

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

МАШАРИПОВА ЗУЛХУМАР АТАБЕКОВНА

**ЎСИМЛИК МАҲСУЛОТЛАРИНИ САМАРАЛИ ҚУРИТИШ
ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ҚУРИТИШ
АППАРАТИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

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

Тошкент – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Машарипова Зулхумар Атабековна

Ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритиш технологик жараёнини
моделлаштириш ва қуритиш аппаратини
такомиллаштириш..... 3

Машарипова Зулхумар Атабековна

Моделирования технологического процесса эффективной сушки
материала растительного происхождения и совершенствование
аппарата..... 21

Masharipova Zulxumar Atabekovna

Modeling of technological process of drying of phytogenesis material and
perfection of the device..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

МАШАРИПОВА ЗУЛХУМАР АТАБЕКОВНА

**ЎСИМЛИК МАҲСУЛОТЛАРИНИ САМАРАЛИ ҚУРИТИШ
ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ҚУРИТИШ
АППАРАТИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

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

Тошкент – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т651 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислон Каримов номли Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Артиков Асқар Артикович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Қурбонов Жамшид Мажидович
техника фанлари доктори, профессор

Нигмаджанов Самуғжон Каримжонович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.04.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгаш «___» 2018 йил соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч., 32. Тел.: (99871)244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган).

Манзил: (100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч. 32. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2018 йил « ___ » _____ тарқатилди.
(2018 йил « ___ » _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси).

С.М. Туробжонов

Илмий даражалар берувчи Илмий
кенгаш раиси т.ф.д. профессор

А.С. Ибодуллаев

Илмий даражалар берувчи Илмий
кенгаш илмий котиби т.ф.д. профессор

Қ.О. Додаев

Илмий даражалар берувчи Илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси т.ф.д. профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё бўйича қуритиш технологик жараёни орқали турли ярим фабрикатлар, пигмент ва бўёқ моддалари, кўп сонли органик синтез маҳсулотлари, минерал туз ва ўғитлар, озиқ-овқат ва фармацевтика маҳсулотлари олинади. Ушбу жараёнда юзага келувчи хомашёнинг кимёвий, физик-кимёвий, биологик, структуравий-реологик ўзгаришлари ҳарорат билан боғлиқ бўлиб, илмий тадқиқотлар маҳсулотларнинг кимёвий ва биологик хоссаларини ўзгартирмайдиган қуритиш жараёнини оптимал режимларини ҳисоблаб топиш, мавжуд қуритиш технологияларини такомиллаштириш ва аппаратларини яратишга қаратилган.

Бугунги кунда дунё миқёсида мева-сабзавотларнинг қуритиш давомида кимёвий таркиби, физик-кимёвий хоссалари, структураси, биологик фаол моддаларини ва таъмини сақлайдиган ресурстежамкор техника, технология ва бошқарув системаларини инновацион моделларининг илмий асосларини такомиллаштириш, уларни жорий этилишида қуритиш жараёнини ҳисоблашнинг янги усуллари ва математик моделларини ишлаб чиқиш, нам жисмдаги иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини ўрганиш ҳамда аппаратнинг конструктив ўлчамларини ҳисоблаш борасидаги илмий тадқиқотларни бажариш долзарб муаммодир.

Республикамизда охириги йилларда қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қайта ишлаш корхоналарида юқори сифатли маҳсулот олиш усулларини, хусусан, энергия тежамкор технологияларининг янги турларини ишлаб чиқишга эътибор қаратилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...иктисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш ...»¹ вазифалари белгилаб берилган. Бу борада жумладан, ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнида маҳсулот таркибидаги керакли компонентларни сақлаш, вақт ва энергияни тежаш, самарали қуритиш усуллари ва технологияларини яратишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 29 мартдаги ПФ-5388-сон «Ўзбекистон Республикасида мева-сабзавотчиликни жадал ривожлантиришга доир кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2018 йил 26 апрелдаги ПҚ-3680-сон «Мамлакатнинг озиқ-овқат хавфсизлигини янада таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 12 январдаги 24-сон «Илмий-инновацион ишланма ва технологияларни ишлаб чиқаришга татбиқ этишнинг самарали механизмларини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 6 январдаги ПҚ-2716-сон «2017-2018 йилларда мева-сабзавот маҳсулотларини сақлаш ва чуқур қайта ишлаш қувватларини ташкил этишни ривожлантириш бўйича кўшимча чора тадбирлар тўғрисида»ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, фармон ва қарорлари ҳамда

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

мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу тадқиқот муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялари ва нанотехнологиялари» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Озиқ-овқат саноатида маҳсулотларни қуритиш жараёнининг технологияси ва қурилмаларини такомиллаштириш бўйича А.В. Лыков, А.С. Гинзбург, Б.М. Азаров, Л.Я. Ауэрман, В.В. Кафаров, Б.С. Сажин, П.А. Ребиндер, В.Я. Адаменко, И.Ю. Алексанян, А.С. Большаков, А.А. Буйнов, В.В. Красников, Г.К. Филоненко, Ю.А. Михайлова, В.П. Дущенко, П.Д. Лебедева, С.Г. Ильясов, И.Н. Владавев, М.П. Воларович, С.Т. Антипов, Н.А. Воскресенский, А.Н. Вышелесский, Н.А. Панфилов, А. Головкин, А.В. Горбатов, В.С. Грюнер, В.С. Баранов, Э.А. Гуйго, А.И. Жаринов, Ю.С. Заяц, С.В. Некрутман, Ю.М. Плаксин, И.А. Рогов, Н.Р. Юсупбеков, Д.Н. Мухитдинов, А. Артиқов, Х.С. Нурмухамедов, К.Т. Норкулова, Дж.П. Мухиддинов, Қ.О. Додаев, Ж. М. Қурбанов, Х.Ф. Жўраев ва бошқа олимлар илмий ишлар олиб боришган.

Улар томонидан қуритилаётган материалларнинг таркибидаги намликни турли усул ва турли режимларда чиқариб юборишда қуритиш жараёни назарий ва амалий ўрганилган ҳамда самарали усулларда ишловчи қурилмалар яратиш имкониятларини берувчи техника ва технологияларни яратиш, амалиётга жорий этишган.

Шу билан бирга, қуритиш жараёнини ҳисоблаш ишларини моделлаштириш ва автоматлаштириш, янги ҳисоблаш усулларини тадқиқ этиш, қуритишда ноанъанавий энергиядан фойдаланиш, энергия тежовчи, иқтисодий ҳамда экологик жиҳатдан юқори кўрсаткич ва юқори самарадорликка эга бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқарувчи аппаратлар яратиш борасида илмий тадқиқот ишлари олиб боришмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ОТ-Ф4-048 «Қишлоқ хўжалиги хомашёсини қайта ишлаб озиқ-овқат маҳсулотларини олишда био-иссиқликмоддаалмашилиш жараёнини таҳлил қилиш, моделлаштириш ва синтез қилиш асослари» (2007-2011йй.) ва БВ-Ф4-024 «Тизимли фикрлаш, таҳлил қилиш, моделлаштириш, оптимал ечимларни топишни муҳандислик технологияси мисолларида ривожлантириш» (2017-2020йй.) мавзуларидаги фундаментал илмий-тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади капилляр-ғовак ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритиш жараёнини моделлаштириш, технологияси ва қуритиш аппаратини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

капилляр-ғовак ўсимлик маҳсулотларини қуритиш объектини тизимли таҳлил асосида моделини тузиш;

қуритиш жараёни параметрларининг масса намлик алмашиниш характеристикасига боғлиқлигидан қуритиш жараёнини математик ва компьютер моделини ишлаб чиқиш;

ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнини ҳисоблашда мувозанат ҳолатларини аниқлашни мукамаллаштириш, математик ифодалаш, компьютер дастурларини ишлаб чиқиш;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини экспериментал қурилмада қуритиш жараёнига таъсир қилувчи омилларнинг таъсирини ўрганиш;

ўсимлик маҳсулотларини микротўлқинли ва комбинацияланган қуритиш жараёнини оптималлаштириш усулларини аниқлаш;

ўсимлик маҳсулотларини қуритишда рационал даврий технологик режимларни яратиш ва қуритиш аппаратини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида қуритиш қурилмалари ва жараёнлари, мавжуд моделлаштириш ҳамда ҳисоблаш методлари олинди.

Тадқиқотнинг предмети сифатида қуритиш технологик жараёнларининг кўрсаткичлари, ҳозирги кундаги ҳисоблаш методлари орқали олинган боғлиқликлар кўзда тутилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Қуритиш жараёнини ўрганиш учун кўп поғонали тизимли таҳлил ва моделлаштириш усулидан, экспериментал тажриба режалаштириш ва тадқиқот изланишлари лаборатория ва ишлаб чиқаришда замонавий ўлчаш асбоблари ёрдамида амалга оширилиб, математик моделнинг компьютерли ифодасининг адекватлиги замонавий MATLAB дастури ёрдамида таҳлил қилинди. Эксперимент натижаларни қайта ишлаш ва умумлаштиришда иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнлари ҳамда термодинамиканинг асосий қонун ва формулалардан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини қуритиш технологик жараёни ва қуритиш аппаратининг кўп поғонали тизимли таҳлил асосида математик моделлаштириш методи яратилган;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнини ҳисоблашда мувозанат ҳолатларининг математик боғлиқликларига кўра янгича ҳисоблашлар ҳамда компьютер дастурлари яратилган;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнига таъсир қилувчи параметрларнинг боғлиқлик тенгламаларидан қуритиш жараёнининг математик ва компьютер модели ишлаб чиқилган;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини физик ва компьютер моделларининг адекватлиги аниқланган;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини микротўлқинли қуритиш жараёни учун оптимал вариантлар аниқланган;

капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини қуритишда рационал даврий ва узлуксиз технологик режимлар яратилган ва қуритиш аппаратлари такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тажрибаларда адекватлиги аниқланган қуритишнинг компьютер моделлар орқали даврий ва узлуксиз жараёнларини ҳисоблаш методлари ишлаб чиқилган;

қуритиш жараёнининг оптимал шароитларини топиш йўллари ва усуллари яратилган;

олинган натижалар асосида математик ва компьютер моделлари ёрдамида материалларни, шу жумладан капилляр-ғовакли ўсимлик маҳсулотларини қуритишнинг ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

олинган натижалар асосида даврий микротўлқинли аппаратда термолабил материаллар учун қуритиш усуллари ва қуритиш аппарати ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги адекват физик модели ва ҳисоблаш алгоритмлари мавжудлиги, ярим саноат қурилмасидаги синовларда олинган экспериментал натижаларни назарий натижаларга мослиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти икки фазали тизимнинг мувозанат ҳолатини аниқлайдиган параметрлар қийматини ўзгариши билан қуритиш жараёнини акс эттирадиган компьютер модели асосида қуритиш жараёнини ҳисоблаш ҳамда аппарат кўрсаткичлари ва қуритиш технологиясини асослаш билан изоҳланади.

Ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнида маҳсулот таркибидаги керакли компонентларни сақлаб, вақт ва энергия тежамкор, самарали қуритиш аппарати ва комбинирланган қуритиш технологиясини жорий этишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритиш технологик жараёнини моделлаштириш ва қуритиш қурилмасини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритиш аппарати «Nasaf –Trade Invest» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий этилган («Ўзбекизоқовқатзахира»нинг 2017 йил 17-ноябрдаги LS 8/18-сон маълумотномаси). Натижада хомашёларнинг қуритиш давомида кимёвий, биологик, структуравий-реологик хоссаларини сақлаб қоладиган ва жараёнининг давомийлиги 1,8 - 2 баробарга қисқартирадиган қуритиш аппарати ишлаб чиқариш имконини берган;

ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритишнинг комбинирланган технологияси «Nasaf–Trade Invest» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий этилган («Ўзбекизоқовқатзахира»нинг 2017 йил 17-ноябрдаги LS 8/18-сон маълумотномаси). Натижада қуритилаётган хомашёнинг кимёвий, биологик, структуравий хоссаларининг ўзгариши 18-22%га, умумий энергия сарфини 12 %гача камайтириш, ишлаб чиқариш унумдорлигини 20-25% ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та халқаро ва 9 та республика илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 34 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациянинг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан 5 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда, 6 та дастурий маҳсулот ҳамда 19 та тезис ва докладлар республика ва халқаро конференциялар тўпламларида чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 120 бетдан иборат бўлиб, унда 48 та расм ва 8 та жадвал келтирилган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Капилляр-ғовак ўсимлик маҳсулотларини қуритиш технологиясининг замонавий ҳолати таҳлили»** деб номланган биринчи бобида озик-овқат техникаси ва технологиясидаги қуритиш жараёнининг ўрганиш назарияси ва амалиётининг ривожланиши, ундаги янгиликлар ва муаммолар, уларни бартараф этиш бўйича республикамиз ва дунёда олиб борилаётган илмий ва амалий изланишлар таҳлили келтирилган. Қуритиш жараёнини таҳлил қилиш, қуритиш жараёнининг ҳисоблаш ишлари мураккаблиги, унинг олдида турган асосий муаммолардан бўлган энергияни тежаш ва юқори сифатли маҳсулот олишнинг янги методларини излаб топиш ва уларни қайта ишлашга татбиқ қилиш масалалари мавжудлигини кўрсатди. Қуритиш мураккаб жараён бўлганлиги боис, уни аналитик ҳисоблаш усуллари тўлиқ ишлаб чиқилмагани ҳисоблашда анча кийинчиликларни юзага келтириши кўрсатилган.

Диссертациянинг **«Капилляр-ғовак ўсимлик маҳсулотларини қуритиш технологиясининг тизимли таҳлили ҳамда математик ва компьютер моделлаштириш асослари»** деб номланган иккинчи бобида тизимлар назарияси ва тизимли фикрлаш орқали қуритиш жараёни таҳлил қилиниб, унинг алгоритмик формуласи ва бажарилиш тартиби келтирилган.

Ҳар бир поғонада жойлашган элементларнинг кириш ва чиқиш параметрлари аниқланган. Танланган тизимдаги параметрларнинг бир-бирига таъсири аниқланиб, тизим ичига кетма-кет, қадамба-қадам кириб борилган ҳолда тизимнинг кўп поғонали таҳлили қовоқ маҳсулотини қуритиш аппаратининг иерархик тузилиши мисолида тақриф этилган.

Яна мазкур бобда математик моделлаштириш методологиясининг такомиллашуви, моделларни шакллантиришда оддийдан мураккабга ўтиш янада аниқ моделлар олиш имконини беришини инобатга олган ҳолда, кўп босқичли моделлаштириш тамойилидан фойдаланиб, қуритиш жараёнини ҳисоблаш учун такомиллашган моделлар тақриф қилинди, жараёнларини математик ва компьютер моделлари ишлаб чиқилди.

Микротўлқинли нур оқимининг материалда ютилиш жараёнини, материални иситиш учун кетган энергия, вақт давомида маҳсулот юзасида ютилган энергия, намликни буғлатиш учун кетадиган энергияни математик

изоҳлари асосидаги тенгламаларни математик қайта ишлашдан сўнг, қуритилаётган материал ҳароратини ҳисоблашнинг компьютерли алгоритмик блоки келтирилган.

$$t_m = (1-x_1) * (G_{m\bar{o}} * C_{m\bar{o}} * t_{m\bar{o}} + G_{x\bar{o}} * C_{x\bar{o}} * t_{x\bar{o}} + G_{m\bar{o}} * C_{m\bar{o}} * t_{m\bar{o}} + N) - 2514 * (x_0 - x_1) / (1-x_1) * (G_{m0} * C_{m0} + G_{x0} * C_{x0} + G_{m0} * C_{m0}) + 1.5 * (x_0 - x_1) \quad (1)$$

ёки

$$t_m = (((m0 * a0 * C0 * u(1) / u(6) + u(2) + Av * S * 22) - (m0 * ((a0 / u(6)) - (a0 / u(5))) * (2514))) / (((m0 * a0 * ((u(5) * 1.5 + ((1 - u(5)) * 4.19)))) / u(5))) + (m0 * (1 - (a0 / u(5))) * (1.53)) + (Av * S)) \quad (2)$$

Газ фазаси учун моддий баланснинг математик тенгламаларидан фойдаланиб, қуйидаги кўринишда биринчи тартибли дифференциал тенглама ёзилди:

$$\frac{\Delta t_g}{\Delta \tau} = \frac{1}{V_0 * \rho_g * C_g * t_g} \{ G_{g0} * C_{g0} * t_{g0} + G_w * I + \alpha * F * (t_m - t_g) - (G_{g0} * C_g + G_w * C_w) * t_g - K_g * F_m * (t_{g0} - t_{oc}) \};$$

$$\rho_g = f(Y_g, t_g, P);$$

$$C_w = f(t_w, P) \quad (3)$$

$$\alpha = f(Re, \dots)$$

$$I = f(t)$$

$$C_g = f(t_g, \dots, P)$$

$$K_g = f(\alpha, \alpha_g, \delta, \lambda)$$

Қуритилаётган материалга газ фазасидан иссиқлик узатиш жараёнининг компьютерли модели тузилди ва диссертацияда келтирилган.

Тизимли фикрлаш асосида қуритиш жараёнини таҳлил қилганда массани бир фазадан иккинчи фазага ўтиши - юритувчи куч тўрт омил орқали ифодалаш кераклиги белгиланди. Олиб борилган изланишлар шуни кўрсатдики, қуритилаётган маҳсулот ҳароратини асос қилиб олиниши масса алмашиниш жараёнларини ҳисоблашда бошқа омилларга қараганда осонроқ эканини кўрсатди.

Намликнинг тўлиқ оқими, масса берилишининг ҳажмий коэффиценти орқали ёритилди ва математик кўринишда тўрт омил орқали қуйидагича ифодаланди:

$$\frac{dm}{d\tau} = j = \beta_{vx} V(x_r - x) = \beta_{vy} V(y - y_p) = \beta_{vt} V(t - t_p) = \beta_{vp} V(p_p - p) \quad (4)$$

бу ерда, x_r , y_p , t_p , p_p мувозанат қарор топадиган чегара деб ҳисобланади.

Олиб борилган изланишларга кўра, қуритилаётган маҳсулот ҳароратини асос қилиб олиниши масса алмашиниш жараёнларини ҳисоблашда бошқа омилларга қараганда осонроқ эканини кўрсатди. Маҳсулот мувозанат ҳарорати, газ фазасидаги ва маҳсулотдаги намлик концентрациялари ҳамда тизимдаги босим кўрсаткичлари орқали характерланади:

$$t^* = f(x, y, P) \quad (5)$$

У ҳолда, ҳақиқий ва мувозанат ҳароратлари орасидаги фарқ жараёни ҳаракатлантирувчи куч кўрсаткичи ҳисобланади.

$$\Delta t = t^* - t \quad (6)$$

Агар суюқ фаза ҳарорати мувозанат ҳароратидан катта бўлса, у ҳолда қуритиш жараёни бўлиб ўтади. Агар материал ҳарорати мувозанат ҳароратидан кичик бўлса, у ҳолда, маҳсулотнинг намланиши содир бўлади.

Диссертацияда бошқа омилларни ҳисобга олувчи математик ифодалар келтирилган, жумладан материални қуритиш жараёнлари учун газ фазасидаги учувчан компонентлар концентрацияси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$y = \left(\frac{\frac{G_y + G_{oy}}{M_w}}{\frac{G_y + G_{oy}}{M_v} + \frac{G_w - G_{oy}}{M_w}} \right) \quad (7)$$

бу ерда: G_y - учувчан компонентнинг сарфи, $кг/с$;

G_w - ҳаво сарфи, $кг/с$;

M_w - учувчан компонентнинг молекуляр массаси, $г/моль$;

M_v - ҳавонинг молекуляр массаси, $г/моль$;

G_{oy} - бирламчи ҳаводаги учувчан компонент сарфи, $кг/с$.

Тизимнинг ҳароратга кўра мувозанатини қуйидаги тенгламалар тизими орқали ифодалаш мумкин:

$$\begin{cases} t^* = f(x, y, P) \\ y = f(G_e, G_w, M_e, M_w) \\ P^* = f(y, P) \\ x \rightarrow Xm \\ \frac{dx}{d\tau} = \beta_t(t - t^*) \end{cases} \quad (8)$$

Диссертацияда тизимнинг ҳароратга кўра мувозанат модели ва ечимлари келтирилган.

Материалларни қуритишда уларнинг сорбцион-десорбцион хусусиятлари катта аҳамиятга эга бўлиб, у икки фазанинг мувозанатига ўз таъсирини ўтказди. Сорбция изотермасининг ушбу тури учун олимларнинг илмий изланишларида урта ҳарактерли участкалар ажратилган. Ўсимлик материалларини қуритишда биринчи зонада (қовоқ учун 79% намликкача) гистерезис етарлича сезилмайди, иккинчи ва учинчи зоналарда намликнинг камайиши билан капилляр-ғовак ўсимлик материалларининг намлиги камайган сари гистерезис катталиги ортади.

Тажрибалар мураккаблиги туфайли капилляр-ғовак ўсимлик материаллари-қовоқ мисолида 10, 20, 40, 60 ва 80% намликларда ўтказилиб, қаттиқ фазанинг массабериш коэффициенти учун мос келувчи эмперик ифода таклиф қилинди.

Жиҳознинг ишчи камерасига материални қуритиш жараёнининг компьютерли моделлаштириш методи татбиқ қилиб, материални қуритиш жараёнининг математик изоҳини қуйидаги кўринишда тасаввур қилиш мумкин:

$$\begin{cases} \frac{dm_{Bi_k}}{d\tau} = U_{Bi} \cdot m_{Bi_{\text{обц}}}, \\ m_{Bi_{\text{обц}}} = m_{Bi_n} - m_{Bi_k}, \\ U_{Bi} = 0,3\kappa \cdot \exp\left(\frac{t-65}{9}\right), \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{dm_{\bar{\sigma}}}{d\tau} = U_m \cdot m_c, \\ m_c = m_{\mu} - m_{\bar{\sigma}}, \\ U_m = 0,5\kappa \cdot \exp\left(\frac{t-85}{9}\right), \end{cases} \quad (10)$$

$$Q(h) = Q_0 \cdot \exp(-sh), \quad (11)$$

$$\frac{dt_k}{d\tau} = \frac{\left[\alpha * F_s * (t_k - t_{k-1}) - \frac{\lambda * F_s}{\Delta h} * (t_{k-1} - t_{1-1}) \right]}{m_k * c_k} + t_{0,-1} - G * it \quad (12)$$

$$\frac{dt_{II,III}}{d\tau} = \frac{\left[\frac{\lambda * F_s}{dh} * (t_{k_i} - 2t_{j_{i-1}} + t_{2_{i-1}}) \right]}{m * c} + t_{j_{i-1}} \quad (13)$$

$$\frac{dt_{CP,III}}{d\tau} = \frac{\left[\frac{\lambda * F_s}{dh} * (t_{i_i} - t_{5_{i-1}}) \right]}{m * c} + t_{5_{i-1}} \quad (14)$$

$$\frac{dw_k}{d\tau} = \frac{(-\beta * F_s * (x_k - x_p) + KDn * (x_1 - x_k))}{m_k} \cdot (1 - X_1^2) \quad (15)$$

$$\frac{dw_1}{d\tau} = \frac{(-\beta * F_s * (X_1 - X_n) + KDn * (X_2 - X_1))}{m} \cdot (1 - X_1^2) \quad (16)$$

$$\frac{dw_{\text{след.сл}}}{d\tau} = \frac{(KDn * (X_{i-1} - 2X_i + X_{i+1}))}{m} \cdot (1 - X_i^2) \quad (17)$$

$$x^* = f(y, t, P)$$

$$P_y = y * P_{\text{обц}} \quad (18)$$

$$t \rightarrow t_{\text{ж}}$$

$$y = f(G, G, R, M)$$

Квазиқатламлар ва макромолекулалар сатҳидаги ўзгаришлар таъсири ҳисобга олинмайдиган даражада кичкина бўлганлиги учун қуритиш жараёнини ҳисоблашда умумий математик изоҳ соддалаштирилди ва компьютер моделига қуйидаги ифодалар киритилган:

$$((m_0 * a_0 * C_0 * u(1)/u(6)) + u(2) - (m_0 * ((a_0/u(6)) - (a_0/u(5))) * (2514))) / (((m_0 * a_0 * \quad (19)$$

$$((u(5) * 1.5 + ((1 - u(5)) * 4.19)) / u(5)) + (m_0 * ((a_0/u(6)) - (a_0/u(5))) * (1.53))) = t_m$$

$$u(1) * (u(2) - u(3)) = da/dt \quad (20)$$

$$((u(1)/0.6)^{u(2)}) * u(3) = u(1) = K_m \quad (21)$$

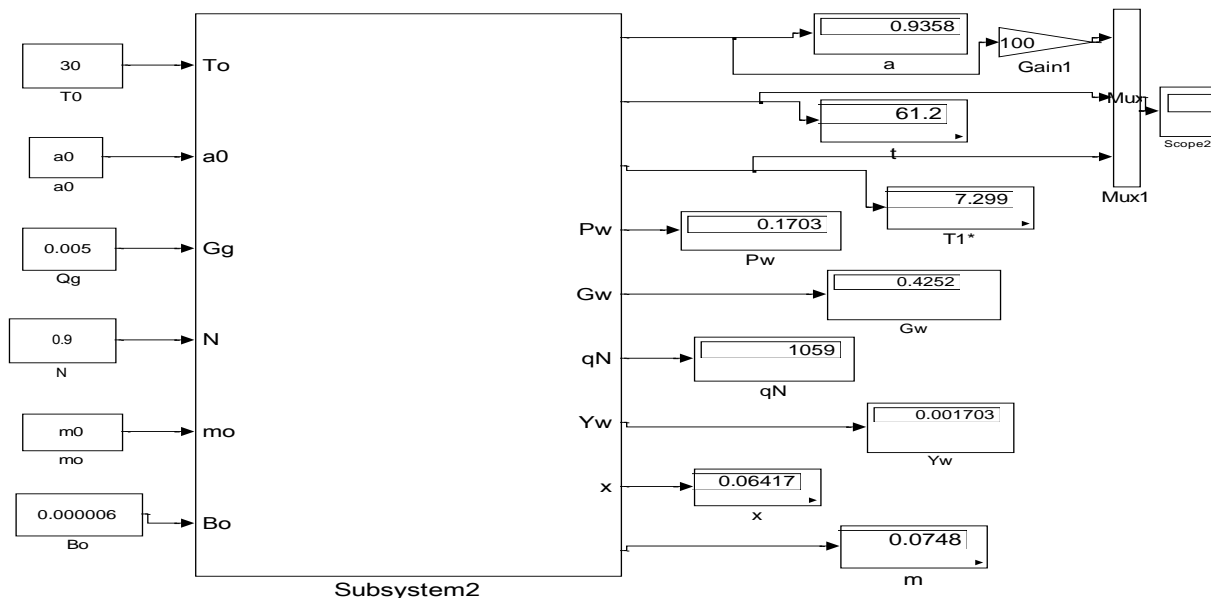
$$-8.65 * (1 - u(1)) + 6.9 + 2.57 * u(2)^{0.56} = t^* \quad (22)$$

$$u(1)*u(2)=Pw \quad (23)$$

$$((u(1)+u(3))/18)/(u(2)/29+(u(1)+u(3))/18)=Yg \quad (24)$$

$$u(2)*u(3)/(u(1)^2)*u(4)=dGw/dt \quad (25)$$

Алгоритмли блокларни агрегациялаш йўли билан ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилиб, компьютерда модел тузилди ва қуйидагича ифодаланди:



1-расм. Жихоздаги қуритиш жараёнини автоматлаштирилган ҳисоблашларини компьютерда ифодаланиши.

Компьютер моделда (1-расм) объектнинг ичидаги иерархик поғона элементларининг жараёнлари компьютер блокларидан ташкил топган. Материални иситиш блоки, газ фазаси кўрсаткичларини аниқлаш блоки, масса бериш коэффициенти қийматини ҳисоблаш блоклари шулар жумласидандир.

Компьютер моделида маҳсулот ҳароратини дискрет бошқариш тизимининг алгоритмик блоки ҳам мавжуд.

Диссертациянинг учинчи «**Ўсимлик ярим тайёр маҳсулотларни қуритиш жараёнининг тажрибавий тадқиқотлари**» деб номланган учинчи бобида қовоқ мисолидаги капилляр-ғовак ўсимлик материалларини қуритиш бўйича ўтказилган экспериментал тадқиқотлар келтирилган. Бунинг учун қуритиш тажрибаларини режалаштирилган.

Тажриба учун «картошка қовоқ» ва «испан» навли қовоқлардан 100 г ва 200 г массали намуналар 0,9 кВт ЎЮЧ генераторли микротўлқинли қуритиш печида қуритилди. Қуритилаётган материалга ЎЮЧ таъсирида энергия узатиш материалнинг ҳароратига кўра осцилляторчи режимда бошқариб турилди. Маҳсулотнинг ҳароратини ўзгариш диапазони 40-90 °C ни ташкил этди.

Печнинг ЎЮЧ-генератори тарқатаётган микротўлқиннинг материал ютиши ҳисобига намунанинг қизиши ва натижада намликни буғланиши юзага келди ва буғланган намлик вентилятор орқали ҳаво билан ташқарига ҳайдаб турилди. Материални қиздириш компьютер моделида белгиланган вақт мобайнида давом этди. Материал ҳарорати 90°C га етганда энергия узатиш

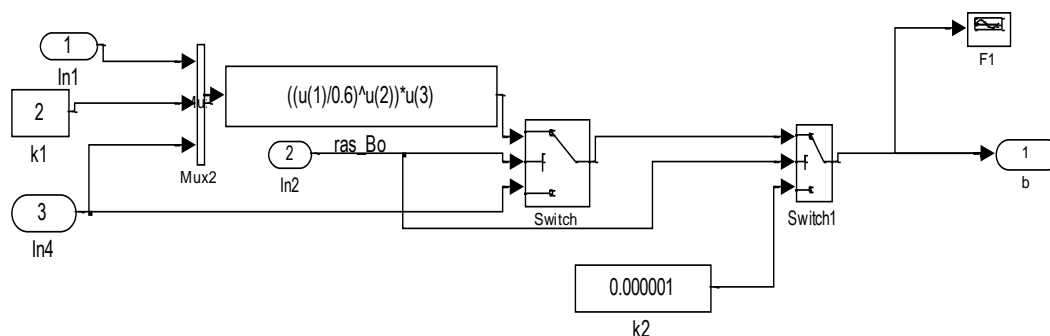
тўхтатилди ва тарози ёрдамида намунанинг оғирлиги тортилиб, таркибидаги намликни ўзгариш натижалари қайд этиб борилди, намунанинг ҳарорати 40°C га тушгандан кейин қуриштиш яна давом эттирилди. Бу жараён турли массали қовоқ намуналари учун бир неча бор такрорланди (1-жадвал).

1-жадвал.

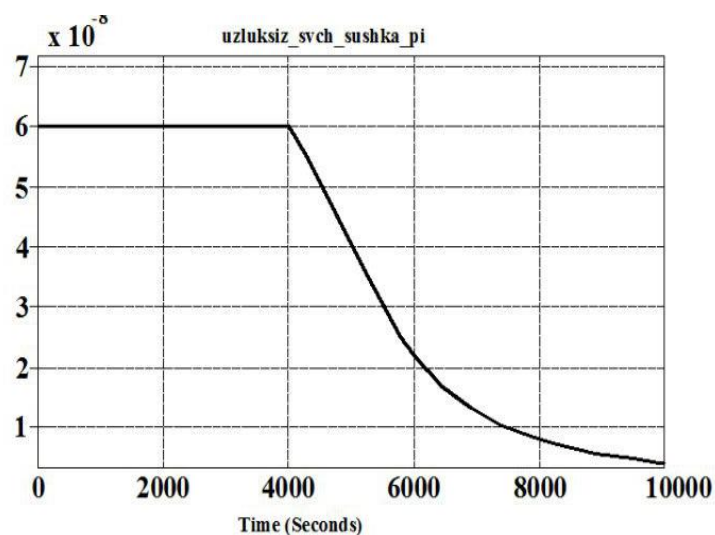
Дискрет режимда қуриштилаётган массани ўзгариши.

№	τ	$m_{\text{эксп}}$	$m_{\text{расч}}$	Δm	Δm^2
1.	273	200	200	0	0
2.	164	182,8	180	2,8	7,84
3.	174	155,8	152,284	3,515736	12,3604
4.	177	127,9	126,939	0,960649	0,92284
5.	180	111,9	107,784	4,115569	16,9379
6.	204	92,8	94,7368	-1,93684	3,75135
7.	247	82,9	81,8181	1,081818	1,17033
8.	324	70,9	69,2307+	1,669231	2,78633
9.	481	58,6	58,0645	0,535484	0,28674
10.	854	50,9	48,78049	2,119512	4,49233
11.	2324	40,9	40,08909	0,810913	0,6575
12.	5237	32,9	32,14286	0,757143	0,57326
13.	2307	25,5	24,86188	0,638122	0,40719
14.	5193	21	20,57143	0,428571	0,18367
15.	8205	19	18,94737	0,052632	0,0027
					52,3727

Физик тажрибалардан олинган натижаларни компьютер модел натижалари билан таққослаб, мос келувчи вариант белгиланди ва келгусида тажрибаларни компьютер моделларда олиб бориш мумкинлиги асосланди. Шунини алоҳида таъкилаш лозимки, кўриб чиқиляётган ҳолат учун компьютер моделининг алоҳида блокада масса бериш коэффициентининг қиймати 3 та зонада ўзгариши диссертацияда келтирилган (2-расм). Олиб борилган тажриба натижалари, тақлиф қилинаётган компьютер модели лаборатория шароитида ўтказилган тажриба натижалари билан 95% га мос эканлигини кўрсатади.



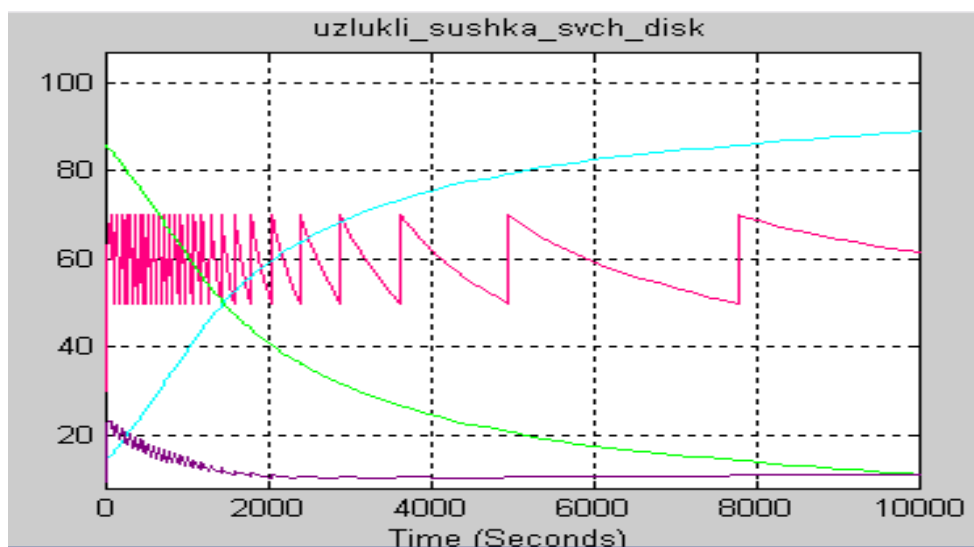
2-расм. Масса бериш коэффициентини ҳисоблаш блоки



3-расм. Масса бериш коэффициентини ўзгариш графиги.

Маҳсулотларни қуриштириш жараёнини ёпиқ занжирли дискрет бошқариш тизимининг компьютер модели шакллантирилган.

Тажрибаларни ўтказишда асосий кириш параметрларининг қийматлари танланган стандарт қурилма кўрсаткичларига мос қилиб танланди. ЎЮЧ энергияси қуввати $0,9 \text{ кВт}$, ҳажми - 0.0204 м^3 бўлган қуриштиригичга ўлчамлари $5 \times 10 \times 50 \text{ мм}$, оғирлиги - $0,2 \text{ кг}$, бошланғич намлиги 86% , бошланғич ҳарорати – $30 \text{ }^\circ\text{С}$ бўлган қуриштирилаётган хомашё жойлаштирилиб, қурилмага ҳаво $1,3 \text{ л/сек}$ тезликдаги узатилди. Газ фазасидаги сувнинг парциал босими $20,8 \text{ кПа}$ дан $3-4 \text{ кПа}$ гача ўзгарди. Қуриштирилаётган материалнинг намлик концентрацияси ва парциал босими, мувозанат ҳароратининг ўзгариш характери (4-расм) орқали аниқланади.



4-расм. Материалнинг мувозанат ҳарорати, қуриштирилаётган материал концентрацияси ва материал ҳароратининг ўзгариш графиги

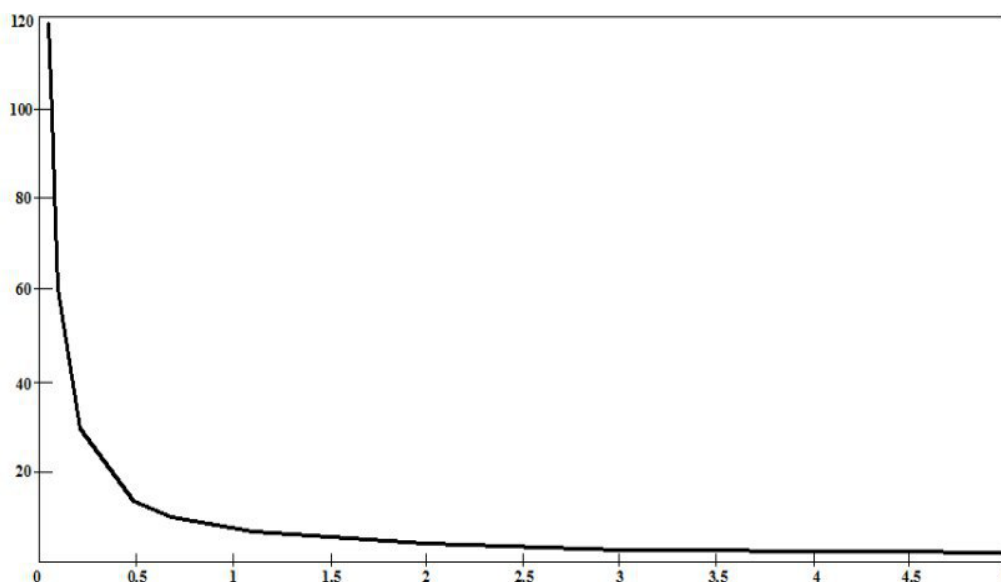
Яратилган компьютер моделида олиб борилган ҳисоблашлар ёрдамида бир вақтнинг ўзида бир нечта параметрларнинг ўзгаришини аниқлаш мумкин

Зарурати туғилганда, материал массасининг ўзгариш характери аниқлаш мумкин (4-расм). Компьютер ва физик моделда ўтказилган тажриба натижаларига кўра, материал массаси 200 г дан 30,1 г гача камайди.

Материал ҳарорати жараён бошланишида тезроқ ўзгаради, жараён давом этган сари ҳароратнинг ўзгариши частотаси камайиб боради (қизил чизик), жараён охирида иситгични ўчириш вақти кўп катталikka эга бўлади ва ниҳоят, охирида тўлиқ ўчиши мумкин. Материал намлиги жараён бошланишида чизиқли камаяди (ҳаво ранг чизиқ), жараён охирида эса, материалнинг қуритилиши гиперболик равишда камаяди. Бу вақтда қуритилаётган материалнинг қолдиқ намлиги 15,92% ни ташкил этади.

Диссертациянинг тўртинчи бобида «**Материални қуритиш жараёнининг оптимал шароитларини топиш**» келтирилган. Бунинг учун асосий кўрсаткичлар материалнинг оптимал бошланғич массасини топиш, ҳавонинг оптимал сарфи ва оптимал намлигини топиш кўриб чиқилди.

Қуритиш қурилмасидан самарали фойдаланиш учун материал оптимал массасини топиш талаб этилди. Тажрибаларни маҳсулот массаси 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4, 5 кг бўлган ҳолатлар учун ўтказилди (5-расм).



5-расм. Маҳсулот массасининг вақт бўйича ўзгариш графиги.

Ўтказилган тажриба натижалари хулоса қилиниб, турли массали маҳсулотларнинг ҳар 1 г ни қуритиш учун турлича вақт талаб қилинди: 5 кг массали маҳсулотга 1.86 сек, 4 кг га 2.22 сек, 3 кг га 2.8 сек, 2 кг га 3.9 сек, 1.5 кг га 4.9 сек, 1 кг га эса 7.088 сек, 0.7 кг га 9.74 сек вақт талаб қилинди. Оптимал массаси 1.5кг/0.9кВт деб белгилаш мумкин. Қовоқ мисолида капилляр-ғовакли ўсимлик материалларини қуритиш жараёнига ҳаво сарфининг оптимал қиймати топилди.

Тажрибалар максимал ҳаво сарфи 0,5 кг/секундда, яъни сарфнинг массага нисбати 0,25 да олиб борилди; жараён давомийлиги 11150 секунд бўлди; материалнинг намлиги 0,1591 кг/кг (2-жадвал) ни ташкил этди.

Қуритиш вақтининг ҳаво сарфига боғлиқлиги.

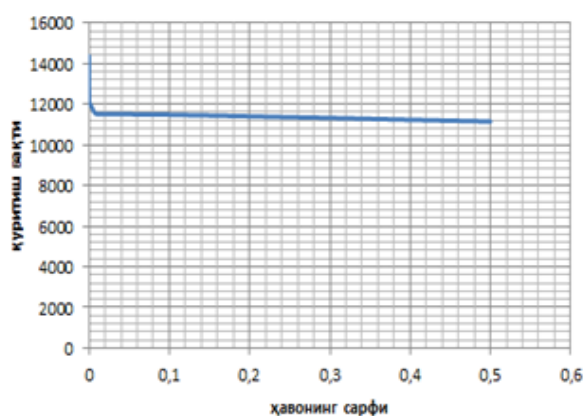
Ҳавонинг сарфи, кг/сек	Намлиги, %	Қуритиш вақти, сек
0,5	0,1591	11150
0,1	0,1595	11487
0,01	0,1635	11515
0,005	0,160	11733
0,001	0,618	12054
0,0005	0,1677	11990
0,0001	0,1732	12948
0,00005	0,1843	13630
0,00001	0,201	14365

Олиб борилган тажрибалар асосида қуритиш жараёнининг ҳаво сарфига қараб унинг давомийлигининг ўзгаришини характерловчи график аниқланди (6-расм). Уни даврий режимда қуритиш учун ҳаво сарфининг ўзгариш диапазони мавжуд, бу оралиқни оптимал диапазон деб ҳисоблаш мумкин.

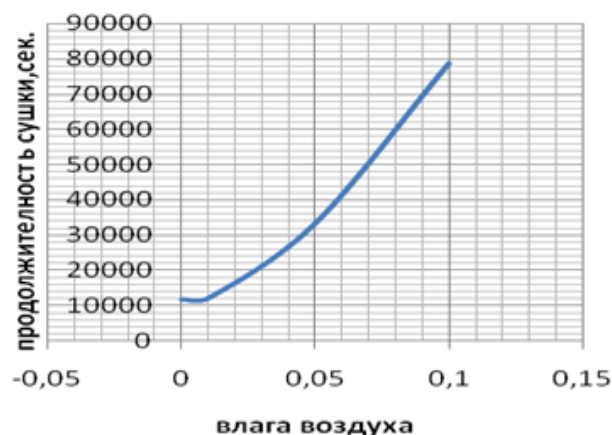
Кўриб чиқаётган ҳолат учун ҳаво сарфи материал сарфига нисбати 0,0005-0,0007 оралиқда эканлиги аниқланди.

Капилляр-ғовакли ўсимлик материалларини қуритишда ҳаводаги оптимал намлик миқдорини аниқлаш бўйича компьютер моделида тажрибалар ўтказилди.

Намлиқни қуритиш вақтига таъсирининг графигидан (7-расм) кўринадик, қуритиш жараёнини ташкил этишда ҳавонинг киришдаги массаси бўйича намлиги 1% бўлганда бу жараён оптимал ҳисобланади, деб қайд этиш мумкин.



6-расм. Қуритиш вақтини ҳаво сарфига боғлиқлигининг ўтиш жараёни графиги.

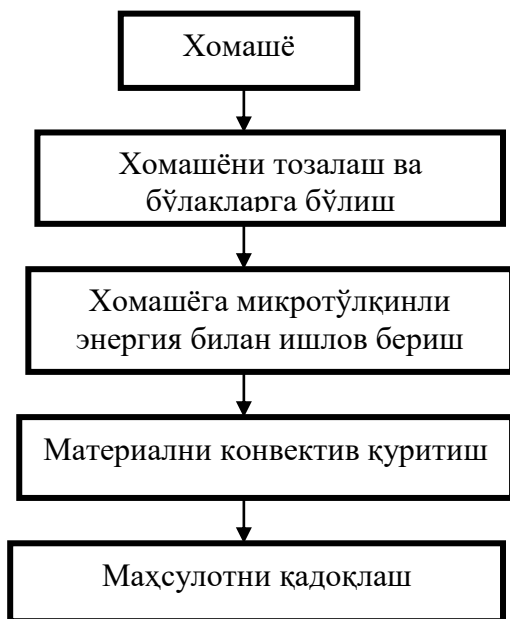


7-расм. Ҳаво намлигининг қуритиш вақтига таъсири графиги.

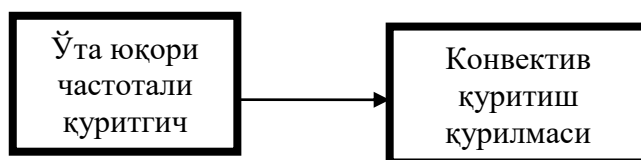
Агар ҳавонинг намлиги 1% дан кичик бўлса, қуритиш вақти деярли ўзгармайди. Ҳаводаги сув миқдорининг юқорида қайд этилган қийматдан ортиши қуритиш жараёни давомийлигининг чўзилишига олиб келади, ҳаво намлигининг 15% дан ортиқ бўлиши, қуритиш жараёнини тўхтатиб қўяди.

Тўртинчи бобдаги оптимал жараёнлар ва ечимларни излашда қатор натижалар тизими олинди. Улар капилляр-ғовакли маҳсулотларни қуритиш аппаратларини яратишнинг бир қанча вариантларида ишлатилган.

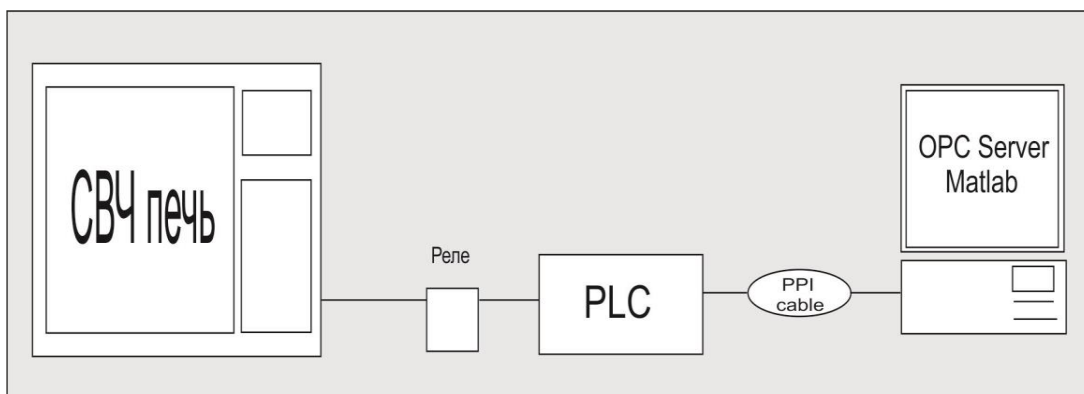
Ушбу яратилган вариантлардан бири материалларни қуритишга тайёрлашда микротўлқин энергиясидан фойдаланилган. Бунда материалларни комбинирланган қуритиш жараёни амалга оширилиб, кўп ҳолларда конвектив қуритишдан олдин материалларга ЎЮЧ ли ишлов бериш натижасида ички ғовакларининг очилиши ва шунинг ҳисобига қуритиш жараёни давомийлиги камайишига эришилади (8,9 - расм).



8-расм. Ўсимлик маҳсулотларини самарали қуритишнинг технологик схемаси



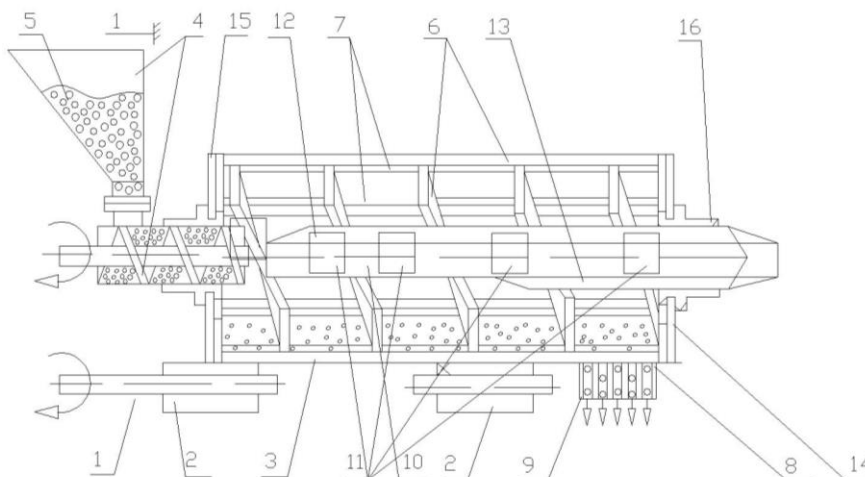
9- расм. Комбинирланган қуритиш усули.



10-расм. Маҳсулотларни қуритишда даврий энергия узатишга асосланган микротўлқинли қуритиш қурилмаси.

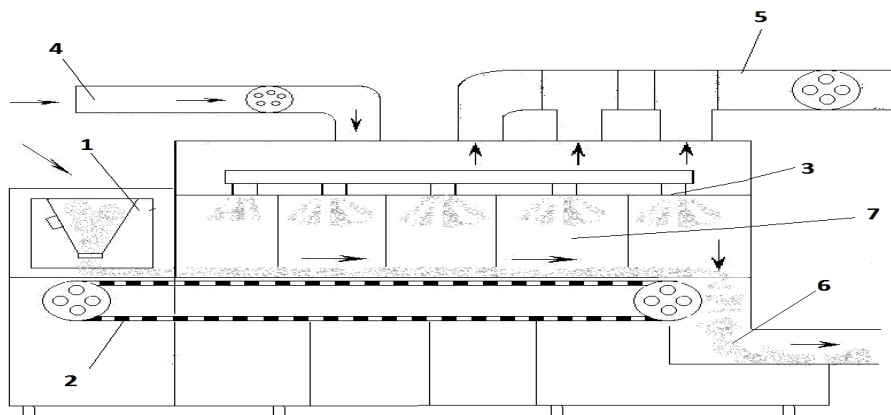
Иккинчи ҳолатда микротўлқинли аппаратни қўллашда даврий энергия бериш натижасида энергия сарфини камайтириш билан бирга доривор маҳсулотлар таркибидаги фойдали компонентларни кўпроқ сақлаб қолишга эришилади (10-расм).

Учинчи ҳолат узлуксиз ҳаракатланувчи қуритиш аппаратлари жумладан барабанли(11-расм) ва тунелли (12-расм) микротўлқинли қуритиш аппаратлари таклиф қилинган.



11-расм. Барабанли-микротўлқинли қуритиш аппарати

1-юритма, 2- узатма, 3- барабан, 4- юклаш бункери, 5-бункер, 6- ташувчи шнек, 7- сўрувчи паррак, 8- тўқиш дарчаси, 9- тўлқин сўндиргич, 10- ЎЮЧ панели, 11-электормангнит генераторлар, 12- ҳаво бериш қувури, 13-буғ-ҳаво аралашмасини ҳайдаш қувури, 14,15-ён қопқоқлар, 16-резина сальник.



12-расм. Тунелли микротўлқинли қуритгич.

1-хомашёни юклаш бункери, 2- конвейр лента, 3- ЎЮЧ манбаи, 4- ҳаво бериш қувури, 5- нам ҳаво чиқариш қувури, 6- қуритилган маҳсулотни чиқариш бункери, 7- қурилма корпус

ХУЛОСАЛАР

1. Тизимли фикрлаш ёрдамида қуритиш объекти, шу жумладан микротўлқинли қуритиш қурилмаси ва жараёнини таҳлил қилиш методи шакллантирилган. Қуритиш қурилмасини иерархик поғоналарга ва квази элементларга бўлиш йўли билан компьютер модели ёрдамида қуритиш технологик жараёнини оптимал ҳисоблаш ва қуритиш аппаратини такомиллаштириш тавсия этилди.

2. Қуритиш жараёнидаги ҳисобланиши мураккаб бўлган мувозанат ҳолатининг 4 та фактор орқали ифодаланиши асосида илк мартаба қуритиш жараёнининг янги методлар орқали ҳисоблашнинг математик тенгламалари ҳамда компьютер дастурлари тавсия этилди.

3. Қуритиш жараёни иерархик поғоналардаги материал ҳамда газ фаза квазиэлементлари жараёнлари ва улар орасидаги мувозанатни ифодалайдиган математик - компьютер моделлари яратилган. Қуритиш жараёнини ҳисоблашда маҳсулотнинг ҳароратини юритувчи куч деб қабул қилиниши математик ифодаларнинг ва моделлаштириш ишларини осонлаштириши билан изоҳланади.

4. Капилляр-ғовак ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнининг математик-компьютер модели адекватлиги турли хил ва турли ўлчамдаги намуналарни ҳар хил режимларда тажриба ўтказиш орқали аниқланган. Шу асосда математикадаги тескари ечиш усулидан фойдаланиб, материалнинг сорбцион -десорбцион хусусиятларини инобатга олган ҳолда, газ ва қаттиқ фаза орасидаги масса бериш коэффициентини топиш усули тавсия этилди.

5. Ўсимлик маҳсулотларини қуритиш жараёнини оптималлаштириш мезонлари белгиланиб, оптимал шароитлари қуритилаётган материалнинг массани $1.5 \text{ кг}/0.9 \text{ кВт}$, ҳаво сарфи $0,0005\text{-}0,0007 \text{ кг}/\text{кг}$ ва ҳавонинг массаси бўйича бошланғич намлиги 1% дан катта эмас эканлиги билан изоҳланади.

6. Изланишлар бўйича даврий ва узлуксиз ишлайдиган микротўлқинли қуритиш аппарати, комбинацияланган қуритиш методи (микротўлқинли+ конвектив), қишлоқ хўжалиги учун дала шароитида ишловчи қуритиш аппаратлари тавсия этилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.27.06.2017.Т.04.01 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**
**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

МАШАРИПОВА ЗУЛХУМАР АТАБЕКОВНА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ЭФФЕКТИВНОЙ СУШКИ МАТЕРИАЛА РАСТИТЕЛЬНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТА**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химической технологии
и пищевых производств**

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

Ташкент–2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.2.PhD/T651

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www. tkti.uz](http://www.tkti.uz). и информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу www.ziynet.uz.

Научный руководитель: **Артиков Аскар Артикович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Курбонов Жамшид Мажидович**
доктор технических наук, профессор

Самугджан Каримджанович Нигмаджанов
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 г. в _____ часов на заседании Разового Научного совета на основе Научного совета DSc.27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 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 № ___, с которой можно ознакомиться в ИРЦ. (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2018 года.
(протокол рассылки № _____ от _____ 2018 года).

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

А.С. Ибодуллаев
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 диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировом масштабе широко используется технологический процесс сушки в производстве различных полуфабрикатов, пигментов и красителей, большого количества продуктов органического синтеза, минеральных солей и удобрений, пищевых и фармацевтических продуктов. Происходящие в этом процессе химические, физико-химические, биологические, структурные и реологические изменения сырья связаны с температурой, научные исследования направлены на расчет оптимальных режимов сушки, позволяющих сохранить химические и биологические свойства продуктов, а также к совершенствованию существующей технологии сушки и созданию новых аппаратов.

Научные исследования, направленные на создание ресурсосберегающей техники, технологии, совершенствование научных основ инновационных моделей систем управления, способствующие сохранению химического состава, физико-химических свойств, структуры, биологически активных веществ и вкусовых качеств фруктов и овощей в период сушки, разработка новых методов расчета и математических моделей процессов сушки, расчет тепло-и массообмена во влажном материале и размеров аппарата является актуальной проблемой в мировом масштабе.

В последние годы в нашей республике основное внимание уделяется получению высококачественных продуктов в перерабатывающих предприятиях сельскохозяйственных продуктов и разработке новых видов энергосберегающих технологий. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определено «...сокращение энергоёмкости и ресурсоёмкости экономики, широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий...»². В этом направлении особое значение приобретают научные исследования, направленные на сохранение необходимых компонентов материала в процессе сушки, уменьшение продолжительности сушки и обеспечение энергосбережения, разработке эффективных методов и технологий сушки.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистан УП-5388 от 29 марта 2018 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию плодоовощеводства в Республике Узбекистан», ПП-3680 от 26 апреля 2018 года «О дополнительных мерах по совершенствованию деятельности фермерских, дехканских хозяйств и владельцев приусадебных земель», 24 от 12 января 2018 года «О мерах по созданию эффективных механизмов внедрения научно-инновационных разработок и технологий в производство», ПП-2716 от 6 января 2017 года «О дополнительных мерах по развитию организации мощностей хранения и глубокой переработки плодоовощной продукции в 2017-2018 годах», УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию

² Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Республики Узбекистан», а также в других нормативных документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями по разработке технологий по совершенствованию оборудования и технологий сушки в пищевой промышленности занимались такие ученые как А.В. Лыков, А.С. Гинзбург, Б.М. Азаров, Л.Я. Ауэрман, В.В. Кафаров, Б.С. Сажин, П.А. Ребиндер, В.Я. Адаменко, И.Ю. Алексанян, А.С. Большаков, А.А. Буйнов, В.В. Красников, Г.К. Филоненко, Ю.А. Михайлова, В.П. Дущенко, П.Д. Лебедева, С.Г. Ильясов, И.Н. Владавец, М.П. Воларович, С.Т. Антипов, Н.А. Воскресенский, А.Н. Вышелесский, Н.А. Панфилов, А. Головкин, А.В. Горбатов, В.С. Грюнер, В.С. Баранов, Э.А. Гуйго, А.И. Жаринов, Ю.С. Заяц, С.В. Некрутман, Ю.М. Плаксин, И.А. Рогов, Н.Р. Юсупбеков, Д.Н. Мухитдинов, А. Артиков, Х.С. Нурмухамедов, К.Т. Норкулова, Дж.П. Мухиддинов, К.О. Додаев, Ж. М. Курбанов, Х.Ф. Жураев и другие.

Ими были разработаны теоретические основы процесса сушки продуктов питания, даны практические рекомендации по внедрению современных технологий сушки сельскохозяйственных продуктов.

Вместе с тем, ими проводятся научные исследования по моделированию расчета процесса сушки, автоматизации и управлению процессом сушки, исследование новых методов расчета процесса, применению нетрадиционных методов сушки продуктов и разработке высокоэффективных энергосберегающих технологий и оборудования.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных и инновационных проектов Ташкентского химико-технологического института ОТ-Ф4-048 «Основы анализа, моделирования и синтеза биотепломассообменных процессов сельскохозяйственного сырья, с целью получения пищевого продукта» (2007-2011 гг.), БВ-Ф4-024 «Развитие системного мышления и анализа, моделирования и поиска оптимальных систем, в частности, в инженерной технологии» (2017-2020 гг.).

Целью исследования является моделирование процесса эффективной сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения и совершенствование технологии и оборудования сушки.

Задачи исследования:

построить модель по системному анализу объекта сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения;

разработка математической и компьютерной модели процесса сушки с учетом зависимости параметров процесса сушки от характеристики массо-влагообмена;

совершенствование определения равновесного состояния при расчете процесса сушки растительных продуктов; математическое описание, разработка компьютерных программ;

изучение влияющих факторов на процесс сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения;

совершенствование методов оптимизации процессов микроволновой и комбинированной сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения;

разработка рациональных периодических режимов при сушке капиллярно-пористых растительных материалов и совершенствование сушильной установки.

Объектами исследования являются оборудования и процессы сушки, существующие методы моделирования и расчета.

Предметом исследования является технологические параметры сушки, зависимости, полученные на основе современных расчетов.

Методы исследования. В ходе выполнения научно-исследовательской работы использованы методы многоступенчатого системного анализа, моделирования, экспериментального планирования, современные измерительные приборы. Адекватность компьютерного отображения математической модели осуществлена на пакете программ MATLAB. При обработке и обобщении результатов экспериментов использованы основные законы и формулы тепло - и массообмена, а также термодинамики.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан метод математического моделирования технологического процесса сушки и аппарата при сушке капиллярно-пористых материалов растительного происхождения на основе многоступенчатого структурного анализа;

разработан новый метод расчета равновесных состояний процесса сушки капиллярно-пористых растительных продуктов с учетом математических зависимостей и созданы компьютерные программы;

разработаны математические и компьютерные модели процесса сушки с учетом управлений зависимостей, влияющих параметрам процесса сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения;

определена адекватность физических и компьютерных моделей;

определены оптимальные варианты для микроволновой сушки капиллярно-пористых растительных материалов;

разработаны рациональные периодические и непрерывные технологические режимы сушки капиллярно-пористых растительных материалов и совершенствованы сушильные установки.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработаны методы расчета периодической и непрерывной сушки на основе компьютерных моделей процесса сушки, адекватность которых определены экспериментально;

созданы методы и способы оптимальных условий проведения процесса сушки;

на основе полученных математических и компьютерных моделей сформированы методы расчета процесса сушки материалов, в том числе капиллярно-пористых материалов растительного происхождения;

на основе полученных результатов определены методы сушки для термолабильных материалов на периодических микроволновых аппаратах и разработан сушильный аппарат.

Достоверность результатов исследования определяется наличием адекватной физической модели и алгоритмами вычислений. Обосновывается соответствием результатов, проведенных на полупромышленной экспериментальной установке с результатами теоретических исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется обоснованием расчета процесса сушки на основе компьютерной модели, отражающее изменение процесса сушки с изменением значений параметров, определяющих равновесное состояние двухфазной системы, также обоснованием технологии сушки и параметров оборудования.

Заключается во внедрении энергосберегающего эффективного сушильного аппарата и комбинированной технологии сушки, позволяющих сохранить необходимые компоненты в продукте при сушке растительных продуктов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по совершенствованию сушильного оборудования и моделирования эффективного технологического процесса сушки растительных продуктов получены следующие важные результаты:

эффективный аппарат сушки материалов растительного происхождения внедрен в ООО «Nasaf-Trade Invest» (справка LS8/18, «Узбекозиковкатзахира» от 17 ноября 2017 г). Это позволило создать сушильный аппарат, обеспечивающий сохранение химических, биологических, структурно-реологических свойств в процессе сушки и позволяющий уменьшить продолжительность процесса в 1,8-2 раза;

технология эффективной комбинированной сушки материала растительного происхождения внедрена в ООО «Nasaf-Trade Invest» (справка LS8/18, «Узбекозиковкатзахира» от 17 ноября 2017 г). В результате сократилось изменение химических, биологических и структурных свойств высушенного сырья на 18-22%, общее потребление энергии на 12% , производительность увеличилась на 20-25%.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на 8 международных и 9 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 34 научные работы. Из них 9 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, 6 программных продуктов и 19 тезисов и докладов в сборниках трудов международных и республиканских научных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, включает 48 рисунков и 8 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуется объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки

и технологий республики, показана степень изученности проблемы, отражена связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения, где выполняется диссертация, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается 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 технологии сушки капиллярно-пористых растительных продуктов» представлен обзор литературных материалов, где приведен анализ научно-технической и патентной информации по процессам сушки в технике и технологии пищевых производств. Проведен многоступенчатый анализ процесса сушки материалов растительного происхождения, методы расчета процесса и технологического оборудования, рассмотрено влияние различных факторов на процесс сушки. Проведенный анализ показал сложность расчета процесса сушки, указал на необходимость проведения исследований по уменьшению энергетических затрат и длительности процесса. Сделаны выводы по изученным материалам и определены цели, задачи работы по оптимальному проведению процесса сушки и получению качественного высушенного растительного продукта.

Во второй главе диссертации «Системный анализ технологии сушки капиллярно-пористого материала растительного происхождения и основы математического и компьютерного моделирования» осуществлен анализ процесса сушки на основе теории систем и системного мышления, приведена его алгоритмическая формула и порядок ее выполнения.

Определены входные и выходные параметры элементов на каждой ступени иерархии, определены взаимодействия параметров выбранной системы, осуществлен пошаговый многоступенчатый системный анализ на примере сушки тыквенного продукта.

В данной главе также приведены разработанные математические и компьютерные модели процессов сушки, предложены усовершенствованные модели для расчета сушки, которые разработаны с учетом развития методологии математического моделирования, с применением принципов многоступенчатого системного анализа. При составлении моделей принят принцип перехода от простого к сложному.

После преобразований уравнений, математически описывающих процессы поглощения в материале СВЧ лучевого потока, энергии, потраченной на нагрев материала, количество энергии, поглощенной в течении времени на поверхности материала, количество энергии, потраченной для испарения влаги, составлен компьютерный алгоритмический блок расчета температуры высушиваемого материала:

$$t_m = (((m_0 * a_0 * C_0 * u(1) / u(6)) + u(2) + (A_v * S * 22) - (m_0 * ((a_0 / u(6)) - (a_0 / u(5)))) * (2514)) / (((m_0 * a_0 * ((u(5) * 1.5 + ((1 - u(5)) * 4.19)))) / u(5))) + (m_0 * (1 - (a_0 / u(5)))) * (1.53)) + (A_v * S)) \quad (1)$$

или

$$t_m = (((m0 * a0 * C0 * u(1) / u(6) + u(2) + Av * S * 22) - (m0 * ((a0 / u(6)) - (a0 / u(5))) * (2514))) / (((m0 * a0 * ((u(5) * 1.5 + ((1 - u(5)) * 4.19)))) / u(5))) + (m0 * (1 - (a0 / u(5))) * (1.53)) + (Av * S)) \quad (2)$$

С использованием математических уравнений газовой фазы для материального баланса получено дифференциальное уравнение первого порядка в следующем виде:

$$\frac{\Delta t \varepsilon}{\Delta \tau} = \frac{1}{V_o * \rho \varepsilon * C_2 * t_2} \{ G_{g0} * C_{g0} * t_{g0} + G_w * I + \alpha * F * (t_m - t_g) - (G_{g0} * C_g + G_w * C_w) * t_g - K_g * F_m * (t_{g0} - t_{oc}) \};$$

$$\rho_g = f(Y_g, t_g, P);$$

$$C_w = f(t_w, P) \quad (3)$$

$$\alpha = f(Re, \dots)$$

$$I = f(t)$$

$$C_g = f(t_g, \dots, P)$$

$$K_g = f(\alpha, \alpha_g, \delta, \lambda)$$

Составлена компьютерная модель процесса передачи тепла из газовой фазы в высушиваемый материал, данная модель приведена в диссертационной работе.

При анализе процесса сушки на основе системного мышления переход массы из одной фазы в другой—движущая сила процесса рассмотрена как четырёхфакторная. Проведенные исследования показали, что выбор температуры как основной параметр процесса сушки упрощает расчеты массообменных процессов.

Полный поток влаги выражается через объемный коэффициент массоотдачи и имеет следующий четырехфакторный вид:

$$\frac{dM}{d\tau} = j = \beta_{vx} V(x_r - x) = \beta_{vy} V(y - y_p) = \beta_{vt} V(t - t_p) = \beta_{vp} V(p_p - p) \quad (4)$$

где, x_r , y_p , t_p , p_p — границы равновесия.

Продукт характеризуется равновесной температурой, концентрацией влаги в газовой фазе и продукте, а также параметрами давления в системе:

$$t^* = f(x, y, P) \quad (5)$$

В данном случае, разница между действительной и равновесной температурой является движущей силой процесса:

$$\Delta t = t^* - t \quad (6)$$

Если температура жидкой фазы больше, чем равновесная температура, то происходит процесс сушки, а в противном случае происходит увлажнение продукта.

В диссертации приведены математические выражения, учитывающие все другие факторы, в частности, концентрация летучих компонентов газовой фазы для процессов сушки материала определяется следующим уравнением:

$$y = \left(\begin{array}{c} \frac{G_Y + G_{oy}}{M_w} \\ \frac{G_Y + G_{oy}}{M_v} + \frac{G_w - G_{oy}}{M_w} \end{array} \right) \quad (7)$$

где: G_Y - расход летучего компонента, кг/с;

G_w - расход воздуха, кг/с;

M_w - молекулярная масса летучего компонента, г/моль;

M_v - молекулярная масса воздуха, г/моль;

G_{oy} - расход летучего компонента в первичном воздухе, кг/с.

Равновесное состояние системы по температуре можно выразить следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} t^* = f(x, y, P) \\ y = f(G_z, G_w, M_z, M_w) \\ P^* = f(y, P) \\ x \rightarrow Xm \\ \frac{dx}{d\tau} = \beta_t(t - t^*) \end{array} \right. \quad (8)$$

При сушке материалов большое значение имеют их сорбционно-десорбционные свойства, которые влияют на равновесное состояние двух фаз. Для такого типа сорбционной изотермы учеными выделены 3 характерных участка. При сушке растительных материалов в первый зоне (для тыквы до 79% влажности) гистерезис недостаточно чувствуется, во второй и в третьей зоне с уменьшением влажности капиллярно-пористых материалов растительного происхождения увеличивается величина гистерезиса.

С учетом сложности экспериментов сушка капиллярно-пористых материалов растительного происхождения – на примере тыквы, проведена при влажности 10, 20, 40, 60 и 80%, предложены соответствующие эмпирическое выражение для коэффициента массоотдачи твёрдой фазы.

С применением метода компьютерного моделирования процесса сушки в рабочей камере оборудования, составлено математическое выражение процесса сушки материала, которое имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_{Bi_k}}{d\tau} = U_{Bi} \cdot m_{Bi_{обш}}, \\ m_{Bi_{обш}} = m_{Bi_n} - m_{Bi_k}, \\ U_{Bi} = 0,3\kappa \cdot \exp\left(\frac{t - 65}{9}\right), \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{dm_{\bar{o}}}{d\tau} = U_m \cdot m_c, \\ m_c = m_n - m_{\bar{o}}, \\ U_m = 0,5\kappa \cdot \exp\left(\frac{t-85}{9}\right), \end{cases} \quad (10)$$

$$Q(h) = Q_o \cdot \exp(-sh), \quad (11)$$

$$\frac{dt_k}{d\tau} = \frac{\left[\alpha * F_S * (t_k - t_{k_{i-1}}) - \frac{\lambda * F_S}{\Delta h} * (t_{k_{i-1}} - t_{1_{i-1}}) \right]}{m_k * c_k} + t_{0_{i-1}} - G * it \quad (12)$$

$$\frac{dt_{II.CII}}{d\tau} = \frac{\left[\frac{\lambda \cdot F_S}{dh} \cdot (t_{k_i} - 2t_{j_{i-1}} + t_{2_{i-1}}) \right]}{m \cdot c} + t_{j_{i-1}} \quad (13)$$

$$\frac{dt_{CP.CII}}{d\tau} = \frac{\left[\frac{\lambda \cdot F_S}{dh} \cdot (t_i - t_{5_{i-1}}) \right]}{m \cdot c} + t_{5_{i-1}} \quad (14)$$

$$\frac{dw_k}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_S \cdot (X_k - X_p) + KDn \cdot (X_1 - X_k))}{m_k} \cdot (1 - X_1^2) \quad (15)$$

$$\frac{dw_1}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_S \cdot (X_1 - X_n) + KDn \cdot (X_2 - X_1))}{m} \cdot (1 - X_1^2) \quad (16)$$

$$\frac{dw_{c.н.д.с.л}}{d\tau} = \frac{(KDn \cdot (X_{i-1} - 2X_i + X_{i+1}))}{m} \cdot (1 - X_i^2) \quad (17)$$

$$x^* = f(y, t, P)$$

$$P_y = y * P_{общ} \quad (18)$$

$$t \rightarrow t_{ж}$$

$$y = f(G, G, R, M)$$

Эти математические выражения позволили упростить процесс расчета, а с учетом небольшого влияния изменений на квазиуровнях и макромолекулярных уровнях.

$$\begin{aligned} & ((m0*a0*C0*u(1)/u(6))+u(2)-(m0*((a0/u(6))-(a0/u(5)))*(2514)))/ \\ & (((m0*a0*((u(5)*1.5+((1-u(5))*4.19)))/u(5)))+(m0*((a0/u(6))-(a0/u(5))) \\ & *(1.53)))=t_m \end{aligned} \quad (19)$$

$$u(1)*(u(2)-u(3))=da/dt \quad (20)$$

$$((u(1)/0.6)^u(2))*u(3)= u(1)=Km \quad (21)$$

$$-8.65*(1-u(1))+6.9+2.57*u(2)^0.56=t* \quad (22)$$

$$u(1)*u(2)=Pw \quad (23)$$

$$((u(1)+u(3))/18)/(u(2)/29+(u(1)+u(3))/18)=Yg \quad (24)$$

$$u(2)*u(3)/(u(1)^2)*u(4)=dGw/dt \quad (25)$$

Путем агрегации алгоритмических блоков разработан алгоритм расчета и составлена компьютерная модель, которая выражается в следующем виде:

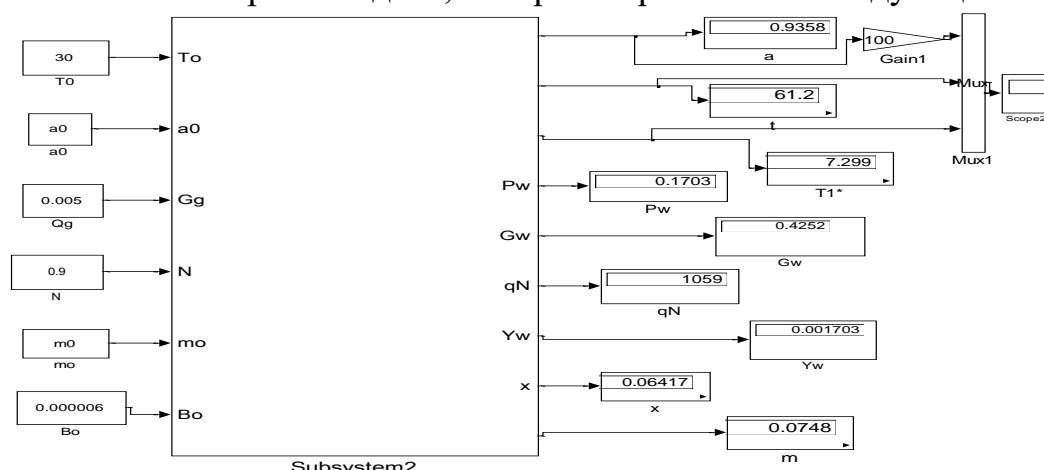


Рис.1. Компьютерное отображение автоматизированного расчета процесса сушки в оборудовании.

На компьютерной модели (рис.1) процессы на элементарных иерархических уровнях представлены в виде компьютерных блоков. В частности, блок нагрева материала, блок определения показателей газовой фазы, блок расчета значений коэффициента массоотдачи.

На компьютерной модели также имеется алгоритмический блок системы дискретного уравнения температуры продукта.

В третьей главе диссертации «**Экспериментальное исследование процесса сушки полуфабрикатов на примере тыквы**» приведены результаты экспериментальных исследований процесса сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения на примере тыквы.

Для экспериментов были выбраны сорта тыкв «картошка ковок» и «испан» с соответствующими массами 100 и 200 г. Образцы тыкв высушены в генераторной микроволновой печи СВЧ мощностью 0.9 кВт. Подача высушиваемому материалу СВЧ энергии регулировалась по температуре в осциллографическом режиме. Диапазон изменения температуры составил 40-90 °С.

За счет поглощения материалом микроволн СВЧ генератора происходит нагрев образца тыквы, в результате чего происходит процесс выпаривания влаги. Выпаренная влага с помощью вентилятора отводится в атмосферу. Время нагрева материала устанавливалось в соответствии с временем, определенного на компьютерной модели. При достижении 90°C остановлена подача энергии, с помощью электронных весов определялась масса образца, регистрировалось изменение массы. Как только температура образца снизилась до 40°C, то сразу продолжался процесс сушки. Этот процесс неоднократно повторялся для образца массой 200 г (табл. 1).

На основе сопоставления результатов экспериментов на физической модели и результатов компьютерной модели выбран соответствующий вариант, обосновано дальнейшее проведение экспериментов по компьютерной модели.

Таблица 1

Изменение массы образца, высушиваемого в дискретном режиме.

№	τ	$m_{\text{эксп}}$	$m_{\text{расч}}$	Δm	Δm^2
1.	273	200	200	0	0
2.	164	182,8	180	2,8	7,84
3.	174	155,8	152,284	3,515736	12,3604
4.	177	127,9	126,939	0,96649	0,92284
5.	180	111,9	107,784	4,115569	16,9379
6.	204	92,8	94,7368	-1,93684	3,75135
7.	247	82,9	81,8181	1,081818	1,17033
8.	324	70,9	69,2307	1,669231	2,78633
9.	481	58,6	58,0645	0,535484	0,28674
10.	854	50,9	48,78049	2,119512	4,49233
11.	2324	40,9	40,08909	0,810913	0,6575
12.	5237	32,9	32,14286	0,757143	0,57326
13.	2307	25,5	24,86188	0,638122	0,40719
14.	5193	21	20,57143	0,428571	0,18367
15.	8205	19	18,94737	0,052632	0,0027
					52,3727

Необходимо отметить, что для рассматриваемого состояния изменения коэффициента массоотдачи в трех зонах одного блока (рис. 2). Результаты проведенных экспериментальных исследований показали 95% соответствия с результатами исследований на компьютерной модели.

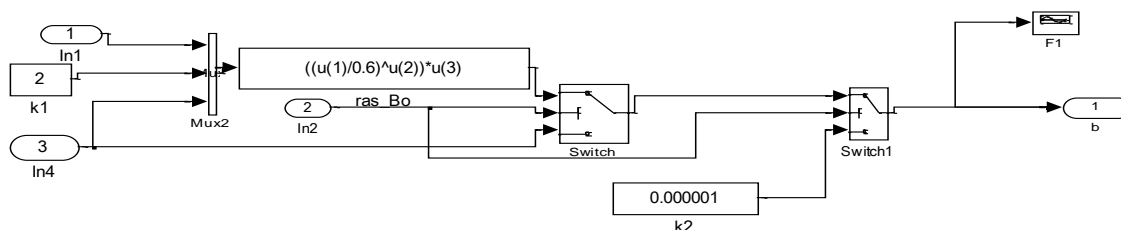


Рис. 2. Блок расчета коэффициента массоотдачи

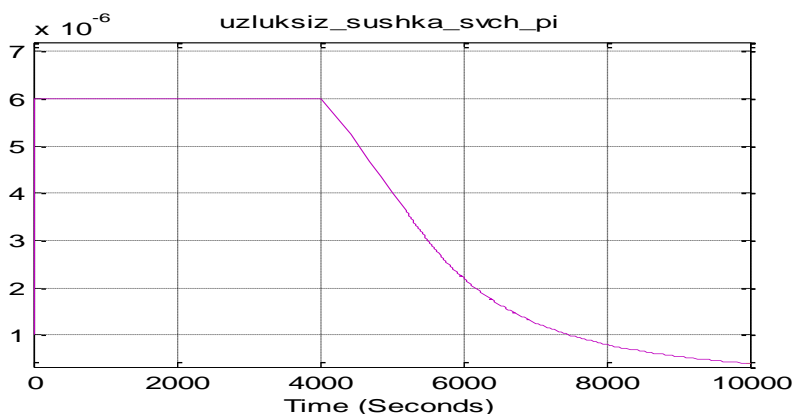


Рис. 3. График изменения коэффициента массоотдачи

Для разработки системы дискретного управления была составлена компьютерная модель системы закрытого цепного управления процесса сушки.

При проведении экспериментов значения основных входных параметров выбраны в соответствии со значениями стандартной сушильной установки. Энергетическая мощность СВЧ 0.9 кВт, объем сушилки - 0.0204 м³, размеры - 5x10x50 мм, масса - 0,2 кг, начальная влажность - 86%, начальная температура высушиваемого сырья 30°C. В установку подается воздух со скоростью 1,3 л/сек. Парциальное давление воды в газовой фазе изменялось в пределах от 20,8 кПа до 3-4 кПа. Влажность высушиваемого материала определяется концентрацией, парциальным давлением, изменением равновесной температуры (рис. 4).

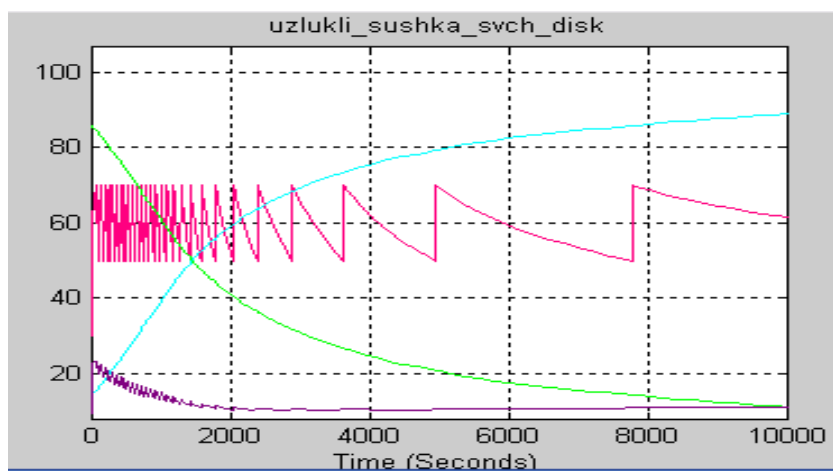


Рис. 4. График изменения температуры материала, равновесной температуры материала и концентрации высушиваемого материала.

С помощью проведенных расчетов на основе созданных компьютерных моделей можно одновременно определить изменения нескольких параметров. При необходимости можно определить характер изменения массы материала (рис. 4). Результаты экспериментов на компьютерной модели показали изменения массы материала от 200 г до 30,1 г.

В начале процесса температура материала изменяется быстрее (красная линия), с продолжением процесса уменьшается частота изменения температуры, в конце процесса время отключения нагревателя имеет большое значение и наконец, в конце может происходить полное отключение. Влажность материала в начале процесса уменьшается линейно (синяя линия), в конце процесса сушки материала уменьшается гиперболично, остаточная влажность материала составляет 15,92%.

Четвертая глава диссертации «Поиск оптимальных условий сушки материала» посвящена поиску оптимальной начальной массы материала на основе основных показателей и оптимального расхода и оптимальной влажности воздуха.

Для эффективного использования сушильной установки требовалась определение оптимальной массы материала. Эксперименты проводились со следующими массами образцов 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4, 5 кг (рис. 5).

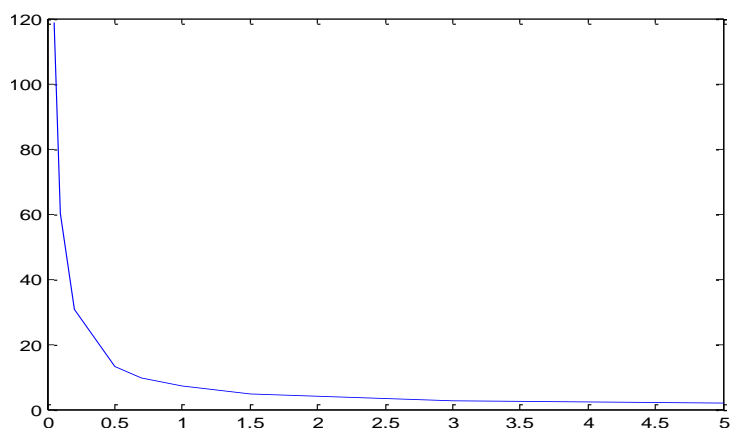


Рис. 5. График изменения массы продукта по времени.

На основе проведенных исследований выяснилось, что для сушки 1 грамма продукта в различных массах потребуется различное время: для продукта с массой 5 кг потребовалось 1,86 сек, для 4 кг продукта 2.22 сек, 3 кг - 2.8 сек, 2 кг - 3.9 сек, 1.5 кг - 4.9 сек, 1 кг - 7.088 сек, 0.7 кг - 9.74 сек времени сушки. Оптимальную массу можно установить 1.5 кг/0.9кВт. Определено оптимальное значение расхода воздуха для сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения на примере тыквы.

Эксперименты проводили при расходе воздуха 0,5 кг/сек, т.е. отношение расхода к массе составил 0.25, продолжительность процесса 11150 сек, влажность материала соответственно составила 0,1591 кг/кг (табл.2.)

Таблица 2

Зависимость времени сушки от расхода воздуха

Расход воздуха, кг/сек	влажность, %	Время сушки, сек
0,5	0,1591	11150
0,1	0,1595	11487
0,01	0,1635	11515
0,005	0,16	11733
0,001	0,618	12054
0,0005	0,1677	11990
0,0001	0,1732	12948
0,00005	0,1843	13630
0,00001	0,201	14365

На основе проведенных экспериментов построен график, характеризующий изменение продолжительности процесса сушки в зависимости от расхода подаваемого воздуха. Для сушки в периодическом режиме существует диапазон изменения расхода воздуха, который можно принять за оптимальный.

Для рассматриваемого случая определено отношение расхода воздуха к расходу материала в пределах 0,0007 (рис. 6). Для определения оптимального

количества влаги в воздухе при сушке капиллярно-пористых растительных материалов проведены эксперименты на компьютерной модели.

Из графика влияния влажности воздуха на время сушки (рис. 7) видно, что при 1% влажности по массе на входе, процесс является оптимальным. Если влажность воздуха ниже 1%, то время сушки практически не изменяется. Увеличение количества воды в воздухе выше приведенной величины приводит к продолжительности процесса сушки, увеличение влажности воздуха свыше 15% приводит к остановке процесса сушки

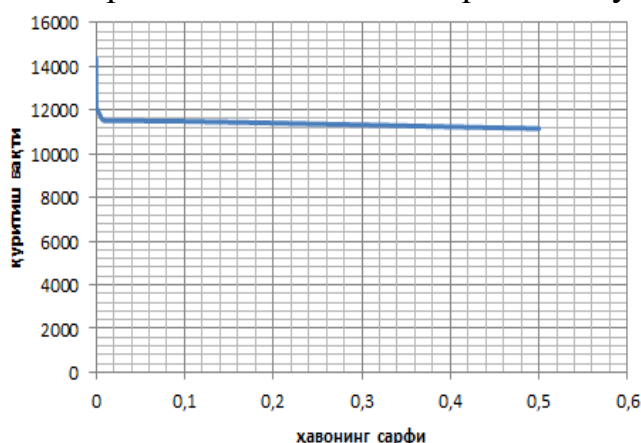


Рис. 6. График переходного процесса зависимости времени сушки от расхода воздуха.

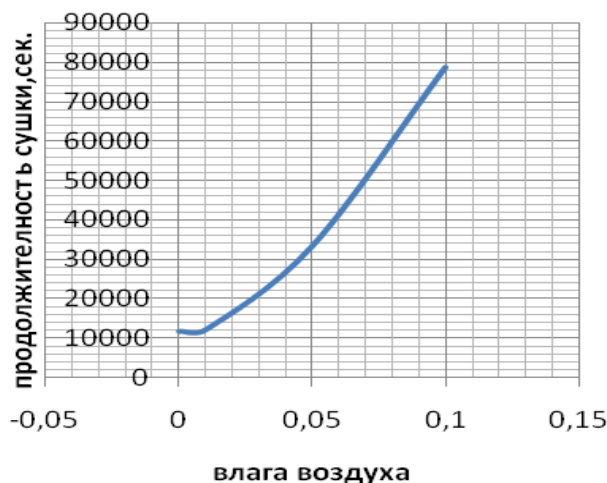


Рис. 7. График влияния влажности воздуха на время сушки.

В результате поиска оптимальных условий проведения процессов сушки получены ряд системных решений. Они были использованы при создании сушильных установок капиллярно-пористых материалов. Один из вариантов был использован при сушке материалов с применением микроволновой энергии. Здесь был осуществлен процесс комбинированной сушки материалов, где часто перед конвективной сушкой проводилась СВЧ обработка, с целью вскрытия внутренних пор и за счет этого достигнуто уменьшение времени процесса сушки (рис. 8,9).

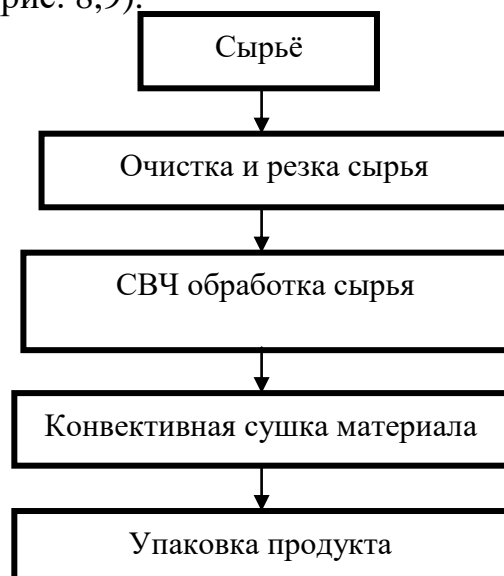


Рис. 8. Технологическая схема эффективной сушки растительных продуктов

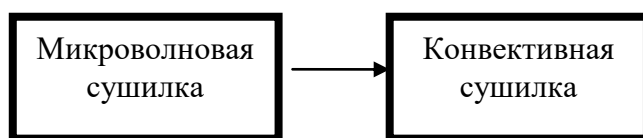


Рис. 9. Способ комбинированной сушки.

Во втором случае при применении микроволновой установки в результате периодического подвода энергии наряду с уменьшением энергозатрат достигается большее сохранение полезных компонентов в составе лекарственных веществ (рис. 10).

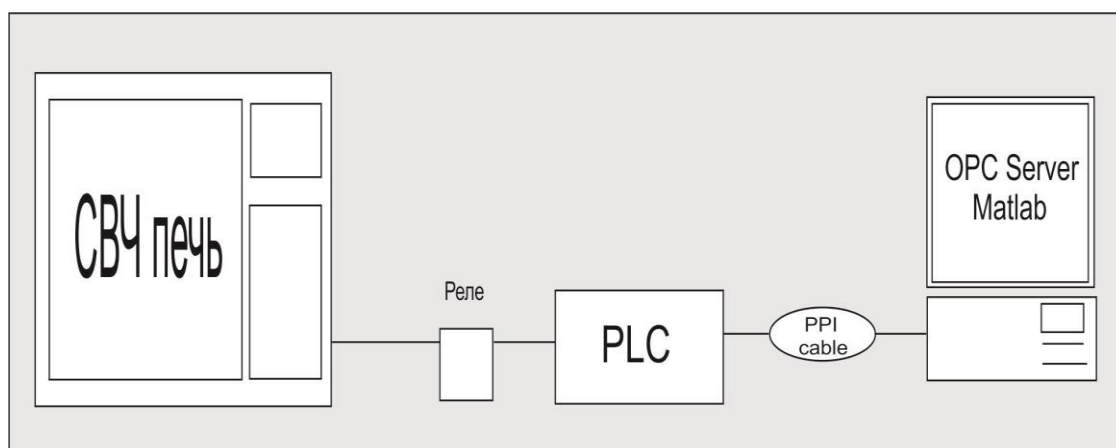


Рис. 10. Микроволновая установка, основанная на периодическом подводе энергии при сушке продуктов.

Третий случай, создание непрерывно действующей сушильной установки, в частности барабанно-микроволновой (рис. 11) и тоннельно-микроволновой (рис. 12).

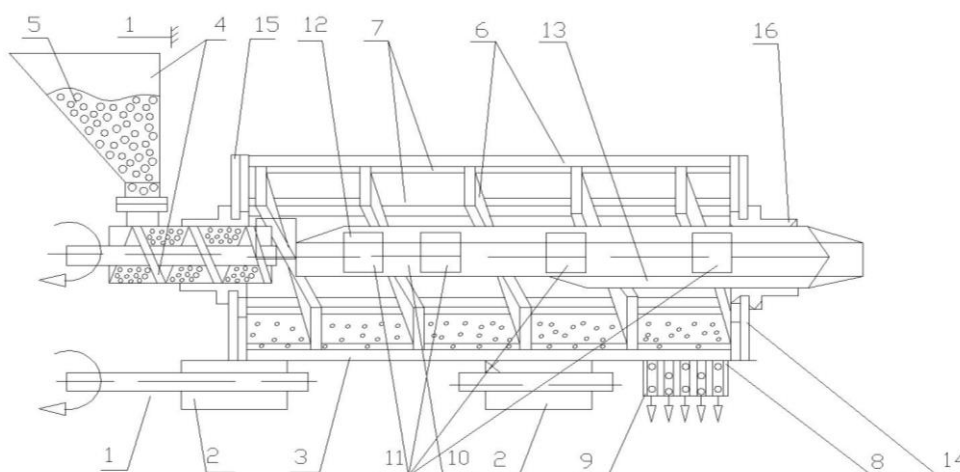


Рис. 11. Барабанно - микроволновый аппарат.

1-пускатель, 2-передача, 3- барабан, 4- погружаемая установка, 5-бункер, 6- шнек, 7- нагнетательный пропеллер, 8 - окно выгрузки, 9-волновод, 10- СВЧ панель, 11- электромагнитные генераторы, 12-трубка отвода паро-воздушной смеси, 13- трубка подачи воздуха, 14,15-боковые крышки, 16-резиновый сальник.

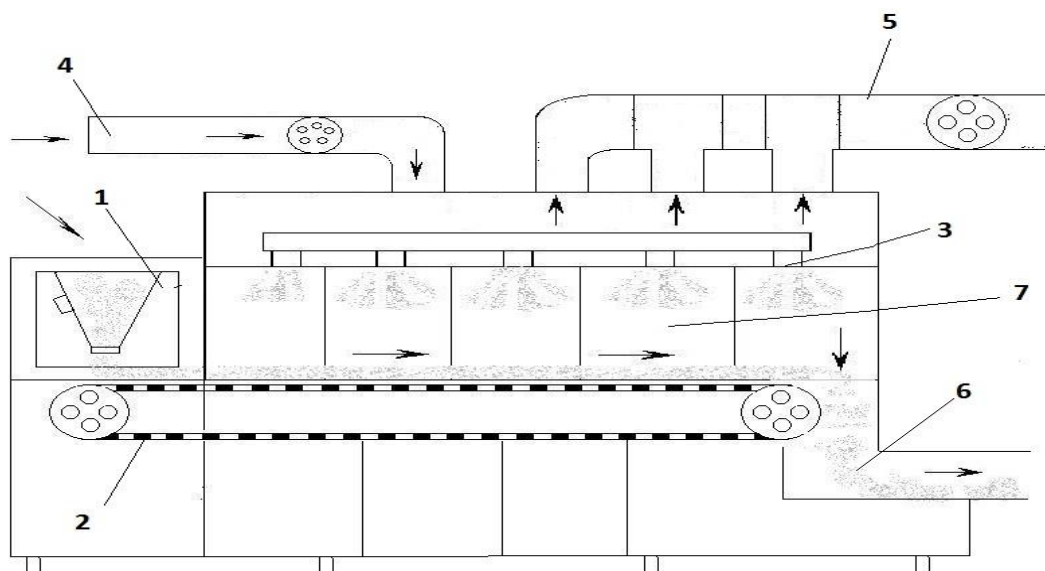


Рис.12. Тоннельно-микроволновый аппарат.

1-бункер загрузки сырья, 2-конвейерная лента, 3- источник СВЧ, 4- трубка подачи воздуха, 5- трубка отвода влажного воздуха, 6- бункер отвода сушеного продукта, 7-корпус установки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сформирован метод анализа объекта сушки, в том числе установки микроволновой сушки и процесса с точки зрения системного мышления. Рекомендован оптимальный расчет объекта и процесса сушки с помощью компьютерной модели, путем разбиения сушильной установки на иерархические ступени и квази-элементы.

2. Рекомендованы совершенно новые математические уравнения и компьютерные программы для решения равновесных состояний системы, выраженные четырьмя факторами системы, которые упростили сложности при расчете процесса сушки.

3. Разработаны математические и компьютерные модели, выражающие процессы на иерархических уровнях материала и процессов в газовой фазе квазиэлементов. Доказано, что принятие температуры материала как движущей силы процесса сушки, приводит к упрощению математических описаний моделируемого процесса.

4. Рекомендована адекватность математической и компьютерной модели процесса сушки капиллярно-пористых материалов, определена путем проведения экспериментов с различными образцами высушиваемого материала.

5. Доказаны критерии оптимизации процесса сушки растительных материалов, определены, что в оптимальных условиях процесса сушки масса высушиваемого материала составляет $1,5 \text{ кг} / 0,9 \text{ кВт}$, расход воздуха $0,0005 - 0,0007 \text{ кг} / \text{кг}$, начальная влажность по массе воздуха 1% .

6. Рекомендованы исследования, предложены периодические и непрерывно действующие микроволновые сушильные аппараты, комбинированный метод сушки (СВЧ+конвектив), сушильные установки для сельского хозяйства работающие в полевых условиях.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC COUNCIL
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF DSC.27.06.2017.T.04.01 AT
TASHKENT CHEMICAL - TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM
KARIMOV**

MASHARIPOVA ZULXUMAR ATABEKOVNA

**MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRYING OF
PHYTOGENESIS MATERIAL AND PERFECTION OF THE DEVICE**

**02.00.16 – Processes and apparatus of chemical technologies
and food production**

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

Tashkent-2018

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 B2018.2.PHD/T651.

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

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online tkti.uz and on the website of the Information-educational portal «ZiyoNet» www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: **Artiqov Asqar**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Qurbanov Jamshid Majidovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Samugjan Karimjanovich Nigmatdjanov
Kandidate of Technical Sciences, dots

Leading organization: **Institute of Engineering and Technological in Bukhara**

The defense of the dissertation will take place on «___» _____2018 at «_____» o'clock at the meeting of One-off Scientific Council on the basis of scientific council on awarding scientific degrees of DSc.27.06.2017.T.04.01 at Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32. Ph.: (99871)227-79-20, fax: (99871) 244-79-17; 246-02-24. e-mail: tcti_info@edu.uz).

The dissertation has been registreded at the Information Resource Centre of the Tashkent chemical-technological institute №___ (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 «___» _____ 2018

Protocol at the register № _____ dated «___» _____ 2018.

S.M. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

A.S. Ibodullaev
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Q.O. Dodaev
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is simulating the process of effective drying of capillary-porous materials of origin plant and to improve the technology and drying equipment.

The objects of the research work are drying equipment and processes, existing modeling and calculation methods.

The scientific novelty of the study is as follows:

system analysis of the process and equipment for drying capillary-porous plant materials was carried out, and a mathematical modeling method was developed;

a new method for calculating the equilibrium states of the drying process of capillary-porous plant products, taking into account mathematical dependencies, and compiling computer programs;

developed mathematical and computer models of the drying process, taking into account the dependence of the influencing parameters of the drying process of capillary-porous materials of plant origin;

experiments were carried out on the experimental setup and the adequacy of the models was determined;

the optimal variants for microwave drying of capillary-porous plant materials have been determined;

rational periodic and continuous technological regimes for drying capillary-porous plant materials have been developed, and drying plants have been improved.

The introduction of research results. On the basis of the obtained scientific results on the improvement of drying equipment and the modeling of an effective technological process of drying plant products, the following important results were obtained:

an effective apparatus for drying plant materials was introduced in Nasaf-Trade Invest LLC (reference LS8/18, “Uzbekozikovkatzakhira” dated November 17, 2017). This made it possible to create a drying apparatus that ensures the preservation of chemical, biological, structural and rheological properties during the drying process and allows to reduce the duration of the process by 1.8-2 times;

The technology of effective combined drying of plant material was introduced in Nasaf-Trade Invest LLC (reference LS8/18, Uzbekozikovkatzakhir dated November 17, 2017). As a result, the change in the chemical, biological and structural properties of the dried raw material was reduced by 18-22%, the total energy consumption by 12%, the productivity increased by 20-25%.

Structure and scope of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of references and an appendix. The work is presented on 120 pages of typewritten text, includes 46 figures and 11 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of publications

I бўлим (I часть; I part)

1. Артиков А.А., Рейпназарова З.Д., Машарипова З.А. К вопросу автоматизированного расчета процесса сушки материалов //Кимё ва кимёвий технология журнали. - Тошкент, 2010 - №4. - С. 69-72. (02.00.00.№3).

2. Артиков А.А., Машарипова З.А. Компьютерное отображение равновесия процесса сушки по температуры продукта //Хранение и переработка сельхозсырья. - Москва, 2013. - № 2. - С. 18-21. (02.00.00.№25).

3. Джураев Х.Ф., Машарипова З.А., Мехмонов И.И. Математическое моделирование закономерности перемещения газовой и жидкой фаз в процессе сушки капиллярно-пористых материалов //Химическая технология. Контроль и управление.-Ташкент, 2014. - №4. - С. 37-45. (02.00.00.№10).

4. Артиков А.А., Машарипова З.А. Оптимальное программное управление процессом сушки при использовании микроволновой энергии //Хранение и переработка сельхозсырья. - Москва, 2016- № 3. - С. 27-29. (02.00.00.№25)

5. Артиков А.А., Машарипова З.А. Расчет процесса сушки материалов растительного происхождения на основе сорбционно - испарительных свойств // Хранение и переработка сельхозсырья. - Москва, 2016- № 4. - С. 39-43. (02.00.00.№25)

6. Mukhiddinov J.N., Artikov A., Murtazayev K.M., Masharipova Z. A. Mathematical Modeling of Cooling Process Water in the Packed Towers //International journal of advanced research in science, engineering and technology. – Indiya, 2016. Vol.3, issue 10, october. – p. 2830 – 2839. (05.00.00.№8)

7. Артиков А.А., Машарипова З.А. Компьютерное отображение равновесия тепломассообменного процесса по давлению в двухфазной системе //Вестник Таш ГТУ .Ташкент, 2016. -№3. С.139-144. (05.00.00.№16)

8. Артиков А.А., Машарипова З.А. Микротўлкинли энергия ёрдамида маҳсулотларни қуриштида босимни таъсирини аниқлаш //Ўзбекистон Кончилик хабарномаси. – Навоий, 2016. - №4. - С. 89-94. (02.00.00.№7)

9. Мухиддинов Д.Н., Артиков А., Муртазаев К.М., Машарипова З.А. К вопросу компьютерной алгоритмизации процесса испарения воды //Химическая технология. Контроль и управление. - Ташкент, 2017. - №3. - С. 64-73. (02.00.00.№10)

II бўлим (II часть; II part)

10. Артыков А.А., Джураев Х.Ф., Машарипова З.А. Формализация методики определения оптимального расхода воздуха на процессе сушки капиллярно-пористого материала //Научная жизнь. - Москва, 2014. - №6. - С. 19-26.

11. Артиков А., Машарипова З.А., Мавлонов А.А. Қуритишда мувозанат ҳолатини материал намлиги бўйича ҳисоблаш учун дастурий таъминот //Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома. № DGU 03999. 25.08.2016 й.
12. Артиков А., Машарипова З.А., Топилов Х.Р. Қуритишда мувозанат ҳолатини ҳавонинг намлиги бўйича ҳисоблаш учун дастурий таъминот //Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 03986. 25.08.2016 й.
13. Артиков А., Машарипова З.А., Исмоилова Ф.К. Қуритишда мувозанат ҳолатини материал ҳарорати бўйича ҳисоблаш учун дастурий таъминот //Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 03987. 25.08.2016 й.
14. Артиков А., Машарипова З.А., Топилов Х.Р. Қуритишда мувозанат ҳолатини босим бўйича ҳисоблаш учун дастурий таъминот //Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 03997. 25.08.2016 й.
15. Артиков А., Машарипова З.А., Исмоилова Ф.К. Иссиқликка чидамсиз маҳсулотларни дискрет энергия ёрдамида қуритиш учун дастурий таъминот // Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 04178. 12.12.2016 й.
16. Артиков А., Машарипова З.А., Унгбоева Д.У. Иссиқликка чидамсиз маҳсулотларни узлуксиз энергия ёрдамида қуритиш учун дастурий таъминот // Ўз.Рес интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 04177. 12.12.2016 й.
17. Artikov A.A, Reypnazarova Z.D., Masharipova Z.A. To question of automatic calculation of material drying process //Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2010», T.: nov 25-27, 2010, p.89.- 92.
18. Artikov A.A, Masharipova Z.A. Автоматизированный расчет процесса сушки материала и поиск оптимального теплоподвода //Seventh Word Conferenceon Intelligent Systems for Industrial Automation. «WCIS-2012», T.: 2012, p-300-303
19. Артиков А.А., Машарипова З.А. Формализация компьютерной модели и автоматизированного расчета сушки материала //Региональная Центрально–азиатская Международная конференция по химическим технологии ХТ-12 – Москва, 2012, С.362-364 ст.
20. Машарипова З.А., Кабулов Г.А., Бердикулова Ш.Ё. Материални қуритиш системасини бошқаришнинг поғонали системали анализи //Илмий-техник анжуманидаги магистратура талабаларининг мақолалар тўплами. “Умидли кимёгарлар-2013”, Тошкент, 2013, 2-том. 156-б.
21. Артиков А.А., Машарипова З.А. Разработка программного обеспечения автоматизированной СВЧ печи для сушки материалов //Тула “АПИР-18”. 2013, 12-15 ноябрь, с. 267.
22. Артиков А.А., Машарипова З.А. Особенности СВЧ печи при сушки препаратов // Бухоро Х халқаро симпозиум, 2013, С.202.
23. Машарипова З.А., Артиков А.А. О многоступенчатом системном анализе, компьютерной модели и автоматизированном расчете сушки продуктов //15-Халқаро илмий амалий конференция, Барнаул, 2013, 25-27 ноябрь, С. 26-29.
24. Артиков А., Машарипова З.А. Капилляр ғовак моддаларни қуритиш жараёнининг қовоқ мисолида кўп поғонали таҳлили //“Кимё ва кимё технологиянинг долзарб муаммолари” Республика илмий амалий конференцияси материаллари. 2 тўплам. Урганч, 2011, 10 бетлар.

25. Артиков А., Машарипова З.А. Моделирование изменение равновесного условия при сушке продуктов //“Педагогик жараёнларни ташкил этиш ва бошқаришда замонавий ёндашувлар” Республика илмий амалий конференцияси материаллари.1 тўплам. Наманган, 2011, С. 297.

26. Artıqov A., Masharipova Z.A. K voprosu avtomaticheskogo upravleniya prosessom sushki sipuchix materialov // Navoiy tog-kon metallurgiya kompleksi 8-xalqaro ilmiy texnikaviy anjuman. Navoiy, 2015, 19-21 noyabrya, С. 487.

27. Артиков А.А., Машарипова З.А. Ўта юқори частотали энергия ёрдамида маҳсулотларни қуритишда оптимал температурани аниқлаш //IX Республиканская научно-техническая конференция «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», Навои. 2016.С. 402-403.

28. Artıkov A.A, H.F.Dzhuraev, E.R Yahshimurodova. Intellectual control of the draying process of termo sensitive materials with the application of microwave everge //Eighth Word Conferenceon Intelligent Systems for Industrial Automation. «WCIS-2014», Т.: 25-27- noyabr, 2014. Volume 1, p. 411-416.

29. Артиков А.А., Машарипова З.А. Система автоматического управления процессом сушки материалов растительного происхождения микроволнового энергия подвода //«Автоматизация: проблемы, идеи, решения». АПИР-19. 13-14 ноября, Тула. 2014. С.172-175.

30. Машарипова З.А., Кабулов Г., Артиков А., Сулаймонов И. К вопросу управления сушкой в микроволновой печи с помощью компьютерной модели //Техник ва ижтимоий-иқтисодий фанлар соҳаларининг муҳим масалалари. Республика Олий ўқув юртлараро илмий ишлар тўплами. 1-қисм. Т.2014 й., Б.85-87

31. Машарипова З.А., Мавлонов А.А.. Барабанли қуритгични такомиллаштириш //Республика Олий ўқув юртлараро илмий ишлар тўплами “Техник ва ижтимоий-иқтисодий фанлар соҳаларининг муҳим масалалари”, Тошкент, 2016, С.146-148.

32. Машарипова З.А., Артиков А., Миркомиллов А., Жуманиязова Д. Термолабиль ўсимлик маҳсулотларини қуритишда оптимал шароитни танлаш // Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини XXV - илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами “Умидли кимёгар - 2017” , Тошкент, 2017, Б.582-584.

33. Машарипова З.А. Имитационное моделирование уровней процесса сушки гранул в производстве нитрата аммония // Техник ва ижтимоий-иқтисодий фанлар соҳаларининг муҳим масалалари. Республика Олий ўқув юртлараро илмий ишлар тўплами. 1-қисм. Т.2014 й. 7-9 б.

34. Машарипова З.А. Барабанли қуритгични компьютерда моделини шакллантириш //“Умидли кимёгарлар -2015” Ёш олимлар, магистрант ва бакалавриятларнинг XXII—илмий-техникавий анжуманининг мақола- лар тўплами. Тошкент, 2015й.,398-399 б.

Автореферат «Кимё ва кимё технология» журнали таҳририяида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 23.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.