для повышения энергоэффективности с использованием тепловых труб;

анализ процесса сушки с использованием тепловых труб при сушке лука и абрикоса и изучение влияющих факторов на основе экспериментов;

определение оптимального режима сушки лука и абрикосов;

разработка методики инженерного расчета сушильной установки с использованием тепловых труб.

Объектами исследования являются тепловые трубы и работающая с их применением сушильная установка, а также процесс сушки плодоовощей.

Предметом исследования являются высокоэффективная энергосберегающая сушильная установка, работающая в системе солнечной энергии и тепловых труб, а также технологические параметры процесса сушки.

Методы исследования. В диссертации используется метод определения рабочих агентов тепловых труб, изменения влажности продукта и температуры. Используются законы и соответствующие уравнения интерпретации энергоэффективности сушилки, работающих с тепловыми трубами.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены закономерности движения рабочего агента в зоне испарения и конденсации тепловой трубы;

разработана экспериментальная испытательная сушильная установка с использованием тепловых труб для повышения энергоэффективности;

обосновано распределение одинаковой температуры по всему объему сушильной камеры за счет энергии, вырабатываемой тепловыми трубами под воздействием солнечной энергии;

изучена кинетика процесса сушки в экспериментальной испытательной сушильной установке, повышающей энергоэффективность с использованием тепловых труб и определены оптимальные режимы процесса сушки лука и абрикоса;

разработан концептуальный подход к повышению энергоэффективности процесса сушки плодоовощей с использованием тепловых труб, принцип действия которых основан на использовании солнечной энергии;

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработана сушильная установка с использованием солнечной энергии и тепловых труб, направленная на обеспечение равномерного удаления влаги плодоовощей;

определены основные конструктивные и технологические параметры тепловых труб на основании теоретических и экспериментальных исследований;

с целью повышения энергоэффективности процесса сушки рабочая жидкость, движущаяся в тепловой трубе, основана на смеси 70% этилового спирта, диаметр тепловой трубы 20 мм и установленный на нем фитиль из стальной сетки с числом меш 7870.

экономическая эффективность внедрения сушильной установки в производство оценивается в среднем в 19 млн сумов в год, а экономическая прибыль 180 млн сумов.

Достоверность результатов исследования объясняется применением статистических и математических методов расчета, современных компьютерных программ и операционных систем при обработке теоретических и экспериментальных результатов, определении факторов и оптимальных режимов, влияющих на процесс сушки, соответствии результатов, полученных в экспериментальной установке, теоретическим результатам и их использованием в полупромышленных исследованиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования: Научная значимость результатов исследования заключается в конструкции сушильного оборудования, оснащенного тепловыми трубами, энергоэффективности, кинетике процесса сушки, закономерностях движения рабочего агента в зоне конденсации и испарения ТТ установки. При снижении давления внутри ТТ ниже атмосферного до 15,2 кПа температура кипения рабочей жидкости снижается, время подъема температуры сокращается в 4 раза, а эффективность работы ТТ увеличивается в 2 раза.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что использование оптимальных режимов сушки плодоовощей (лук и абрикос) способствует повышению энергоэффективности сушиллки с ТТ.

Внедрение результатов исследования. На основе научных исследований, направленных на повышения энергоэффективности процесса сушки плодов и овощей на основе тепловых труб:

сушиллка с тепловыми трубками для овощей и фруктов (лук, абрикос) внедрены в ООО «Ливадия-Бухара» (справка №08-119/10-21 «O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi» от 08 октября 2021 года). В результате энергосбережение энергоэффективность сушиллки с тепловыми трубами была увеличена вдвое, а затраты сократились на 96,5%.

сушильная установка заполненная спиртовой смесью во внутренней камере тепловой трубы внедрено в ООО «FRESH AND LIFE» в Бухарской области (справка №08-119/10-21 «O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi» от 08 октября 2021 года). В результате появилась возможность сушить абрикосы и лук при низких температурах.

Апробация результатов исследования. Основные результаты

исследований доложены, обсуждены и одобрены на 5 международных и 5 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликован 20 научных работ, 2 монографии, 8 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан (в том числе 1 в базе данных SCOPUS).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, показана степень изученности проблемы, отражена связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения, где выполнена диссертационная работа, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследований, а также содержатся данные по апробации работы, опубликованности результатов исследования, по структуре и объему диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ современного состояния процесса сушки плодов и овощей с точки зрения энергозатрат**» приведены научно-технические и патентные данные о процессе сушки фруктов и овощей, а также анализ по общим данным литературы. Проанализированы энергозатраты процесса сушки фруктов и овощей и даны понятия ТТ. Проанализировано современное состояние использования ТТ в тепломассообменных системах, их энергоемкость и возможность использования в процессе сушки, необходимость исследований по снижению энергозатрат процесса. Аналитические данные по энергозатратам на текущее состояние процесса сушки фруктов и овощей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика оборудования, применяемого в технологиях сушки плодово-овощной продукции

Методы сушки	Энергозатраты на испарение 1 кг влаги, кВт/ч
Воздушно-солнечная	0,5-1,0
Гелиосушка	0,3-0,5
ИК-лучами	0,9-1,0
Сублимационная	2,7-5,0
Конвективная	1,8-3,0
Кондуктивная	1,0-2,2
ВЧ и СВЧ	2,7-3,0
С использованием ТН	0,35-0,5

Во второй главе диссертации «Методика расчета и конструирования тепловых труб, используемых для сушки плодов и овощей» предложено предварительное конструирование ТТ по выбору рабочих агентов и материалов ТТ. Приведено математическое описание процесса теплопереноса в капиллярах ТТ и методы расчета давления жидкости и пара в капиллярах фитиля. Рекомендована методика расчета капилляра пористого материала (фитиля) и обоснован выбор материала и теплоносителя ТТ для сушки плодов и овощей. Для этого осуществлен анализ температурных характеристик ТТ на основе теоретических и лабораторных исследований, проведен ряд экспериментов. Проведены эксперименты по влиянию различных факторов на температурные характеристики ТТ и исследованы характеристики ТТ в вакууме. Выбраны рабочие жидкости, корпус и фитиль ТТ, пригодные для использования в процессе сушки. Коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи фитиля разной толщины определены на основании теоретических и экспериментальных исследований. Для изучения тепловых потоков и влияния на них различных факторов была разработана экспериментальная установка для среднетемпературных ТТ (рис. 1).

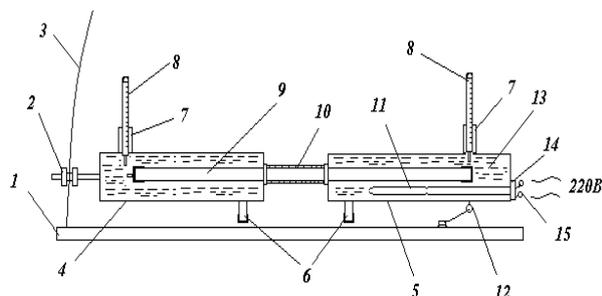


Рис.1. Схема и рисунок испытательной установки для среднетемпературных тепловых труб:

1- станина; 2- крепление; 3- штатив; 4,5- корпуса; 6- патрубки для отлива; 7- патрубки слива; 8- термометры; 9- тепловая труба; 10- тепловая изоляция; 11- нагревательный элемент; 12- шарнир; 13- вода; 14- терморегулирующее устройство; 15- переключатель.

Используя уравнение (1) гидростатическое давление определяется, на основе внутреннего диаметра трубы d_i , общей длины L_t и угла наклона трубы к горизонту ψ .

$$P_g = \rho_l g (d_i \cos \psi + L_t \sin \psi), \quad (1)$$

где ρ_l -плотность жидкости, g - ускорение свободного падения.

На основе полученных результатов, согласно формуле (1), можно заключить, что с повышением температуры рабочих агентов от 30 до 70⁰С, капиллярное давление уменьшается в 1,19 раза. С увеличением числа меш от 75 до 225 наблюдается увеличение капиллярного давления в системе рабочего агента воды в 2,5 раза, а для спирта в 5 раз. Это можно объяснить тем, что при увеличении температуры жидкости уменьшается поверхностное натяжение в капиллярах, а при увеличении числа меш, поверхностное натяжение в порах фитиля увеличивается, что приводит к увеличению поверхностного

натяжения. С увеличением количества меш пористого фитиля и увеличением диаметра проволоки сетки увеличивается его общий объем, что приводит к уменьшению его пористости:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\pi \cdot S \cdot N \cdot d}{4} \quad (2)$$

где ε - пористость сетки; S - изгиб проволоки $[1 \div 1,5]$; N - число меш; d - диаметр проволоки.

Теплопроводность фитиля в зависимости от рабочего агента, материала фитиля и пористости рассчитывалась следующим образом:

$$\lambda_{\phi} = \frac{\lambda_{\text{ж}}[(\lambda_{\text{ж}} + \lambda_{\text{сет}}) - (1 - \varepsilon)(\lambda_{\text{ж}} + \lambda_{\text{сет}})]}{[(\lambda_{\text{ж}} + \lambda_{\text{сет}}) + (1 - \varepsilon)(\lambda_{\text{ж}} - \lambda_{\text{сет}})]} \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{ж}}$ - теплопроводность рабочего агента; $\lambda_{\text{сет}}$ - теплопроводность сетки; ε - пористость сетки.

Полученные результаты показали, что коэффициент теплопроводности в ТТ при утилизации тепла в средних температурах при использовании рабочего агента- дистиллированной воды -увеличивается по сравнению с рабочим агентом-спиртом в 1,7 – 2 раза, а при увеличении пористости сетчатого фитиля -от 0,6 до 0,84 (в долях) коэффициент теплопроводности уменьшается в пределах 1,2 - 1,3 раза. Согласно полученным результатам коэффициент теплопередачи k уменьшается в 1,3 -1,4 раза при увеличении толщины слоя сетчатого фитиля от 3 до 5 мм в зависимости от материала ТТ при утилизации тепла в средней температуре.

Коэффициент теплопередачи от парового конденсата внутри ТТ к внешней среде в зоне конденсации рассчитывается по следующему уравнению:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ТТ}}}{\lambda_{\text{ТТ}}} + \frac{\delta_{\text{фТ}}}{\lambda_{\text{фТ}}}} \quad (4)$$

где α_1 - теплоотдача внешней стороны ТТ; α_2 - теплоотдача внутри ТТ; $\delta_{\text{ТТ}}$ - толщина стенки ТТ; $\lambda_{\text{ТТ}}$ - теплопроводность ТТ; $\delta_{\text{фТ}}$ - толщина фитиля; $\lambda_{\text{фТ}}$ - теплопроводность фитиля.

Исследование влияния различных факторов на мощность ТТ определяется следующим уравнением:

$$Q = Fk\Delta T \quad (5)$$

Анализ результатов свидетельствует, что при изготовлении ТТ с толщиной фитиля 3,0 мм, из медного материала мощность теплового потока составит 550 Вт, а при толщине слоя фитиля 4,5 мм мощность теплового потока уменьшается до 380 Вт.

В устройстве, показанном на рис. 1, были проведены эксперименты по определению влияния угла наклона на изменение температуры в конденсаторной и испарительной частях ТТ, во всех экспериментах рабочие агенты заправлены к ТТ при атмосферном давлении, сравнивая ТТ из меди и стали получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительная таблица температурных характеристик тепловых труб

№.	Материал ТТ, при толщине фитиля 3мм	Число меш, N	Теплоноситель	Время повышения температуры воды корпуса конденсатора, мин	Средняя температура воды корпуса конденсатора при углах наклона по времени, °С
1.	Стальная труба, стальной фитиль	4800	вода	85	65,5
2	Стальная труба, стальной фитиль	7870	вода	85	70,5
3	Стальная труба, медный фитиль	4800	вода	85	71,75
4	Стальная труба, медный фитиль	7870	вода	85	73
5	Стальная труба, стальной фитиль	4800	Спирт, 70%	80	64,5
6	Стальная труба, стальной фитиль	7870	Спирт, 70%	80	66,75
7	Стальная труба, медный фитиль	4800	Спирт, 70%	80	67,75
8	Стальной труба, медный фитиль	7870	Спирт, 70%	80	68,75
9	Медная труба, стальной фитиль	4800	вода	80	70,5
10	Медная труба, стальной фитиль	7870	вода	80	75,5
11	Медная труба, медный фитиль	4800	вода	80	76,75
12	Медная труба, медный фитиль	7870	вода	80	78
13	Медная труба, стальной фитиль	4800	Спирт, 70%	75	69,5
14	Медная труба, стальной фитиль	7870	Спирт, 70%	75	71,75
15	Медная труба, медный фитиль	4800	Спирт, 70%	75	72,75
16	Медная труба, медный фитиль	7870	Спирт, 70%	75	73,75

Основываясь на этих данных, мы выбрали ТТ, которые можно использовать в сушилке для эксперимента. Для этого были выбраны ТТ, состоящие из стальной трубы, стального фитиля с числом меш 7870 и теплоносителем 70%-ной спиртовой смеси.

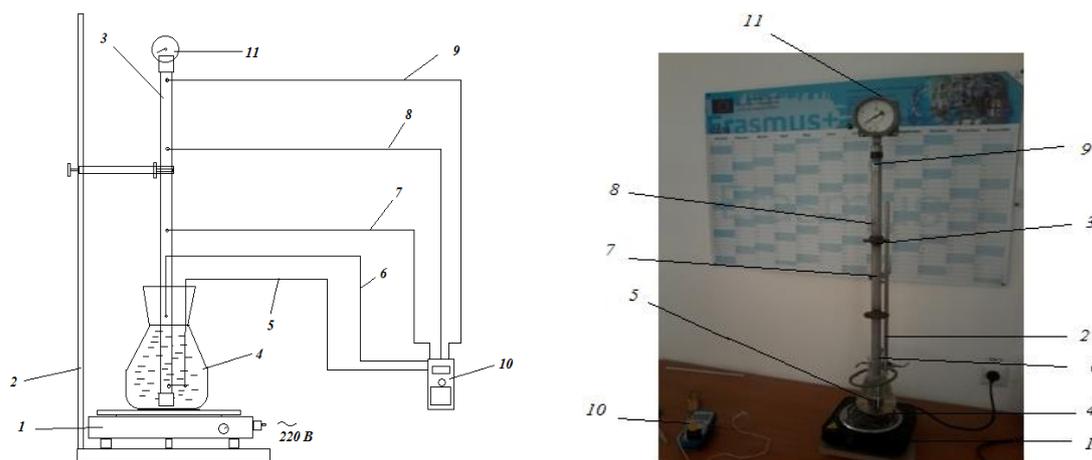


Рис.2. Схема и рисунок экспериментальной установки для проверки работоспособности тепловых труб при давлении $P_0=15,2$ кПа внутри тепловой трубы.

1-нагревательный элемент, 2-штатив, 3-ТТ, 4-термостойкая колба, 5,6,7,8,9-термопары, 10- мультиметр, 11- манометр.

Теплоноситель работает при градиенте температуры выше 80°C при атмосферном давлении ТТ с 70%-ной спиртовой смесью. Поскольку температура кипения 70% спиртовой смеси составляет $80,72^{\circ}\text{C}$, в ТТ создается вакуум для снижения температуры кипения (рис. 2).

На основании исследования были получены следующие результаты. Материал корпуса и фитиля - сталь, теплоноситель - 70% спиртовая смесь, при вакууме $P_0 = 15,2$ кПа в точке 9 корпуса ТТ конденсаторной части с внутренним диаметром 20 мм в течение 20 минут температура достигло $82,5^{\circ}\text{C}$. В теплоносителе дистиллированной воде при вакууме $P_0 = 15,2$ кПа в течение 20 мин температура составляла 61°C . Однако при подаче тепловой энергии при температуре 100°C вакуум внутри ТТ изменился с $P_0 = 15,2$ кПа до $P_0 = 81$ кПа.

Таблица 3

Сравнение температур кипения теплоносителей при различных давлениях

Зависимость температуры кипения воды от давления		Зависимость температуры кипения этилового спирта от давления		Зависимость температуры кипения смеси 70% этилового спирта от давления	
Давление, Па, 10^4	Точка кипения, $^{\circ}\text{C}$	Давление, Па, 10^4	Точка кипения, $^{\circ}\text{C}$	Давление, Па, 10^4	Точка кипения, $^{\circ}\text{C}$
1,01	45,45	1,33	34,2	2,67	49,8
2,02	59,67	2,0	42	5,33	64,5
3,04	68,68	2,66	47,8	8,0	74,2
4,05	75,42	5,33	62,8	10,13	80
5,07	80,86	10,13	78,15	12,57	86,1

В третьей главе диссертации, названной «**Экспериментальное исследование процесса сушки фруктов и овощей**» изучен принцип работы процесса сушки фруктов и овощей с использованием ИК на основе солнечной энергии, разработано экспериментальное испытательное устройство (Рисунок 3). При температуре окружающего воздуха 45°C , температура в теплопередающей камере повышалась до 74°C , а в сушильной камере до 68°C (рис. 4).

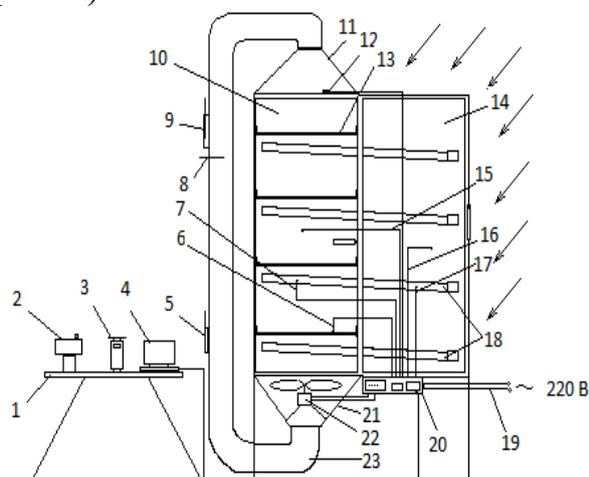


Рис. 3. Схема лабораторной сушильной установки с использованием тепловых труб

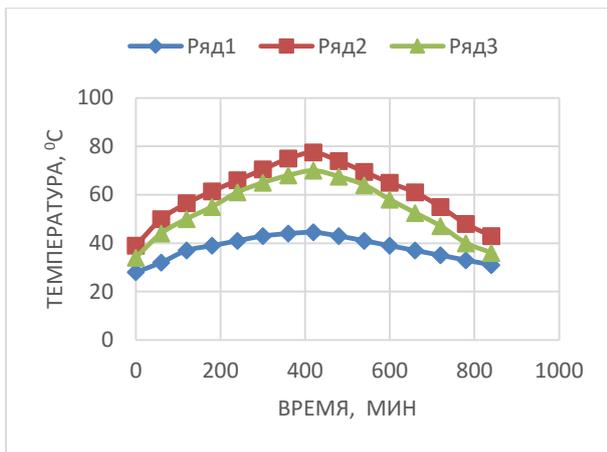


Рис.4. Изменение температуры в сушильной камере: 1-изменение температуры окружающей среды, 2- изменение температуры воздуха теплопередающей камеры, 3- изменение температуры воздуха в сушильной камере.

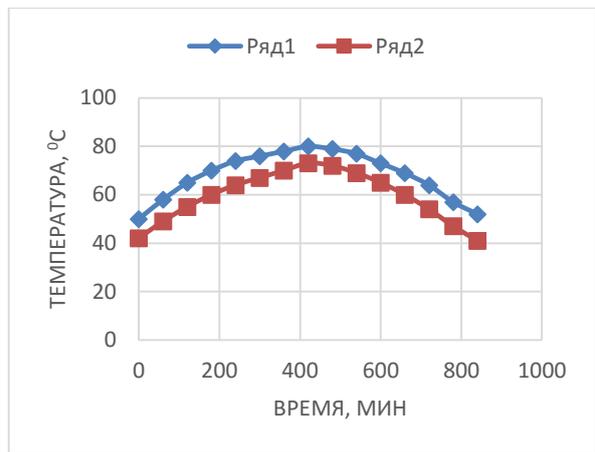


Рис.5. Изменение температуры в зоне испарителя и конденсатора тепловой трубы: 1- изменение температуры корпуса ТТ в зоне испарителя теплопередающей камеры, 2- изменение температуры ТТ в зоне конденсатора.

Также при изучении изменения температуры в двух зонах ТТ было установлено, что температура ТТ в зоне конденсатора составила 74°C , а в зоне испарения 80°C (рис. 5). При скорости воздуха в опытной установке 3 м/с и температуре 60°C время сушки лука толщиной 3, 4, 5 мм составило 4-7 часов (рис. 6). Результаты исследования сушки плодов абрикоса показаны на рисунках 8 и 9. Сушка абрикосов проводилась в режиме подачи воздуха в сушильную камеру со скоростью 3 м/с и температурой $55, 60, 65^{\circ}\text{C}$. Влияющими факторами были половинчатые абрикосы толщиной 5 мм, а время сушки составляло 8 часов при 55°C , 7 часов при 60°C и 6,5 часов при 65°C (рис. 8). Кривые, характеризующие скорость сушки исследуемых продуктов, представлены на рис. 7 и 9.

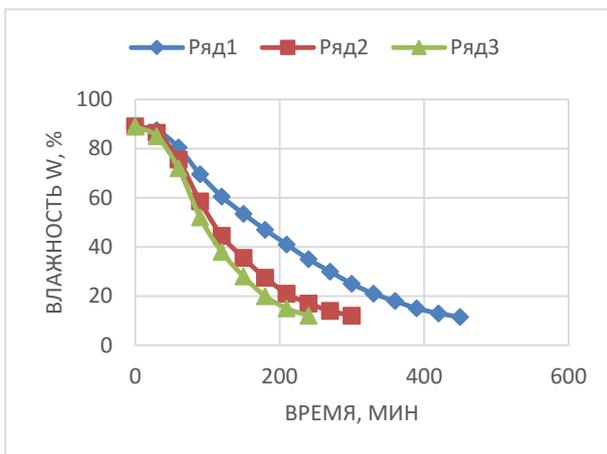


Рис.6. Кривые изменения влажности нарезанного репчатого лука. При температуре 60°C скорость воздуха $v=3\text{ м/с}$. (1-толщина слоя 5 мм, 2-толщина слоя 4 мм, 3-толщина слоя 3 мм.)

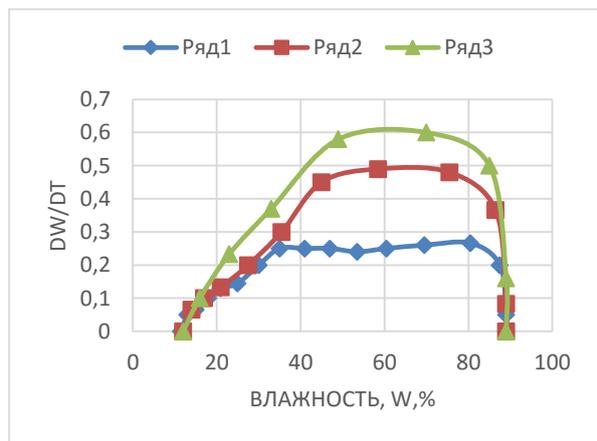


Рис.7. Кривые скорости сушки нарезанного репчатого лука. При температуре 60°C скорость воздуха $v=3\text{ м/с}$. (1-толщина слоя 3 мм, 2-толщина слоя 4 мм, 3-толщина слоя 5 мм.)

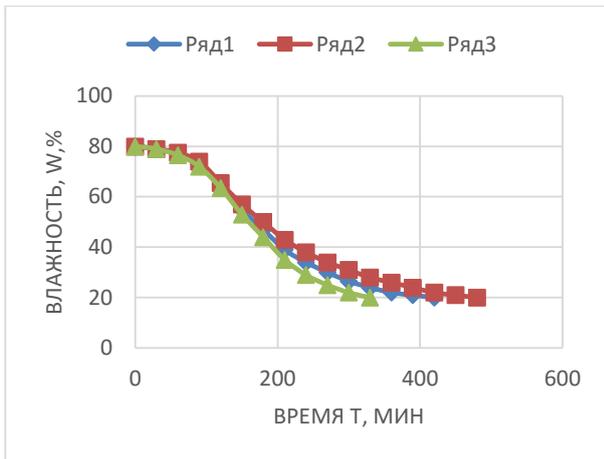


Рис.8. Кривые изменения влажности половинчатого абрикоса. (скорость воздуха $v=3\text{ м/с}$ толщина абрикоса 5 мм: 1- 60°C , 2- 55°C , 3- 65°C .)

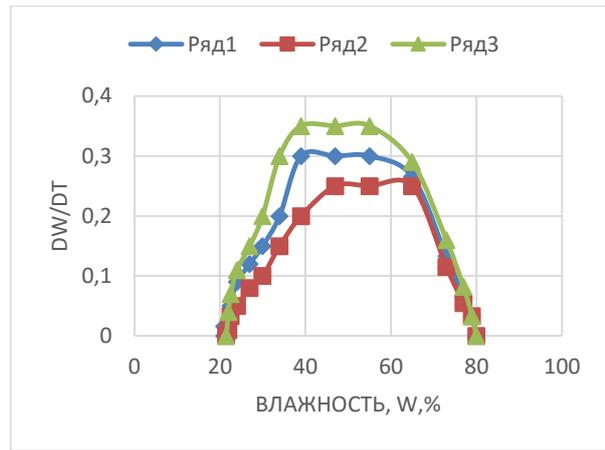


Рис.9. Кривые скорости сушки половинчатого абрикоса в экспериментальной сушильной установке с использованием тепловых труб. (скорость воздуха $v=3\text{ м/с}$, толщина абрикоса 5 мм, 1 - 60°C , 2 - 55°C , 3 - 65°C .)

При обработке результатов эксперимента методом полнофакторного планирования эксперимента (ПФЭ²³) были определены оптимальные значения параметров, влияющих на скорость сушки продуктов, и получены уравнения регрессии, описывающие процесс для репчатого лука:

$$y=16,03-3,23x_1-5,32x_2+6,41x_3+1,29x_1x_2-0,72x_1x_3-2,11x_2x_3 \quad (6)$$

Используя уравнение (6), мы определяем действительные переменные:

$$y= 39,9-1,016z_1-0,1374z_2+22,79z_3+0,0029z_1z_2-0,144z_1z_3-0,0234z_2z_3 \quad (7)$$

Уравнение регрессии для изменения влажности абрикосов выглядит следующим образом:

$$y=24,07-3,36x_1-2,52x_2+3,63x_3+0,59x_1x_2-0,66x_2x_3 \quad (8)$$

Реальные переменные, определяемые на основе уравнения (8), следующие:

$$y= 73,54-1,18333A_1-0,07005A_2+6,49A_3+0,00131A_1A_2-0,00733A_2A_3 \quad (9)$$

Определены оптимальные критерии процесса сушки лука и половинчатого абрикоса, равновесная влажность для лука принята равной 12%, а для половинчатого абрикоса - 20%:

$$Y_{\text{вых}}=f(t,\tau,\delta)\rightarrow Y_{\text{вых}}=12\% \quad (10)$$

$$Y_{\text{вых}}=f(t,\tau,\delta)\rightarrow Y_{\text{вых}}=20\% \quad (11)$$

Трехмерные графики процесса сушки лука и абрикоса с использованием ТТ были получены с помощью программы MatCad (рис. 10,11).

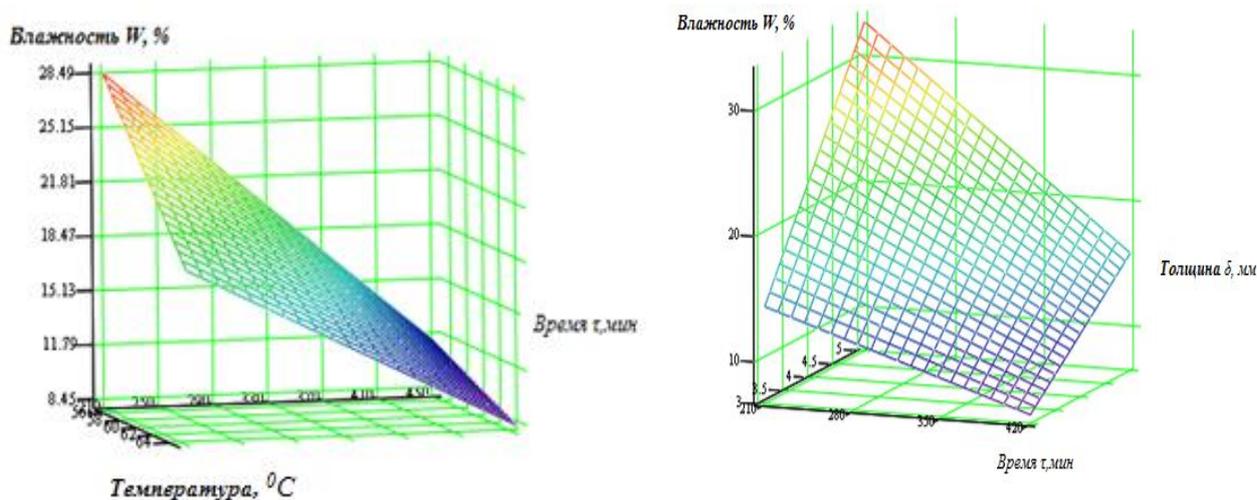


Рис.10. Изменение содержания влаги лука в зависимости от температуры, толщины слоя и времени сушки

Из трехмерных графиков известно, что температура в сушильной камере для лука составляет 60°C , толщина слоя продукта 4 мм, скорость воздуха 3 м/с, процесс сушки со временем сушки 300 минут, равновесная влажность лука составляет 12% является оптимальным.

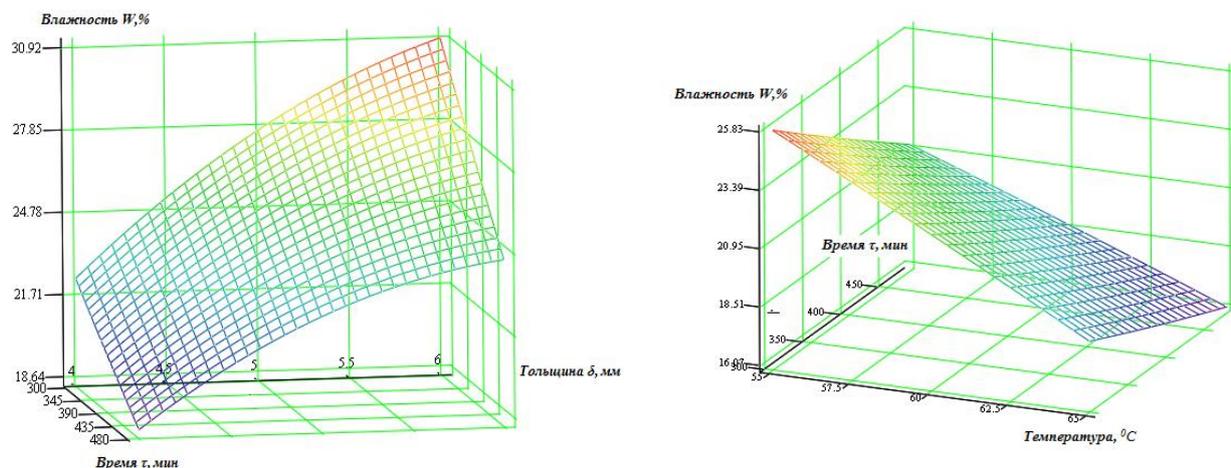


Рис.11. Изменение влажности абрикоса в зависимости от температуры, толщины и времени сушки

По результатам исследований оптимальный режим для абрикоса: при температуре сушильной камеры 60°C , скорость движения воздуха 3 м/с, толщина продукта 5 мм, время сушки 420 минут равновесная влажность продукта составила 20%.

В четвертой главе диссертации «Методика инженерного расчета сушильных установок с применением тепловых труб» приведены устройство и принцип работы сушильной установки с использованием ТТ, которая работает на основе солнечной энергии.

Предлагаемая полупромышленная сушилка состоит из следующих частей: сушильная камера 1, солнечный коллектор 4, испаритель в системе ТТ 3, две конденсаторные части 6 и 10, вентилятор 8, система воздуховодов 15, аккумулирующие устройства 12, 14, вентили 7, 11, 13 и конденсат-сборник 16.

Испаритель 3 расположен на солнечном коллекторе 4, часть конденсатора 6 к воздуховоду 15, а вторая часть конденсатора 10 установлена на аккумуляторной установке 12. Конденсаторные части 6, 10 и испарительная часть ТТ 3 соединены между собой паропроводом 5 и трубами конденсатора 2. Первая часть ТТ 9 крепится на теплоаккумуляторе 14, а вторая часть на воздуховоде 15.

Промышленные испытания полупромышленной сушильной установки с использованием ТТ проводились на ООО “Ливадия-Бухара” и на ООО “FRESH AND LIFE” Бухарской области и получили следующие результаты. При толщине лука 4 мм, скорости воздуха 3 м/с, температура воздуха 60⁰С процесс сушки продолжался 5 часов и равновесная влажность продукта составила 12%.

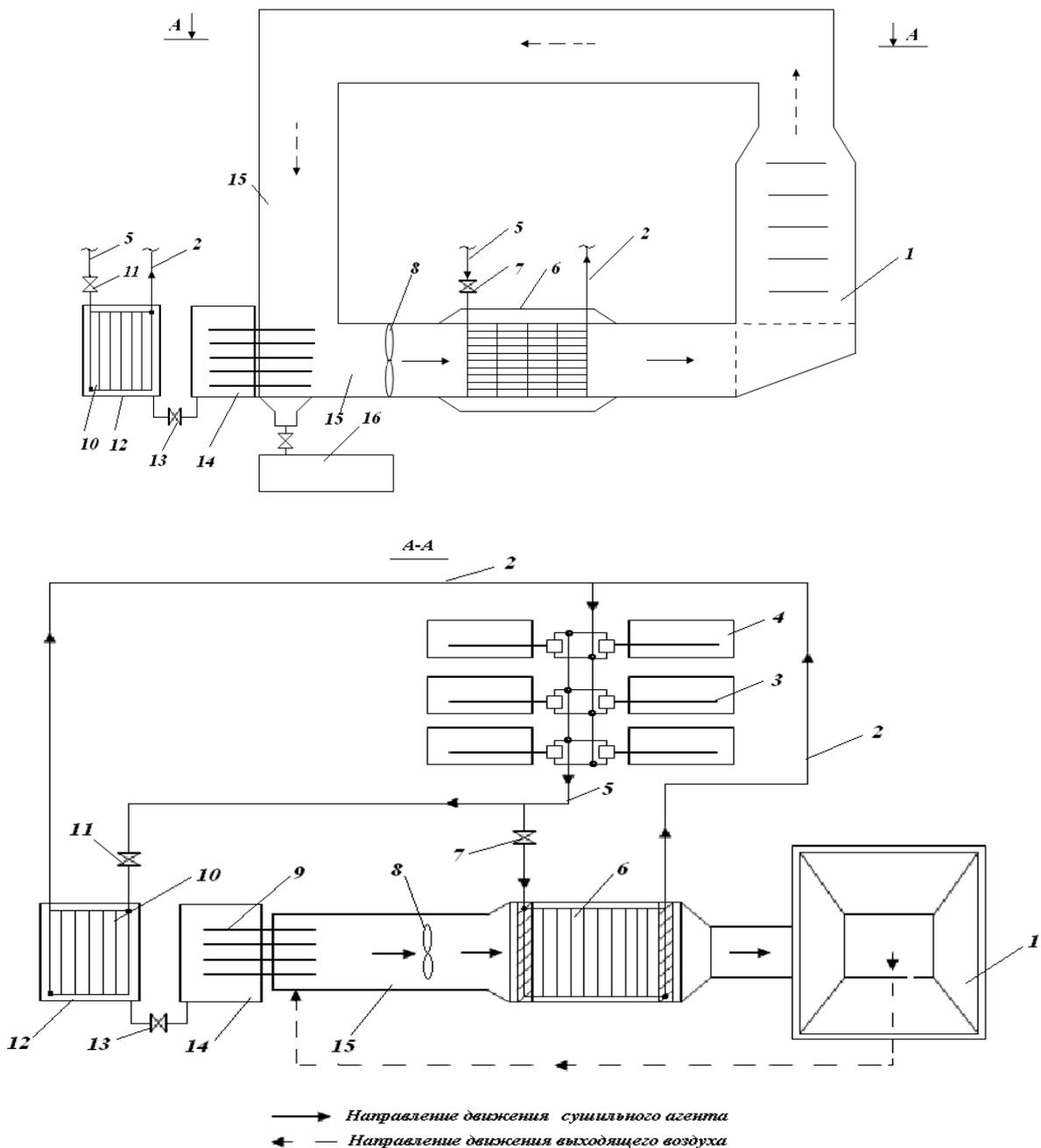


Рис. 12. Схема сушильной установки с использованием тепловых труб

Технологические параметры сушильной установки с использованием ТТ приведены в таблице 4.

Таблица 4

№	Показатели	Единица измерения	Сушильная с ТТ
1	Производительность по готовой продукции	кг /час	12,5
2	Начальная влажность	%	89
3	Конечная влажность	%	12
4	Удельная нагрузка	Кг/м ²	14-16
5	Выход готовой продукции	%	12,5-13
6	Удельные затраты энергии на сушку 1 кг сухофруктов	кВт* час	0,125
7	Продолжительность сушки	Час	4,0 – 5,0
8	Приведенные удельные затраты на 1т высушенного продукта	Млн сум/т	10,5
9	Ориентировочная стоимость технологического оборудования	Млн сум	63,6
10	Срок окупаемости	год	0,35
11	Годовой экономический эффект	Млн сум	18,7
12	Годовая прибыль	Млн сум	180,44

Сушильное оборудование имеет такие преимущества, как простота, безопасность, средняя стоимость металлоконструкции, высокая способность вырабатывать тепловую энергию на основе солнечной энергии, доступность экологически чистой продукции, высокая маневренность устройства. Кроме того, обычные сушилки расходуют 1,8-3,0 кВтч энергии на удаление 1 кг влаги из продукта, энергетические затраты предлагаемого сушильного устройства составляют 0,1-0,2 кВт/ч. В результате, внедрение в производство сушильной установки с использованием ТТ позволило снизить энергопотребление на 96,5%.

Имеется возможность изготовления рабочих чертежей и деталей предлагаемой новой конструкции сушильной установки на машиностроительных заводах Узбекистана. Результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также производственных испытаний создают основу для крупносерийного производства промышленной сушильной установки использованием ТТ с высокими технологическими показателями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено современное состояние процесса сушки фруктов и овощей по энергозатратам в существующих сушильных установках и выявлены недостатки.

2. На основе теоретических и экспериментальных исследований определены основные конструктивные и технологические параметры ТТ. Определена мощность теплового потока при ТТ с толщиной фитиля 3 мм составляет 550 Вт, снижение теплового потока до 380 Вт при толщине фитиля 4,5 мм, угол наклона ТТ мало повлиял на повышение температуры окружающей среды с 64,5 до 78⁰С, основными факторами, влияющими на поток тепловой энергии, являются рабочая жидкость (теплоноситель), толщина фитиля, теплопроводность теплоносителя, при атмосферном давлении происходит за счет коэффициента теплоотдачи фитиля и материала корпуса ТТ.

3. На основе теоретических и экспериментальных исследований выбраны материалы для ТТ и определены рабочие агенты, используемые в процессе сушки плодоовощей. Материал корпуса ТТ и материала сетки фитиля-сталь, количество меш в фитиле -7870, рабочая жидкость (теплоноситель)-70% спиртовая смесь, внутренний диаметр ТТ 20 мм.

4. Установлена закономерность движения рабочего агента в зоне нагрева и конденсации ТТ. Определено снижение температуры кипения рабочей жидкости при создании вакуума в ТТ ниже атмосферного давления до 15,2 кПа, время повышения температуры сократилось в 4 раза, что приводит к повышению эффективности ТТ в 2 раза, давление внутри ТТ при работе повышается от 15,2 кПа до 81 кПа.

5. Разработана экспериментальная испытательная сушильная установка, повышающая энергоэффективность процесса сушки с использованием ТТ. Выявлено, что время сушки лука и абрикоса в ТТ-сушилке зависит от следующих факторов: для лука - скорость воздуха 3 м/с, средняя температура 60⁰С, 4 часа при толщине 3 мм, 5 часов при толщине 4 мм и 7 часов при толщине 5 мм; для абрикоса - скорость воздуха 3 м/с, толщина 5 мм, 7 часов при средней температуре 60⁰С, 8 часов при средней температуре 55⁰С и 6,5 часов при средней температуре 65⁰С. Определено, что в течение дня при средней температуре 45⁰С окружающего воздуха, температура воздуха в камере конденсаторной части ТТ поднялась до 68⁰С, температура воздуха в испарительной части ТТ поднялась до 74⁰С, температура корпуса ТТ в камере испарителя поднялась до 80⁰С, а температура корпуса ТТ в камере конденсатора поднялась до 74⁰С.

6. Факторы, влияющие на процесс сушки лука и абрикоса с помощью ТТ, исследованы экспериментально. На основе математическо-статистической обработки результатов опытов получены уравнения регрессии, описывающие влияние факторов на конечную влажность лука и абрикоса. Определены оптимальные технологические режимы сушки лука: при температуре 60⁰С толщина слоя лука 4 мм, время сушки 300 минут при скорости воздуха 3 м/с

равновесная влажность лука достигает 12%, для абрикоса: температура 60⁰С, толщина слоя 5 мм, время сушки 420 минут, скорость движения воздуха 3 м/с, равновесная влажность составила 20%.

7. Разработана методика инженерного расчета сушильной установки ТТ, определены конструкции, технологический, материальный и тепловой балансы сушилки на 500 кг сырья в смену.

8. Рассчитана экономическая эффективность внедрения сушильной установки с применением ТТ, годовая экономическая эффективность которой составила 18 731 250 сумов, годовая прибыль - 180 445 313 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.12.2019.T.101.01 ON AWARDING A
SCIENTIFIC DEGREE AT THE BUKHARA ENGINEERING
TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

BUKHARA ENGINEERING TECHNOLOGICAL INSTITUTE

KHOLIKOV ALIJON ABDIRAPOVICH

**INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE PROCESS OF
DRYING FRUITS AND VEGETABLES BASED ON THE APPLICATION
OF HEAT PIPES**

02.00.16 – Processes and apparatus of chemical technologies and food production

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON THE TECHNICAL SCIENCES**

Bukhara – 2022

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number 2017.3.PhD/T341.

The doctoral dissertation has been carried out at the Bukhara Engineering – Technological Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) and posted on the website of the Scientific Council at (bmti_info@edu.uz) and on the website of the Information-educational portal «ZiyoNet» (www.ziynet.uz)

Scientific supervisor:

Djuraev Khayrullo Fayzievich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Safarov Jasur Esirgapovich
doctor of technical sciences, professor

Jumaev Kayum Karimovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

Karshi Engineering –Economic Institute

Defence of the dissertation will take place on «17» February 2022 at the meeting of Scientific Council PhD.03/30.12.2019.T.101.01 at Bukhara Engineering-Technological Institute. (Address: 200117, Bukhara, st. K. Murtazaev 15. Tel: (99865) 223-78-84, fax: (99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz.).

The dissertation has been registered at the Information-Resource Center of the Bukhara Engineering-Technological Institute. № 359 from which in the IRC (200117 Bukhara, st. K. Murtazaev 15). Tel.: (+99865) 223-78-84.

The abstract of dissertation has been distributed « 4 » February 2022 year.
(Protocol at the register No 4 dated « 31 » January 2022 year.)



N.R. Barakaev
Chairman of Scientific Council of the
awarding of the Scientific Degree, Doctor of
technical sciences, professor

R.R. Khayitov
Scientific secretary of the Scientific
Council for the awarding of the Scientific
Degree, Doctor of technical sciences, senior
researcher

Sh.M. Khodjiev
Chairman of the Scientific Seminar
under the Scientific Council for the awarding
of the Scientific Degree, Doctor of technical
sciences, docent

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop a drying installation that increases energy efficiency using heat pipes and to determine the optimal modes of the drying process.

The objects of research are heat pipes and a drying installation working with them, as well as the process of drying fruits.

The scientific novelty of the study lies in the following:

the regularities of the movement of the working agent in the zone of evaporation and condensation of the heat pipe have been determined;

developed an experimental test drying plant using heat pipes to improve energy efficiency;

justified the distribution of the same temperature throughout the volume of the drying chamber due to the energy generated by heat pipes under the influence of solar energy;

studied the kinetics of the drying process in an experimental test drying plant, which increases energy efficiency using heat pipes and determined the optimal modes of the drying process of onions and apricots;

developed a conceptual approach to increasing the energy efficiency of the process of drying fruits and vegetables using heat pipes, the principle of which is based on the use of solar energy;

Implementation of research results. Based on scientific research aimed at improving the energy efficiency of the process of drying fruits and vegetables based on heat pipes:

a dryer with heat pipes for vegetables and fruits (onions, apricots) was introduced at "Livadia-Bukhara" LTD (reference No. 08-119 / 10-21 "O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi" dated October 08, 2021). As a result of energy saving, the energy efficiency of the heat pipe dryer has been doubled and the cost reduced by 96.5%.

a drying plant filled with an alcohol mixture in the inner chamber of the heat pipe was introduced at "FRESH AND LIFE" LTD in the Bukhara region (reference No. 08-119 / 10-21 "O'zbekiston Oziq-Ovqat Sanoati Uyushmasi" dated October 08, 2021). As a result, it became possible to dry apricots and onions at low temperatures.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 110 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Gafurov K., Hikmatov D., Kholiqov A.A., Safarov O. Energy resource-saving technologies in processing of fruits and vegetables. Monograph. Bukhara.: Publishing house “Durdona”, 2019. – 116 P.
2. Gafurov K.Kh., Hikmatov D.N., Kholikov A.A., Safarov O.F. Application of heat pumps and heat pipes in the food industry. Monograph. Bukhara.: Publishing house “Durdona”, 2020. – 112 P.
3. Холиков А.А., Джураев Х.Ф., Бешимов М.Х. Пути решения энергетических затрат тепломассообменных установок. // Журнал “Развитие науки и технологии” – Бухара, 2017. – №4. – С.14-19. [02.00.00. №14]
4. Холиков А.А., Мирзаева Ш.У., Рахматов У.Р. Расчет конвективной сушильной установки с применением тепловых труб. // Электронный научный журнал “UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ” – Москва, 2019. – №10 – С. 63-67. [02.00.00. №1]
5. Холиков А.А. Иссиқлик қувурларда ностационар энергия ташишни тадқиқ этиш. // Журнал. “Фан ва технологиялар тараққиёти” – Бухоро, 2018. – №4 . – Б.102-108. [02.00.00. №14]
6. Сафаров О.Ф., Гафуров К.Х., Холиков А.А. Исследование на математической модели влияние конструкции тепловых труб. // Журнал. “Развитие науки и технологии” – Бухара, 2015. – №1. – С.9-14.

II бўлим (II часть; part II)

7. Kholikov A.A., Sayidov H.K., Beshimov M.H. Analysis of Mathematical Models and Influence of Constructions of High Efficient Heat Transfer Devices. // Journal “Mathematical Modelling and Applications” Science Publishing Group. 2017, 63-67 – P. [05.00.00. №28]
8. Kholikov A.A, Quldosheva F.S. Testing And Determining The Temperature Characteristics Of Heat Pipes (HP). // The American Journal of Applied Sciences, 2020. – 2(11), 151-166. P. [Crossref]
9. Kholikov Alijon, Jumaev Jura Hikmatov Doniyor, Kuvvatov Khamid. Optimization of onion drying process parameters using the full factorial experiment method. // Earth and Environmental Science 848 – 2021. IOP Conf. Series. 012010 doi:10.1088/1755-1315/848/1/012010[Scopus]
10. Ибрагимов Р.Р., Холиков А.А., Абдурахмонов О.Р., Кобиллов Х.Х. Пути решения энергетических затрат технологических процессов. // Журнал “Вестник развития науки и образования”. – Москва, 2013. №3 – С.43-50.
11. Сафаров О.Ф., Холиков А.А. Энергосбережение в тепломассообменных установках. // “Фан таълим ишлаб чиқариш интеграцияси” республика илмий - амалий анжумани, Тошкент, 2005 – б. 283.

12. Сафаров О.Ф., Холиков А.А., Муслимов Б.Б. Расчет корпуса высокоэффективного теплопередающего устройства (ТТ). // Техника и технология пищевых производств. IX Международная научная конференция студентов и аспирантов, – Могилев, 2014 Т. 2– С.13.

13. Сафаров О.Ф., Холиков А.А. Об инженерном расчете теплообменных установок с применением тепловых труб. “Техника и технология пищевых производств” // IX Международная научно-техническая конференция – Могилев, 2013, – С. 271.

14. Холиков А.А., Саидмуродова Ш.У., Сафаров О.Ф. Расчет продолжительности при сушки нестационарным режиме. // “Замонаий ишлаб чиқариши энергия таъминоти илмий муаммолари” мазусида республика илмий-амалий анжуман материаллар тўплами, Бухоро, 2014, – Т.2. – б. 371.

15. Холиков А.А. Қуёш энергиясидан қишлоқ хўжалик маҳсулотларни қуритишда фойдаланиш. // “Ишлаб чиқариш корхоналарининг энергиятежамкорлик ва энергия самарадорлик муаммоларни ечишда иновацион технологияларнинг аҳамияти” Республика илмий –амалий анжумани. – Қарши, 2016 – Т.1. – б. 359.

16. Холиков А.А., Гафуров К.Х. Анализ процесса сушки плодовоощей. // “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва иновацион ечимлари” Республика илмий-техник анжумани материаллари – Фарғона, 2016. – Т.1. – б. 73.

17. Холиков А.А. Муслимов Б.Б. Метод расчета вакуум-выпарного аппарата с использованием тепловых труб. // “Актуальные инженерные проблемы химических и нефтехимических производств”. Республиканская научно-практическая конференция. – Нижнекамск, 2013. – С. 79.

18. Холиков А.А., Мирзаева Ш.У., Фатуллаев Ш. Подсистемы аккумуляирования тепла. // “Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов” сборник научных статей международная научно- практическая конференция. – Курск, 2016. – Т. 2. С. 348.

19. Холиков А.А., Гафуров К.Х. Исследование теплопроводности тепловых труб. // Инновации в индустрии питания и сервисе. III Международная научно-практическая конференция. – Краснодар, 2018. – С. 202.

20. Kholikov A.A. Evaporator vacuum calculation method with using heat pipes. // “Инновационные пути решения актуальных проблем развития пищевой и нефтегазохимической промышленности” Международная научно-практическая конференция. – Бухара, 2020. – 251-254 P.

Автореферат “Дурдона” нашриётида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек,
рус ва инглиз тилларидаги матнларнинг мослиги текширилди.



Босишга рухсат этилди: 31.01.2022 йил. Бичими 60x84 1/16 ,
«Times New Roman» гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 3. Адади: 100 нусха. Буюртма № 10.

Гувоҳнома АИ №178. 08.12.2010.
“Садриддин Салим Бухорий” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Бухоро шаҳри, М.Иқбол кўчаси, 11-уй. Тел.: 65 221-26-45