

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

САМАНДАРОВ ДОСТОН ИШМУХАММАТ ўғли

**ИПАК ҚУРТИ ҒУМБАГИНИ ДАСТЛАБКИ ҚАЙТА ИШЛАШ УЧУН
ВИБРАЦИЯЛИ ИНФРАҚИЗИЛ ҚУРИЛМАНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктори философии (PhD)
Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Самандаров Достон Ишмухаммат ўғли

Ипак курти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш

учун вибрацияли инфрақизил қурилмани

такомиллаштириш3

Самандаров Достон Ишмухаммат угли

Совершенствование вибрационной инфракрасной

установки для первичной переработки

коконов тутового шелкопряда21

Samandarov Doston Ishmukhammat ugli

Improving the vibrational infrared equipment

for the primary processing

of silkworm cocoons41

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....44

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

САМАНДАРОВ ДОСТОН ИШМУХАММАТ ўғли

**ИПАК ҚУРТИ ҒУМБАГИНИ ДАСТЛАБКИ ҚАЙТА ИШЛАШ УЧУН
ВИБРАЦИЯЛИ ИНФРАҚИЗИЛ ҚУРИЛМАНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1539 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.tdtu.uz) ҳамда «Ziyonet» ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Сафаров Жасур Эсиргапович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Исабаев Исмоил Бабажанович
техника фанлари доктори, профессор

Чориев Абдусаттор Жўраевич
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг «17» ИЮЛ 2021 йил соат «11» даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (17 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2021 йил «05» ИЮЛ кuni тарқатилди.
(2021 йил «05» ИЮЛ даги № 22 - рақамли реестр баённомаси).



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

Х.И.Қодиров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.д., доцент

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 зарурияти. Жаҳон миқёсида энгил саноатнинг ипакчилик соҳаси техника ва технологияларини ривожлантириш ҳамон иқтисодийнинг муҳим вазифаларидан ҳисобланади. Такмиллаштирилган юқори самарадор конструктив қурилмаларни амалда қўллаш ушбу соҳадаги қатор илмий-техник муаммоларни ечмоқда. Хитой, Япония, Италия, Хиндистон, Бразилия, Корея, Россия каби ривожланган мамлакатларнинг ипакчилик саноатида такмиллаштирилган техник воситалар ва технологиялар ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлашда муҳим рол ўйнамоқда. Шунга боғлиқ ҳолда технологик жараёнларни техник жиҳатдан таъминлаш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда ипакчиликни ривожлантиришда ипак қурти ғумбагини етиштириш ва уни қайта ишлаш жараёнини оптималлаштириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун қурилма ва жараёнлар, хусусан, сифатли маҳсулот олиш учун жонсизлантириш ва қуритиш технологияларини такмиллаштириш, энергиятежамкор қуритиш қурилмалари ва пиллани дастлабки қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш, ипак қуртини дастлабки қайта ишлаш жараёнини моделлаштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда соҳани ривожлантириш дастурига мувофиқ ипак қурти етиштиришни қайта тиклаш ва ривожлантириш, ипак қуртини юқори сифатли маҳаллий грэн билан таъминлаш, пилла етиштириш ҳажмини ошириш, ипак қурти емиш базасини кенгайтириш ва ипакни қайта ишловчи корхоналарни юқори сифатли хомашё билан таъминлаш учун шарт-шароитлар яратишга алоҳида эътибор берилиб, муайян илмий натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш стратегиясида” ... макроиқтисодий барқарорлигини мустаҳкамлаш ва иқтисодий ўсишнинг юқори суръатларини сақлаш, миллий иқтисодийнинг рақобатбардошлигини ошириш... саноатдаги энергия ва ресурслардан фойдаланишни камайтириш, энергиятежамкор технологияларни кенг жорий этиш”¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада вибрацион инфрақизил қуритиш қурилмасини такмиллаштириш ва ипак қурти ғумбагининг деворидаги иссиқлик ва намлик ўтказишни моделлаштириш асосида ипак сифатини сақлаган ҳолда дастлабки ишлов бериш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2017 йил 29 мартдаги ПҚ-3472-сон “Республикада ипакчилик саноатини янада ривожлантириш чора тадбирлари тўғрисида”ги, 2018 йил 12 январдаги ПҚ-2856-сон “Ўзбекипаксаноат” уюшмаси фаолиятини ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисидаги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги Фармони.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Тадқиқот ишлари республика фан ва технологиялар ривожланишининг V “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-мухитни муҳофаза қилиш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси: Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритиш жараёнлари технологияси ва техник таъминотини амалга ошириш, шу жумладан ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш самарадорлигини оширишга қаратилган илмий тадқиқотлар қуйидаги хорижий олимлар томонидан олиб борилган: Н.Zhang, J.Magoshi, M.Tsukada, J.Xing, E.Musayev, E.K.Nguku, Y.T.Hendaw, С.Г.Кузнецов, Э.Б.Рубинов, В.В.Красников, А.В.Лыков, Б.С. Сажин, шунингдек, маҳаллий олимлардан: Н.Р.Юсупбеков, З.С.Салимов, Дж.Н.Мухиддинов, А.Ф.Сафаров, Ж.М.Курбанов, Х.А.Алимова, К.Р.Авезов, С.З.Арипов, Х.Ф.Джураев, Қ.О.Додаев, К.Т.Норкулова ва бошқалар. Улар томонидан ғовкли материалларни қуритишнинг илмий асослари ва хомашёни қуритишда замонавий технологияларни жорий этиш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга, жаҳон ҳамжамияти олимлари қуритиш технологиясини ривожлантириш, юқори самарали ресурс ва энергиятежамкор қурилмаларни лойиҳалаш, ипак қурти ғумбагидан юқори сифатли маҳсулотларни олиш ва ипак қуртинини дастлабки қайта ишлаш жараёнини моделлаштириш бўйича устувор йўналишларда фаол изланишлар олиб боришмоқда. Бироқ ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш бўйича илмий изланишлар технологик жараёни жадаллаштириш ҳамда тайёр маҳсулотнинг таркибий моддалари сифатини сақлаб қолиш имконини берадиган, такомиллаштирилган қурилмалар синтези нуқтаи назаридан етарли даражада олиб борилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълимнинг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №Ф-А-2018-029 «Ипак қурти ғумбагини жонсизлантириш ва қуритиш учун техника ва технология ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзусидаги амалий илмий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун вибрацион инфрақизил қурилмани такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

дастлабки қайта ишлашни оқилона ташкил этиш ҳисобига энергия тежаш, ишлов бериш жараёни давомийлигини қисқартириш ва тайёр маҳсулотнинг юқори сифатини таъминлаш;

ипак қурти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш жараёнининг математик ифодасини тузиш, пиллаларни қуритиш жараёнини тадқиқ этиш ва оптималлаштириш;

вибрация таъсирида ипак қурти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш жараёнини тавсифловчи энергия ва масса сақланишнинг математик ифодасини шакллантириш;

намлик тарқалишининг самарали коэффициентлари ва ИҚ-қиздириш билан қуритиш тезлиги олиш учун вибрация параметрлари ҳамда қуритиш шароитлари комбинацияларининг кинетикасини ўрганиш;

олинган тажриба натижаларини Windows операцион муҳитида замонавий MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0, Microsoft Excel компьютер дастурлари ёрдамида қайта ишлаш;

ипак курти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун энергия тежамкор вибрацияли инфрақизил (ИҚ) қурилмани такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ипак курти ғумбаги (*Bombyx mori*) олинган.

Тадқиқотнинг предметини энергиятежамкор вибрацияли инфрақизил қуритиш қурилмаси ва қуритиш жараёнининг параметрлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда кимёвий технологиянинг назарий асосларидан фойдаланилган ҳолда тизимли таҳлил қилиш ҳамда мураккаб техник ва технологик тизимларни синтез қилиш методологияси, технологик жараён ва тизимларни математик моделлаштириш ва оптималлаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қуритилган ипак куртининг сифат кўрсаткичлари ва унинг иссиқлик ўтказувчанлик хусусияти аниқланган;

сувсизлантириш жараёнининг мақбул параметрларини аниқлашда иссиқлик таъсирини ҳисобга олган ҳолда ипак курти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган;

ипак курти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш жараёнларини тавсифловчи энергия ва масса сақланиш тенгламалари ишлаб чиқилган;

комбинацияли қуритиш жараёнида вибрация параметрлари учун қуритиш кинетикаси ва самарали намлик тарқатиш коэффициенти аниқланган;

ипак курти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун паст ҳароратда ишлайдиган вибрацияли инфрақизил қурилма такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

$D_{\text{эфф}}$ диффузия тарқалиш самарадорлигига таъсир қилувчи амплитуда A ва частота F ларининг турли хил комбинацияларидан турли хил иш шароитлари учун ўзига хос энергия сарфи қиймати олинган ва қурилманинг мақбул энергия тавсифи аниқланган;

вибрациянинг максимал тебраниш амплитудаси $A=0,016$ м ва минимал частотаси $F=8,15$ Гц бўлганда ИҚ-қуритиш жараёнини яхшиланиши аниқланган;

ипак курти ғумбагини ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериш жараёнида вибрациядан фойдаланиш ҳисобига яхшиланди, қуритиш жараёнининг ҳарорати ва давомийлигини камайтирилиши асосланган;

пиллаларга вибрацияли инфрақизил қуритиш қурилмасида 65-70 °С ҳароратда 8-10 дақиқа ишлов берилганда ғумбаклар 100% нобуд бўлиши ва 7 кун давомида 38-40 °С га тенг бўлган хона ҳароратида охирги намлик 10-12% гача қуриши аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги олинган натижалар замонавий усул ва воситалар ёрдамида амалга оширилган назарий ва экспериментал тадқиқот натижаларининг уйғунлиги, ҳамда Windows операцион муҳитида замонавий MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0, Microsoft Excel компьютер дастурлари ёрдамида амалга оширилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ипак қурти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш ҳамда сувсизланиш жараёнларининг мақбул параметрларини танлашда ҳарорат шароитларининг таъсири, самарали вибрация коэффицентларини олиш учун турли вибрация параметрлари ва қуритиш шароитлари ҳамда қуритиш кинетикасини ҳисобга олган ҳолда аниқланганлиги, ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш технологияси параметрларининг илмий асосланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун энергия тежамкор вибрацияли инфрақизил қурилманинг конструкциясини такомиллаштириш, мавжуд қурилмаларнинг имкониятларини қиёсий ўрганиш натижасида уларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларни аниқлаш ва қуритиш қурилмаси учун техник шароитларнинг тайёрланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш қурилмасини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

паст ҳароратда ишлайдиган, такомиллаштирилган вибрацияли инфрақизил қурилма «O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA» МЧЖда амалиётга жорий қилинган (“Ўзбекипаксаноат” уюшмасининг 2020 йил 29 июндаги 1-1/1258-сон маълумотномаси). Натижада, мавжуд қурилмаларга нисбатан 10 баробар кам энергия сарфлаш ҳамда 95-100% гача сифатли пилла олиш имконини берган;

ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш технологияси «O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA» МЧЖда амалиётга жорий қилинган (“Ўзбекипаксаноат” уюшмасининг 2020 йил 29 июндаги 1-1/1258-сон маълумотномаси). Натижада, пиллага ишлов бериш ҳажмини 1,22 баробар кўпайтириш ва хомашё йўқотилишини 8% га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 9 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 21 та илмий иш, жумладан, 6 та илмий мақола, булардан 2 та халқаро журналларда, 4 та республика журналларида чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг асосий қисми 120 бетни ташкил этиб, унда 37 та расм ва 28 та жадваллар келтирилган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг кириш қисмида мавзунинг долзарблиги, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, шунингдек, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиясини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига тегишлилиги, ишнинг илмий янгилиги ва амалий натижаларининг ишончлилиги, ҳамда ушбу тадқиқот натижалари ишлаб чиқаришга жорий қилинганлиги тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи бобида “Ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлашнинг замонавий ҳолатлари” таҳлил қилинган. Мавжуд жараён ва аппаратлар, саноатда ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш, қуритиш қурилмасида содир бўладиган жараёнларни математик моделлаштириш, қуритиш қурилмаларининг иш даврини ҳисоблаш ва лойиҳалаш бўйича илмий адабиётларда таҳлилий шарҳ ўтказилган.

Мамлакат қишлоқ ҳўжалигида кенг тарқалган қуритиш қурилмаларини баҳолаб, ипак қурти ғумбагини қуритишнинг саноат усуллари яратишни талаб қиладиган муаммолар мавжуд деган хулосага келинди. Бўлимнинг мавжуд материалларини таҳлил қилиш асосида ишнинг асосий мақсадлари ва вазифалари белгиланди.

Диссертациянинг “Ипак қурти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилишини моделлаштириш” номли иккинчи бобида ипак қурти ғумбаги деворларида иссиқлик ва намлик ўтказилиш натижалари келтирилган. Ғовакли материаллар орқали иссиқлик узатиш жараёни турли хил механизмларни ўз ичига олиш мумкин, масалан, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик конвекцияси, иссиқлик нурланиши, фазали ўзгаришлар пайтида яширин иссиқлик узатилиши ва ҳ.к.

Ушбу бобда экспериментал маълумотлар ва корреляцияларга асосланган самарали намлик узатиш коэффицентларини олиш учун турли хил тебраниш параметрлари ва қуритиш шароитлари орқали қуритиш кинетикасини ўрганиш тавсифланади. Амплитуда A ва частота F турли хил бирикмаларидан олинган вибрация B нинг “универсаллиги”ни ва унинг самарали диффузия $D_{\text{эфф}}$ га таъсири таҳлил қилинади. Шунингдек, мақбул энергия тавсифларини аниқлашда турли хил иш шароитлари учун ўзига хос энергия сарфи олиниши керак.

Сувнинг миқдори (суюқ ва буғсимон) материалнинг қуруқ ҳолатдаги намлиги билан (қаттиқ модда таркибидаги умумий намлик) қуйидаги тенглама орқали боғлиқ бўлиши мумкин:

$$X = \frac{C_{\text{п}} + C_{\text{ж}}}{\rho_{\text{s}}} \quad (1)$$

бунда, X - намлик миқдори; ρ_{s} - қаттиқ модданинг солиштирма массаси; $C_{\text{п}}$ - буғнинг концентрацияси; $C_{\text{ж}}$ - суюқликнинг концентрацияси.

Шундай қилиб, материал доимий қаттиқ ҳусусиятга эга бўлса, у ҳолда модданинг диффузия моделини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial X(r,t)}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 D_{\text{эфф}} \cdot \frac{\partial X(r,t)}{\partial r} \right] \quad (2)$$

Буғ ва суюқликнинг тарқалиши тубдан фарқ қилгани ва иккала фазадаги сув миқдори намликнинг умумий миқдорини акс эттиргани сабабли, самарали диффузия ($D_{\text{эфф}}$) ҳар икки фазада одатдаги намлик ўтказилишини ҳисобга олади. Бундан ташқари, қуритиш жараёнида сув молекулалари буғланиш пайтида зарраларнинг ғовак деворлари билан ўзаро таъсир қилиши мумкин, бу терлаш ёки сиртнинг таъсирланишини характерлайди.

Шунинг учун, ғовакли материални қуритиш пайтида юзага келадиган барча диффузия механизмларини қамраб оладиган янги самарали параметрни аниқлаш қулай бўлади. Ҳисобланган самарали масса узатиш параметри барча диффузия

механизмларининг ўртача қийматидан олинган самарали диффузияланиш қобилиятидир;

$$\frac{1}{D_{\text{эфф.г}}} = \frac{1}{D_{\text{эфф.к}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.п}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.ж}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.пв}}} \quad (3)$$

бунда, $D_{\text{эфф.к}}$ - Кнудсеннинг самарали диффузияси; $D_{\text{эфф.п}}$ - буғнинг самарали диффузияси; $D_{\text{эфф.ж}}$ - суюқликнинг самарали диффузияси; $D_{\text{эфф.пв}}$ - юза қисмининг самарали диффузион хусусияти ($t=0$ ва $0 \leq r \leq R$ учун):

(2) тенглама қуйидаги бошланғич талабларга бўйсинади ($t=0$ ва $0 \leq r \leq R$):

$$\text{С. I : } X(r, 0) = X_0 \quad (4)$$

Энг кенг тарқалган чегара шарт (2) тенгламага қўлланилади, бу эса заррачанинг марказидаги намлик концентрацияси профили симметрик эканлигини англатади ($t>0$ ва $r=0$ учун):

$$\text{С. С. 1 : } \left. \frac{\partial X(r,t)}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (5)$$

Дастлаб ташқи масса узатишда қаршилик жуда кичик ($\text{Био} \rightarrow \infty$) бўлганда зарра юзасида мувозанат намлиги ўрнатилса, биринчи турдаги ёки Дирихленнинг талаби қабул қилинади ($t>0$ ва $r=R$ учун):

$$\text{С. С. 2 (a) : } X(r, t)|_{r=R} = X_{\text{равн.}} \quad (6)$$

бунда, R - заррачанинг радиуси; $X_{\text{равн.}}$ - намликнинг динамик мувозанат таркиби.

Агар дастлабки намлик доимий бўлса (2) тенгламанинг аналитик ечимини олиш мумкин, намликнинг доимий самарали тарқалиши ва зарраларнинг аҳамиятсиз қисқариши “Кранка модели” деб номланувчи тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\text{КВ} = \frac{X(r,t) - X_{\text{равн.}}}{X_0 - X_{\text{равн.}}} = \frac{2R}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n \cdot r} \sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right) \exp\left[-\left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 D_{\text{эфф.}}\right] \quad (7)$$

бунда, КВ - намлик коэффиценти; X_0 - бошланғич намлик; n - шартлар сони.

Вақт функцияси сифатида заррадаги ўртача намлик қуйидагилардан олинади:

$$X(t) = \frac{3}{R^3} \int_0^R X(r, t) r^2 dr \quad (8)$$

(7) тенгламани (8) формулада ифодаланган ҳолда, зарраларнинг ўлчовсиз ўртача намлиги вақт функцияси сифатида олинади:

$$\text{КВ} = \frac{X(t) - X_{\text{равн.}}}{X_0 - X_{\text{равн.}}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n}\right)^2 \exp\left[-\left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 D_{\text{эфф.}}\right] \quad (9)$$

Адабиётларда ўртача намлик таркибидаги ўзгаришларни куриштириш вақтининг функцияси сифатида тавсифлаш учун (9) тенглама классик равишда қўлланилади.

Агар заррачалар юзасида масса узатилишига ташқи қаршилик ($\text{Био} \rightarrow 0$) қабул қилинса, (2) тенгламани ечиш учун учинчи турдаги ёки Робин чегара ҳолати ($t>0$ и $r=R$ учун) қўлланилади:

$$\text{С. С. 2 (b) : } -D_{\text{эфф.}} \left. \frac{\partial X(r,t)}{\partial r} \right|_{r=R} = \beta_{\text{эфф.}} [X(r, t) - X_{\text{равн.}}] \quad (10)$$

бунда, $\beta_{\text{эфф.}}$ - масса узатилишининг самарали параметри.

(10) формула намликнинг йўқолиш тезлиги ортиқча намликка тўғридан-тўғри пропорционалликни кўрсатади. Бошланғич ва чегара шароитларига

(С.С.1 ва С.С.2 (b)) асосланиб Био сони жиҳатидан диффузия моделининг ечими куйидагича бўлади:

$$KB = \frac{X(t) - X_{\text{равн.}}}{X_0 - X_{\text{равн.}}} = 6 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\text{Bio}^2}{\lambda_n^2 (\lambda_n^2 + \text{Bio}(\text{Bi} - 1))} \exp\left(-\lambda_n^2 \frac{D_{\text{эфф.}}}{R^2}\right) \quad (11)$$

бунда, λ_n - трансцендентал тенгламаларнинг илдизлари.

(11) тенгламанинг ечими иккита параметрни (Био ва $D_{\text{эфф.}}$) баҳолашни талаб қилади. (λ_n) нинг қиймати трансцендентал тенгламадан олинади:

$$\lambda_n \text{ctg}(\lambda_n) + \text{Bio} - 1 = 0 \quad (12)$$

Чегара шартларини ҳисобга олган ҳолда тезкор қуритиш ишларига тадбиқ этиладиган янги параметрлар тўпламига ($D_{\text{эфф.}}$ ва φ) эга бўлган модель таклиф қилинди (вибрацияли ИҚ қуритиш қурилмасидаги каби)

$$\text{С. С. 2 (c): } X(r, t)|_{r=R} = (X_0 - X_{\text{равн.}}) \exp(-\varphi t) + X_{\text{равн.}} \quad (13)$$

Ушбу чегара шартида φ сирт қуритиш доимийлиги бўлиб, у сирт намлигининг мувозанат қийматига яқинлашишини аниқлайди. Конвектив чегара шароитлари учун диффузия моделининг аналитик ечими (5) ва (13) тенгламаларда келтирилган:

$$KB = \frac{X(t) - X_{\text{равн.}}}{X_0 - X_{\text{равн.}}} = \exp(-\varphi t) \left\{ 1 + \frac{6\varphi R^2}{D_{\text{эфф.}}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 \pi^2} \cdot \left[\frac{1 - \exp(\varphi - n^2 \pi^2 D_{\text{эфф.}})}{R^2} \right] \right\} \quad (14)$$

Ушбу икки параметрли ечим мос равишда яхшиланиши кутилмоқда, чунки у икки даражали эркинликка эга. Бизга маълумки бу чегара шарти вибрацияли ИҚ қуритиш қурилмасида ғовакли материалларни қуритиш учун қўлланилмаган. Ушбу ишда намлик тарқалишининг самарали коэффиценти Аррениуснинг нисбати бўйича қуритиш ҳарорати функцияси сифатида баҳоланади:

$$D_{\text{эфф.}} = D_0 \exp\left(\frac{E_a}{R_g T}\right) \quad (15)$$

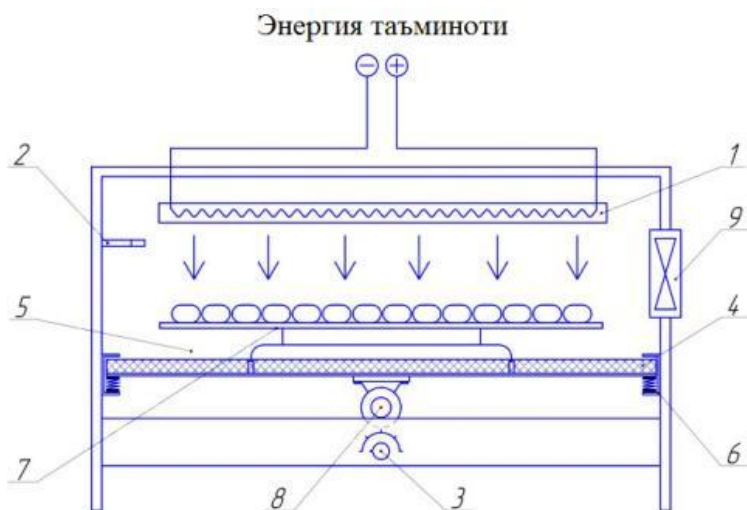
бунда, D_0 - дастлабки экспоненциал омил, E_a - фаолланиш энергияси, R_g - универсал газ доимийси, T - қуритиш ҳарорати.

Диссертациянинг **“Ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлашнинг экспериментал тадқиқотлари”** номли учинчи бобида ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш жараёнини ўрганиш натижалари келтирилган.

Олинган назарий натижаларга асосланиб, И.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш жараёнини амалга ошириш учун экспериментал вибрацияли инфрақизил қурилма ишлаб чиқилган бўлиб, у жараённинг мақбул параметрларини олиш имконини берди (1-расм).

Ушбу қурилма инфрақизил нурлар ва вибрация ёрдамида тирик ипак қуртини қайта ишлашнинг технологик жараёнини ҳисоблаш, энергия самарадорликка қаратилган ишларни бажариш, юқори сифатли маҳсулотларни олиш учун энергиятежамкор ва паст ҳароратли технологик жараёнларни бошқариш имконини беради.

Шу тарзда инфрақизил нурлар билан тирик ипак куртини дастлабки қайта ишлашнинг технологик жараёни ҳисоблаб чиқилди, энергия тежалишига эришилди ва маҳсулот сифати яхшиланди.



1-ИҚ нурлатгич; 2-термопара;
3-терморостлагич; 4-таглик;
5-рақамли индикатор тарози;
6-таглик; 7-хомашё;
8-вибратор; 9-вентилятор.
**1-расм. Лаборатория-
экспериментал вибрацияли
ИҚ-қуритиш қурилмаси**



1-жадвалда дастлабки қайта ишлаш учун келтирилган ипак қурти ғумбакларига ишлов беришда такрорий тажриба натижалари келтирилган.

1-жадвал

Тадқиқот натижалари

№	Ишлов бериш усули	Изланишлар натижалари расмлари
1	3 дақиқа давомида 250-300 Вт қувват билан микротўлқинли нурланиш ёрдамида қайта ишланган. Қайта ишлаш жараёнида 20% ғумбакларда суюқлик (серицин) оқиши кузатилган.	
2	Кун давомида -8 °С ҳароратда музлатгичда ишлов берилган ипак қуртлари 100% нобуд бўлади ва 38-40 °С ҳарорат остида 16 суткада давомида охириги намлиги 10-12% гача қуриши аниқланди.	
3	55-60 °С ҳароратда ИҚ нур билан қайта ишланган ғумбаклардан 10 кун ичида 15-20%дан капалак учиб чиқиши кузатилди. 38-40 °С ҳароратда 25 кун ичида охириги намлик 10-12% ни ташкил қилиши аниқланди.	
4	60-65 °С ҳароратда ИҚ нур билан қайта ишланган ғумбакларда 10 кундан кейин моғор пайдо бўлиши 25-30% ни ташкил этди. Қуритиш жараёнида хона ҳароратида 18 кун давомида 38-40 °С ҳароратда намликнинг якуний миқдори 10-12% гача эканлиги аниқланди.	
5	65-70 °С ҳароратда ИҚ нур билан қайта ишланган ғумбаклар 15-18 дақиқадан сўнг 100% нобуд бўлиши ва 14 кун давомида 38-40 °С ҳароратда намликнинг якуний миқдори 10-12% гача эканлиги аниқланди.	

1-жадвалнинг давоми

6	75-85 °C ҳарорат оралиғида ИҚ нурлари билан ишлов берилган пиллаларнинг 10-15% дан суёқлик (серецин) чиқиши натижасида сифати ёмонлашди. 12 кун давомида 38-40 °C ҳароратда қуритиш оҳирги намликни 10-12% га етказиш имконини берди.	
7	65-70 °C ҳароратда вибрация ва ИҚ нур ёрдамида 8-10 дақиқа ишлов берилганда ғумбаклар 100% га нобуд бўлиши ва 7 кун давомида 38-40 °C ҳароратда якуний намлик 10-12% гача камайиши аниқланди.	

Экспериментал тадқиқотлар турли ҳарорат ва вақт билан беш марта такрорланган ҳолда ўтказилди. Тирик ғумбакни 50-55 °C ҳароратда қайта ишланганда 10 кун ичида 25-30% да моғорланиш кузатилди, 15-20% да эса капалаклар учиб чиқиши аниқланди. 85-95 °C ҳароратда қайта ишланган ипак қурти ғумбаклари 10-15% нинг сифати ёмонлашди. 8-10 дақиқа 65-70 °C ҳароратда қайта ишланганда ғумбаклар 100% нобуд бўлди ва қуритиш сифати яхшиланди.

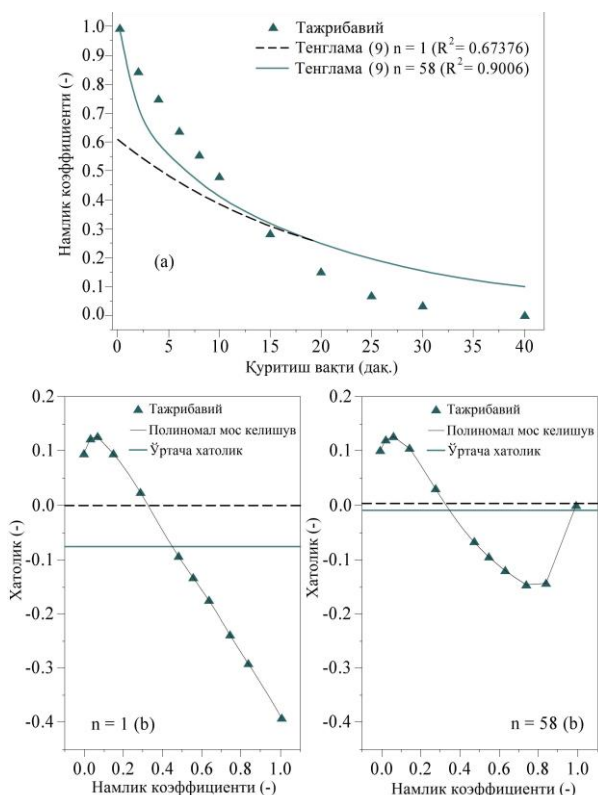
Диффузия моделининг самарадорлигини таҳлил қилишда уч хил аналитик ечимлар (9, 11 ва 14-тенгламалар) томонидан олинган тажриба маълумотлари ва башоратларни 2, 3 ва 4 расмларда, шунингдек, ҳар бир тенглама учун хатоликларнинг тақсимланишини таққослаш мумкин. (16) тенглама маълум бир «*k*» нуқтада башорат қилинган ва кузатилган маълумотлар орасидаги хатони аниқлаш учун ишлатилади ва хатонинг тарқалиши 5 даражали полиномал тенгламага мос келади. Тажриба ва кузатилган маълумотлар ўртасидаги дисперсия $T=70$ °C, $u=0,8$ м/с, $A=0,016$ м ва $F=8,15$ Гц. Бошқа шартлар бўйича натижалар жуда ўхшашлиги сабабли улар бу ерда кўриб чиқилмайди. Чексиз қаторлар билан аниқланган аниқлик ечимларини ҳисоблаш жараёни (MatLab) ёрдамида амалга оширилди ва модел параметрлари бир вақтнинг ўзида энг кам квадратлар мезони асосида баҳоланди.

$$\text{Error}_k = \chi_k^{\text{exp}} - \chi_k^{\text{obs}} \quad (16)$$

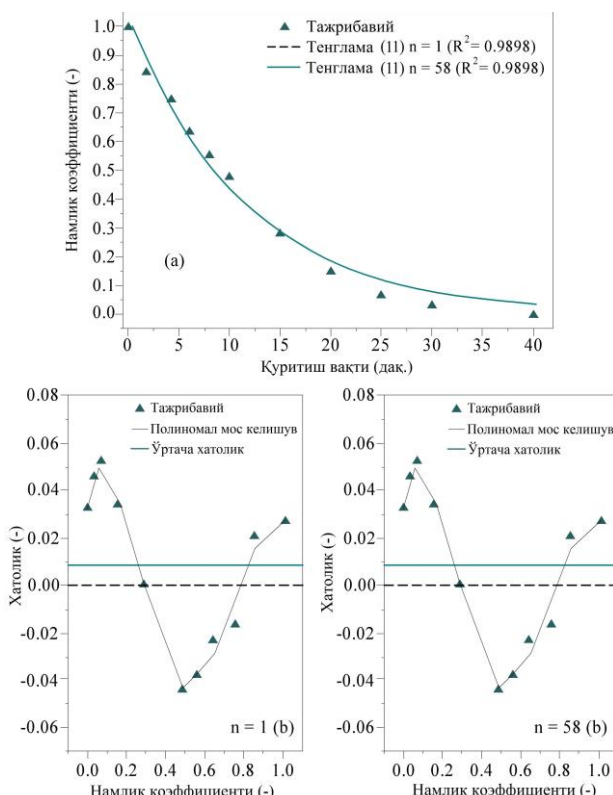
2-расмдаги текшириш (9) (тенглаштирилган чизик) тенглама билан башорат қилинган маълумотларнинг нафақат қуритиш бошланишида ($t=0$), балки шунга ўхшаш натижаларга эришган бошқа муаллифлар кўрсатганидек, сезиларли даражада оғишганлигини қуйидаги етита нуқтада кўриш мумкин. Ушбу фикрлардан сўнг, башорат қилинган эгри чизиклар мос келади. Ефремов ва Кудра таклиф қилган тенглама ҳисоблаш хатосини 1% гача камайтириш учун $n=58$ шартли қаторларни ечади ва текис чизикли намлик нисбатининг максимал қийматига яқин бўлган орбитани кесиб ўтади ($HK \approx 1.0$).

Намлик даражаси (9) формула бўйича $t=0$ бўлганда олдиндан башорат қилинади, бошқа томондан 0.61 бу намлик каби ўлчовсиз ўзгарувчига мутлақо тўғри келмайди. $n=1$ бўлганда диффузия моделининг ечими $t=0$ даражасида намлик камлигини, 7 дақиқа қуриганидан сўнг экспериментал равишда топилган қийматни башорат қилади. (9) тенгламанинг чап томони $t=0$ да четланишларни минималлаштириш тенгламанинг ўнг томонга тенг бўлиши керак, бироқ бу башорат амалда бажарилмайди, чунки $(6/\pi^2)$ 1 га тенг эмас. Бу башорат жуда

нозик материал ва узоқ вақт қуритиш учунгина қўлланилади, бу эса Фурье рақами жуда юқори бўлиши кераклигини англатади. Бу ҳолда (9) тенглама йиғиндисига биринчи гармоник компонента ($n=1$) барча атамалар йиғиндисига нисбатан ўртача намлик миқдорига камроқ ҳисса қўшади.



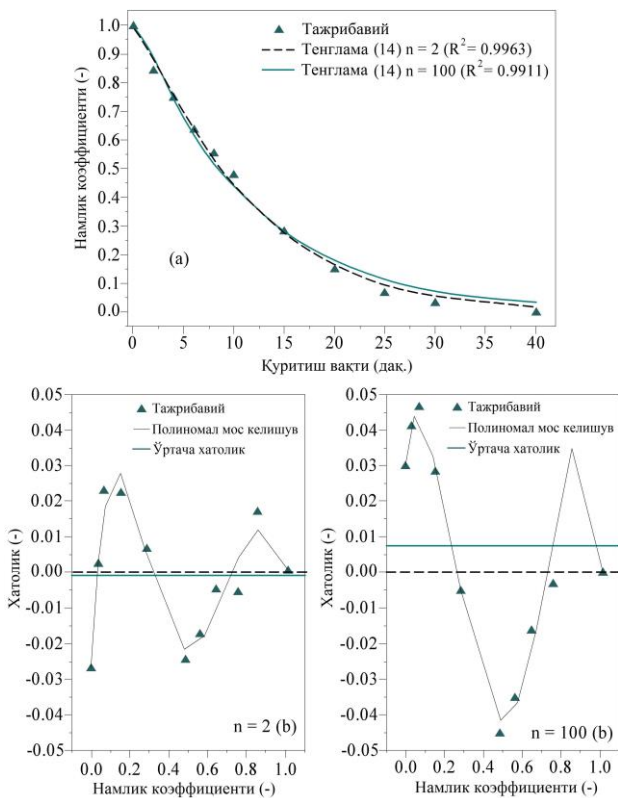
2-расм. Олдиндан башорат қилинган ва кузатилган НК (а) ва хатоларнинг тақсимланиши (б) (9) учун тенглама $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ ва $F=8,15\text{ Гц}$. Ўртача хатолик: $-0,0776$ ($n=1$) ва $-0,0085$ ($n=58$); 5-градусли полиномиал мос келишув: $R^2=0,9998$ ($n=1$) ва $0,9979$ ($n=58$)



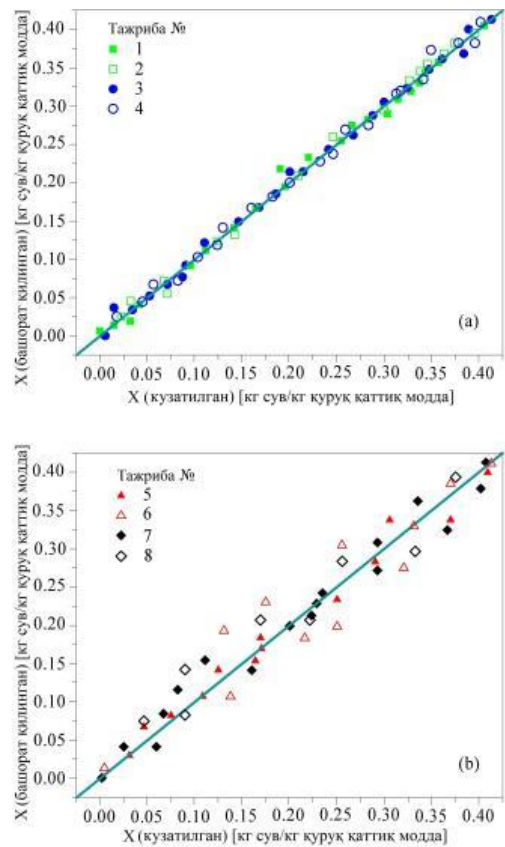
3-расм. Олдиндан башорат қилинган ва кузатилган маълумотлар НК (а) ва хатоларнинг тақсимланиши (б) (11) тенглама учун $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ ва $F=8,15\text{ Гц}$. Ўрта хатолик: $0,0086$ ($n=1$) ва $0,0085$ ($n=58$); 5-градусли полиномиал мос келишув: $R^2=0,9630$ ($n=1$) ва $0,9629$ ($n=58$).

Шундай қилиб $n=1$ бўлган (9) тенгламада, ушбу ишда тасдиқланган шароитлар учун экспериментал маълумотларни ростлаш тавсия этилмайди, чунки намликнинг динамик мувозанатига бир неча дақиқа қуритилганидан сўнг эришилди. Аналитик ечимни кетма-кет битта аъзо билан ишлатишнинг афзаллиги шундаки, агар диффузия коэффициенти доимий деб қабул қилинса, уни график ёрдамида осонгина топиш мумкин. 2-расмдан кўриниб турибдики, $n=1$ бўлган (9) тенгламанинг ечими ўртача хатолик билан кучли аралашига олиб келади.

2-расмда кузатилган ва башорат қилинган маълумотларни таққослаш натижалари шуни кўрсатдики, (9) тенгламада кинетик маълумот қуритиш бошланишида баҳоланмайди, охирида эса баҳоланади. $D_{\text{эфф}}$. доимий деб қабул қилинган (9) тенгламада экспериментал маълумотлар ушбу параметрнинг ўртача қиймати мос келади деб башорат қилинади. Қуритиш жараёнида $D_{\text{эфф}}$. қуритиш вақтига, материалнинг хусусиятларига, иш шароитларига ва намлик миқдорига боғлиқ бўлиши мумкин.



4-расм. Олдиндан башорат қилинган ва кузатишган НК (а) ва хатоларнинг тақсимланиши (б) (14) тенгалама учун $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ ва $F=8,15\text{ Гц}$. Ўртача хатолик: $-0,0007$ ($n=2$) ва $0,0058$ ($n=100$); 5-градусли полиномиал мос келишув: $R^2=0,8465$ ($n=1$) ва $0,9369$ ($n=100$)



5-расм. Экспериментал вибрацияли ИҚ қуритиш қурилмасида олдиндан башорат қилинган ва кузатишган ўртача намлик даражаси (а) вибрацияли (1, 2, 3, 4 тажрибалар) ва (б) вибрациясиз (5, 6, 7, 8 тажрибалар)

Диффузия коэффициенти мавжуд намликнинг оний қийматларига боғлиқ (сув миқдори ва вақтга қараб ўзгариб туради), ушбу тенглама чизиқли ва уни ечиш мураккаб бўлганлиги сабабли бу ишнинг мақсади масаланинг аниқ аналитик ечимини олиш эмас. Қуритиш жараёнида диффузия коэффициентининг ўзгариши билан ушбу параметрнинг аниқ қиймати самарали диффузия коэффициенти учун ҳисобланган ўртача қийматдан паст бўлади. Бошқача қилиб айтганда “мувозанат” намлиги (б) ва аҳамиятсиз ташқи қаршилик ($Bi_0 \rightarrow \infty$) чегара шартлари сифатида қабул қилинган ҳолларда доимий диффузия гипотезаси ноўрин. Шунга ўхшаш таҳлилни $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ҳароратда қуритиш учун қўллаш мумкин.

Қуритиш кинетикаси таҳлили. Параметрлар (11) формулага мувофиқ барча иш шароитлари учун ҳисобланади. Қатламни қуритиш таҳлиллари ($B=0$) механик тебранишсиз ишлайдиган қурилма ёрдамида амалга оширилди. Намликнинг самарали тарқалиши Карслав ва Йегер томонидан тақдим этилган трансцендентал тенгламанинг жадвалли илдизлари билан боғлиқ бўлган турли хил Био рақамлар учун D_0 ва E_a , ҳамда сферик геометрия учун ҳисобланган параметрлар билан (14) формула бўйича ҳисоблаб чиқилган Бионинг “мақбул” қиймат аниқланиш коэффициентининг энг юқори қийматига асосланган ҳолда

Энг яхши мос келадиган кўрсаткич эди. Ҳисобланган Био қиймати 0.04 га тенг эди. 5-расмда (11) формулага биноан экспериментал маълумотлар ва башоратлар ўртасида вибрация ва ИҚ нурлар билан қуриштиш учун мос келишув кўрсатилган.

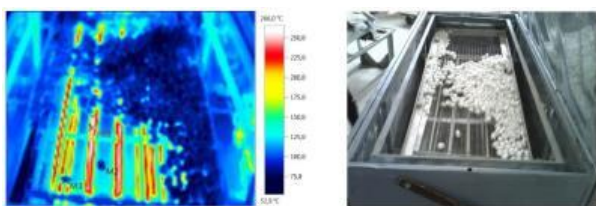
Натижалар шуни кўрсатдики, вибрация намликнинг янада самарали тарқалишига ёрдам беради, айниқса, $T=70\text{ }^\circ\text{C}$ ва газ тезлиги 0,8 м/с бўлган шароитида таъсир янада аниқроқ. Ушбу шартлар учун $D_{эфф.}$ титрамайдиган қатлам шароитида олинган $D_{эфф.}$ га нисбатан деярли 60% юқори ($B=0$ ва $u=0,8$). Вибрациянинг интенсивлиги, айниқса биомасса каби кам самарали диффузия билан қуритиладиган материаллар учун фойдали бўлиши мумкин.

Қуриштиш қурилмасининг ишлаш жиҳатларига келсак, вибрация параметрларини эҳтиёткорлик билан танлаш керак, чунки A ва F даражалари қуриштиш тезлигини максимал даражада ошириши ва энергия сарфини камайтириши керак.

Бизнинг маълумотларга кўра $T=70\text{ }^\circ\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0.016\text{ м}$ ва $F=8,15\text{ Гц}$ бўлганда $D_{эфф.}$, шунга ўхшаш бўлган шароит $A=0,003\text{ м}$ ва $F=18,2\text{ Гц}$ билан солиштирилганда тўрт баробар кўпайди. $A=0.016\text{ м}$ ва $F=8.15\text{ Гц}$ комбинацияси текширилаётган шароитлар орасида $D_{эфф.}$ нинг энг юқори қийматини берди. Шундай экан, ушбу вибрация параметрлари қуриштиш тезлигини ошириш учун титраш қатлами билан қуришилган намликнинг паст даражада тарқалишига (худди шундай характерли ўлчаш учун) қаршилиқ кўрсатади.

Вибрацияли инфрақизил қуриштиш қурилмасида ҳароратнинг бир маромлилигини таъминлаш ва ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш жараёнида тайёр маҳсулот сифатини сақлаб қолиш учун тепловизор ёрдамида ҳарорат майдони ўрганилди.

Лаборатория тажрибалари ўтказилди ва ипак қурти ғумбагини дастлабки қайта ишлаш учун инфрақизил вибрацияли қуриштиш қурилмасида ҳарорат майдонлари ўрганилди (6-7-расмлар).

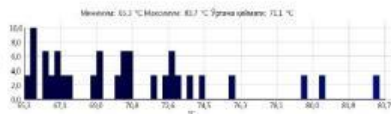


Тасвир параметрлари:
Нурланиш коэффициенти: 0,93
Ҳарор. акс эттир. [°C]: 22,0

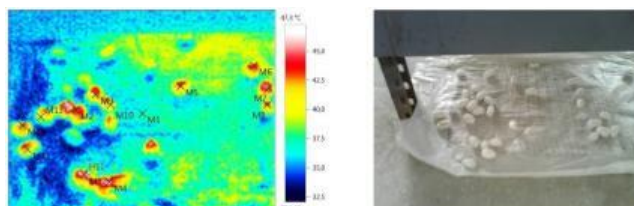
Тасвирлардаги белгилар:

Ўлчанаётган объектлар	Ҳарор. [°C]	Нурланиш	Ҳар. акс эттир. [°C]	Изоҳлар
Ўлчанаётган нукта 1	66,3	0,93	22,0	CenterSpot
Ўлчанаётган нукта 2	73,3	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 3	82,7	0,93	22,0	-
Энг совуқ нукта 1	62,9	0,93	22,0	-
Энг иссиқ нукта 1	266,0	0,93	22,0	-

Гистограмма:



6-расм. Ғумбакни қуриштиш жараёни гистограммаси ва ҳароратини ўлчаш



Тасвир параметрлари:
Нурланиш коэффициенти: 0,93
Ҳарор. акс эттир. [°C]: 22,0

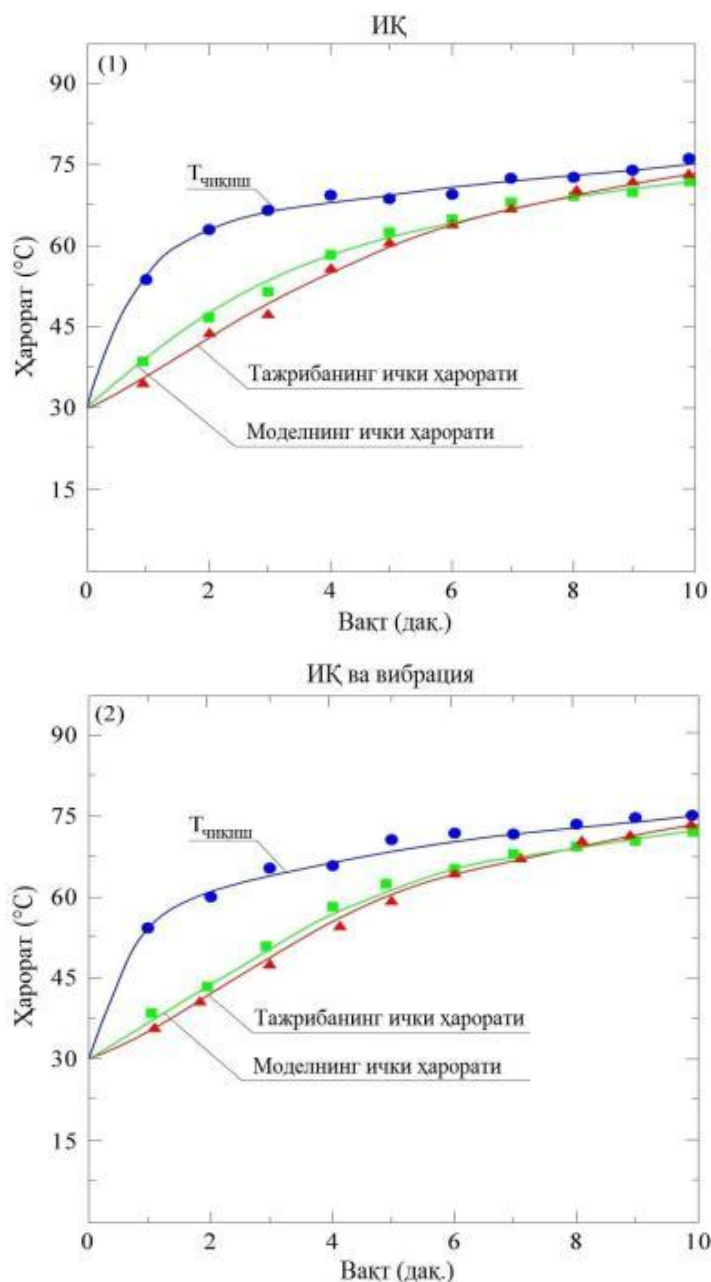
Тасвирлардаги белгилар:

Ўлчанаётган объектлар	Ҳарор. [°C]	Нурланиш	Ҳар. акс этт. [°C]	Изоҳлар
Ўлчанаётган нукта 1	36,8	0,93	22,0	CenterSpot
Ўлчанаётган нукта 2	43,3	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 3	46,2	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 4	45,7	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 5	42,4	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 6	44,6	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 7	45,2	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 8	43,1	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 9	42,4	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 10	40,8	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 11	40,2	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 12	43,0	0,93	22,0	-
Ўлчанаётган нукта 13	39,4	0,93	22,0	-
Энг совуқ нукта 1	32,1	0,93	22,0	-
Энг иссиқ нукта 1	47,3	0,93	22,0	-

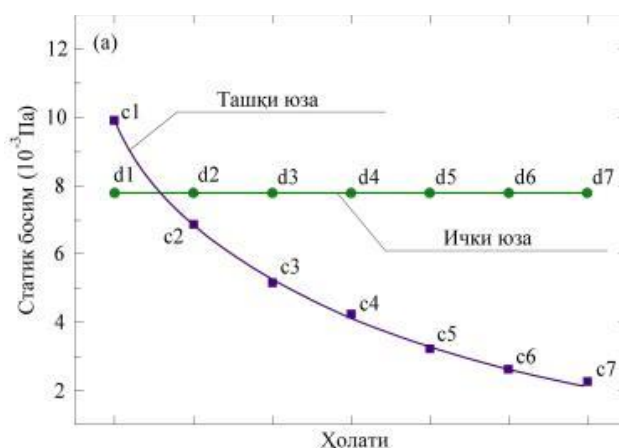
7-расм. Қуришилган ғумбакнинг ҳароратини ўлчаш

Тажрибаларда ИҚ майдонларнинг пиллага таъсири ўрганилди. Ғумбакнинг ички ҳарорати ҳисоблаш ёрдамида аниқланди, ташқи параметрлари эса чегара шартлари сифатида вибрацияли ИҚ-қурилманинг математик моделига киритилди. 8-расмда пилланинг башорат қилинган ички ҳарорати ўзгаришларини модель кўринишидаги тасвирланиши билан экспериментал маълумотларни (пилланинг бошланғич ички ва ташқи ҳароратлари) таққослаш натижалари келтирилган.

Пиллани вибрацияли ИҚ-қурилмада қуриштиришнинг математик моделидан олинган рақамли натижалар экспериментал олинган натижалар билан мос келади. Шунинг учун пилланинг қуриштириш моделини пилла девори орқали иссиқлик ўтишини аниқ ҳисоблаш учун, шунингдек пилла деворининг иссиқлик хоссаларини тадқиқ этиш учун қўллаш мумкин.



8-расм. Пилланинг математик моделлаштириш ёрдамида олинган ички ҳароратини тажрибавий натижалар билан таққослаш (1) (2)



9-расм. Пилла девори моделининг ички ва ташқи юзаларидаги статик босимни таққослаш

Пилла девори ғовакли тузилишга эга бўлганлиги сабабли иссиқлик ғоваклардан ўтади. Девор орқали ўтаётган ҳаво ҳажми, нурланиш ва ўтказувчанлик ундаги иссиқлик ўтказилишини ўзгартиради. Пилла деворидаги микрооқим майдони босим градиенти туфайли юзага келадиган диффузия ҳисобига вужудга келади. 9-расмда пилланинг ички ва ташқи юзалари орасидаги моделлаштирилган статик босимларни таққослаш натижалари тасвирланган.

Баҳорда етиштирилган ва қайта ишланган «Ипакчи-1» дурагай навли ипак қурти ғумбакларининг сифат таҳлили «Ўзбекипаксаноат» уюшмаси қошидаги илмий-тақиқот институти лабораториясида ўтказилди.

2-жадвал

Ипак қурти ғумбагининг узлуксиз ечилиши ва ипнинг умумий узунлиги

Намуна рақами	Якка тартибдаги ечиш, ўргача қиймати		Пилла қобиғининг ечилувчанлиги, %
	Узлуксиз ечиладиган узунлиги, м	Умумий узунлиги, м	
1	617	1417	43
2	837	1271	65
3	275	1329	20
4	612	1283	47
5	858	1350	63
6	692	1275	54
7	933	1025	91

3-жадвал

Ипак қурти ғумбаги намунасида ипак чиқиши

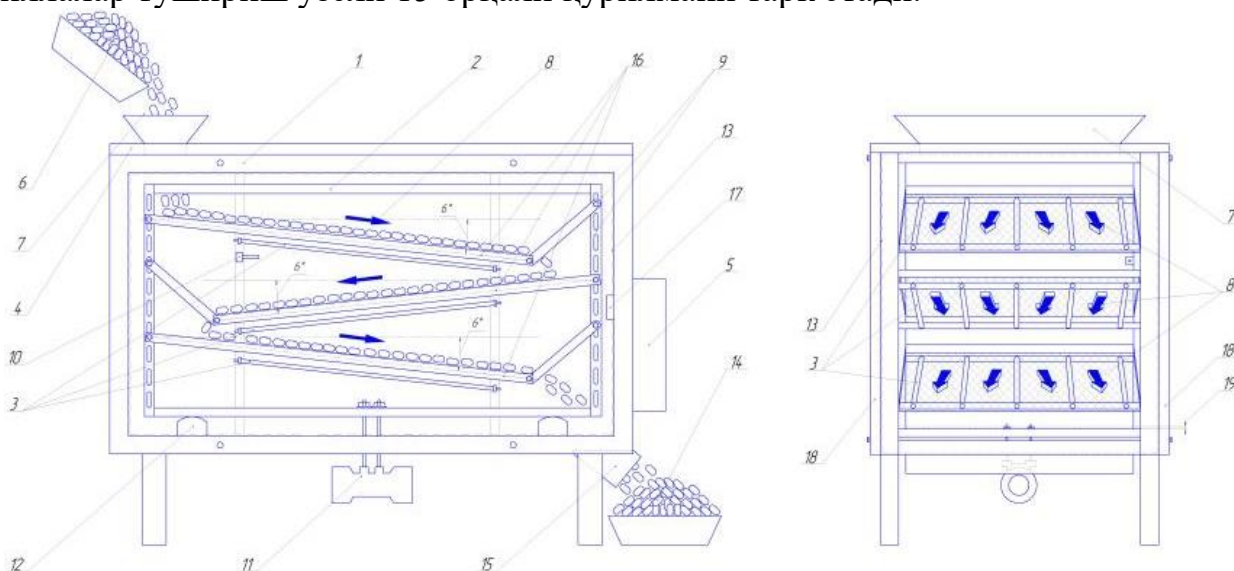
Намуна рақами	Маҳсулот чиқиши, %						
	Ипак хомашёси	Пилла сдири	Донка қобиғи	Жами ипак маҳсулоти	Ғумбак	Эрувчан моддалар	Бирлик харажат
1	36,74	7,27	4,73	47,74	50,29	1,97	2,72
2	41,37	3,67	5,21	50,90	47,30	1,80	2,42
3	40,51	5,32	5,10	49,28	48,49	2,23	2,47
4	33,71	6,61	4,45	44,67	53,23	2,10	2,97
5	41,26	4,32	4,17	50,95	47,15	1,90	2,42
6	38,95	5,26	4,74	48,95	49,12	1,93	2,57
7	41,28	3,91	4,15	50,92	50,1	2,0	2,45

2 ва 3 жадвалларда кўп маротабалик тажрибалар натижалари келтирилган. Олинган тажрибавий натижалар шуни тасдиқлайдики, ИҚ-қуритишда

вибрацияни қўллаш (7 рақамли намуна) ипак қурти ғумбакларига дастлабки ишлов бериш жараёнини тезлаштиради.

Тадқиқот натижалари бўйича мақбул ҳарорат 65-70 °С ва ишлов бериш вақти 8-10 дақиқа бўлганда ғумбаклар 100% нобуд бўлиши ва қуритиш сифати ошиши кузатилди. Қисқа муддатли ишлов бериш ҳисобига сўнгги маҳсулот сифати ошади ва энергия сарфи камаяди.

Диссертациянинг «**Вибрацияли ИҚ-қурилмани такомиллаштириш**» деб номланган тўртинчи бобида ипак қурти ғумбагига дастлабки ишлов бериш учун инфрақизил вибрацион қурилманинг конструкцияси ва ишлаш принципи келтирилган. Пилланинг янги ҳосили бункер 6-дан стационар корпус 1-га ўрнатилган юклаш бункери 7-га узатилади, ундан қия таглик 16-ли вибрацион камера 2-га ўтади. Қиялик ростловчиси 9 ёрдамида пилланинг конвейер тезлигини бошқариш мумкин, бошқариш блоки 5 ёрдамида вибрация параметрлари ўрнатилади ва мувофиқ равишда жараён ҳарорати бошқарилади. Вибрацион двигатель 11 вибрация оралиғини 19-ни барчасидан фойдаланиб, тебранишлар ҳосил қилади. Пиллалар қия тагликлар 16 бўйлаб пастга ҳаракат қилади. Вибрация камераси 2 нинг остига амортизация учун резина ёстиқ 12 қўйилган. Тўлқин ўзгартиргич 17-ли керамик ИҚ-қиздиргичларнинг пилла ҳаракатланиши йўлининг давоми бўйлаб юклаш бункери 7-дан тушириш қисми 15-гача текис амалга ошишини таъкидлаш лозим. Пилла қия тагликлар 16-га ишлов бериш учун келишидан илгари ИҚ-қиздиргичлар 3 қиздириш учун қўшилади. Энергияни тежаш учун ИҚ-нур қайтаргичлар 13, ҳамда юқори дарчаси 4 ва ён томон қалқонлари 18 ўрнатилган. Энергия сарфини тежаш маҳсулот таннархини арзонлашишини таъминлайди. Жараён ҳароратини ростлаш термо ўзгартиргич 10 ёрдамида амалга оширилади. Ишлов берилган пиллалар тушириш узели 15 орқали қурилмани тарк этади.



1-стационар корпус; 2-вибрацион камера; 3-керамик ИҚ-қиздиргичлар; 4-юқори дарча; 5-бошқариш блоки; 6-тирик пиллаларни йиғиш бункери; 7-юклаш бункери; 8-пилла йўналтирувчиси; 9-тагликларнинг қиялик бурчагини ростлаш воситаси; 10-термоўзгартиргич; 11-вибрацион двигатель; 12- вибрацияни амортизациялаш ёстиғи; 13-ИҚ-нур қайтаргичи; 14-қайта ишланган пиллалар учун лоток; 15-тушириш узели; 16-қия тагликлар; 17-эластик тўлқин генератори; 18-ён қалқонлар; 19-вибрацияни ҳосил қилиш масофаси.

10-расм. Ипак қурти ғумбагига дастлабки ишлов бериш қурилмаси.

Қуритиш қурилмасининг хомашё билан контактга кирувчи элементлари фойдаланиши меъерий ҳужжатлар билан рухсат этилган тўр материалдан тайёрланиши керак. Қуритиш қурилмасининг техник параметрлари 10-расмда келтирилган.

Ушбу қурилма учун техник шартлар (Ts-26985714-01:2019) ва уларни серия тарзида ишлаб чиқариш учун техник топшириқлар (ТЗ-26985714-03-2019) ишлаб чиқилган ва тасдиқланган.

ХУЛОСА

1. Ипак қурти ғумбаги деворида иссиқлик ва намлик ўтказилиш жараёнларини тавсифловчи энергия ва массанинг мувозанат тенгламалари таклиф этилган, ипак қурти ғумбагининг ғовак деворида иссиқлик ва намлик ўтказилиши ва уларнинг ўзаро таъсири пилла деворининг асосий тузилиши ҳисобга олинган ҳолда моделлаштирилган, модель жараён ҳақидаги дастлабки башоратларни ҳисобга олган ҳолда амалга оширилган.

2. Қурилма вибрациясининг ўзгарувчан параметрлари ва қуритиш шароитлари учун қуритиш кинетикаси ўрганилган, намлик диффузиясининг самарали коэффициентлари олинган. A ва F нинг турли комбинацияларидан олинган B нинг универсаллиги ва унинг $D_{эфф.}$ га таъсири, қуритишнинг турли шароитларида энергиядан фойдаланиш бирлиги таҳлил қилинган, мақбул энергия тавсифлари олинган.

3. Вибрация қўллаш орқали ИҚ-қуритиш жараёни жадаллаштирилган. Синалган шароитлар орасида энг юқори тебраниш амплитудаси $A=0,016$ м, частота эса $F=8,15$ Гц ни ташкил этганда $D_{эфф.}$ кучайган.

4. Фақат B параметр билан асосланган $D_{эфф.}$ ни баҳолашнинг мавжуд эмпирик тенгламалари адекват эмас, чунки B нинг биргина қийматига $D_{эфф.}$ нинг турли қийматлари олинади. Бу вибрацион ИҚ-қурилмада қуритиш кинетикасини A ва F нинг турли қийматлари учун таҳлил қилиш ва мақбул ишчи шароитларини аниқлаш имконини беради.

5. Ипак қурти ғумбагига вибрацияли ИҚ-қурилмада 65-70 °С ҳароратда 8-10 дақиқа давомида ишлов берилганда 100% нобуд бўлиши ва 7 кун давомида 38-40 °С ҳароратда намлик 10-12% қолгунча қуриши аниқланган. ИҚ-қиздириш ва вибрациядан фойдаланилганда, электр энергиясини мавжуд технология ва қурилмаларга нисбатан 10 баробар тежалган.

6. Ипак қурти ғумбагига дастлабки ишлов бериш учун такомиллаштирилган вибрацияли ИҚ-қурилмаларни серияли ишлаб чиқариш учун техник шартлар (Ts-26985714-01:2019) ва техник топшириқлар (ТЗ-26985714-03-2019) ишлаб чиқилган ва тасдиқланган.

7. Диссертация иши бўйича ипак қурти ғумбагига дастлабки ишлов бериш учун ишлаб чиқилган ишланма ва тавсиялар «Ўзбекипаксаноат» уюшмасига қарашли корхоналарда қўлланилган («Ўзбекипаксаноат» уюшмасининг 2020 йил 29 июндаги 1-1/1258-сон маълумотномаси). Вибрацияли ИҚ-қуритиш қурилмасини қўллаш натижасида унумдорлик 1,22 маротаба ошган, ўртача умумий иқтисодий самарадорлик йилига 150 030 400 сўмни ташкил этди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

САМАНДАРОВ ДОСТОН ИШМУХАММАТ угли

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОКОНОВ
ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА**

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

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2020.4.PhD/T1539.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Сафаров Жасур Эсиргапович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Исабаев Исмоил Бабажанович
доктор технических наук, профессор

Чориев Абдусаттор Жураевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «17» июль 2021 г. в «11⁰⁰» часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 17, с которой можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре: (Адрес: 100011, Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «05» июль 2021 года.
(протокол рассылки № 22 от «05» июль 2021 г.).



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

Х.И.Кодиров
Учёный секретарь научного совета по
присуждению, учёных степеней,
д.х.н., доцент

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире развитие техники и технологии шелковой отрасли лёгкой промышленности считается всё ещё важной задачей экономики. Реализация усовершенствованных высокоэффективных конструкций установок решает ряд научно-технических задач этой сферы. В таких развитых странах, как Китай, Япония, Италия, Индия, Бразилия, Корея, Россия в шелководстве для первичной обработки коконов тутового шелкопряда получение качественной продукции путем усовершенствования технических средств и технологий играет важнейшую роль. В связи с этим техническое обеспечение технологических процессов имеет большое значение.

При развитии производства шелка в мире проводятся научные исследования по выращиванию коконов тутового шелкопряда и оптимизации процесса его переработки. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию установок и процессов первичной обработки коконов тутового шелкопряда, в частности, совершенствованию технологий морки и сушки для получения высококачественной продукции, разработке технологии и моделированию процесса первичной переработки коконов тутового шелкопряда.

В соответствии с программой развития отрасли в стране особое внимание уделяется восстановлению и развитию шелководства, обеспечению шелкопрядов высококачественной местной зеленью, увеличению производства коконов, расширению племенной базы шелкопрядов и созданию условий для предприятий, производящих шелкопрядов, обеспечению высококачественным сырьем, достигнуты определенные научные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы отмечены важные задачи, «...укрепление макроэкономической стабильности и поддержание высоких темпов экономического роста, повышение конкурентоспособности национальной экономики ... сокращение потребления энергии и ресурсов в промышленности, широкое внедрение энергосберегающих технологий»¹. Исходя из этих задач, в частности, совершенствование вибрационной инфракрасной сушильной установки и моделирование переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда и сохранении качества шелка, имеет важное значение в процессе первичной переработки.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № ПП-2856 «О мерах по организации деятельности ассоциации Узбекипаксаноат» от 29 марта 2017 года, № ПП-3472 «О мерах по дальнейшему развитию шелковой отрасли в республике» от 12 января 2018 года, а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

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

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями, направленными на разработку эффективности технологии и аппаратурного оформления процессов сушки сельхозпродукции в т.ч. первичной обработки коконов тутового шелкопряда, занимались следующие зарубежные ученые: Н.Zhang, J.Magoshi, M.Tsukada, J.Xing, E.Musayev, E.K.Nguku, Y.T.Hendaw, С.Г.Кузнецов, Э.Б.Рубинов, В.В.Красников, А.В.Лыков, Б.С. Сажин, а также отечественные ученые: Н.Р.Юсупбеков, З.С.Салимов, Дж.Н.Мухиддинов, А.Ф.Сафаров, Ж.М.Курбанов, Х.А.Алимова, К.Р.Авезов, С.З.Арипов, Х.Ф.Джураев, Қ.О.Додаев, К.Т.Норкулова и др. Ими разработаны научные основы процессов сушки капиллярно- пористых материалов, сформулированы практические рекомендации по внедрению современных технологий сушки сырья.

Вместе с тем, ученые мирового сообщества активно ведут научные исследования в приоритетных направлениях развития технологии сушки и конструирования высокоэффективных ресурсо- и энергосберегающих установок, получения качественной продукции из коконов тутового шелкопряда, моделирования процесса первичной обработки коконов тутового шелкопряда. Однако научные исследования по первичной обработке коконов тутового шелкопряда ведутся в недостаточной степени в плане интенсификации технологического процесса, синтеза усовершенствованных установок, позволяющих максимально сохранять качество исходного сырья в готовой продукции.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова в рамках научно-практического проекта Ф-А-2018-029 по теме «Разработка техники и технологии для морки и сушки коконов тутового шелкопряда» (2018-2020 гг).

Целью исследования является совершенствование вибрационной инфракрасной установки для первичной переработки коконов тутового шелкопряда.

Задачи исследования:

обеспечение энергосбережения за счет рациональной организации первичной переработки, сокращения продолжительности технологического процесса и обеспечения высокого качества готовой продукции;

составление математического описания переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда, исследование и оптимизации процесса сушки коконов;

формализация математических выражений сохранения энергии и массы, описывающих процессы переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда в условиях вибрации объекта;

исследование кинетики комбинаций параметров вибрации и условий сушки для получения эффективных коэффициентов диффузии влаги, скорости сушки с ИК-нагревом;

обработка полученных экспериментальных результатов с помощью современных компьютерных программ MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0 в операционной среде Windows;

совершенствование энергосберегающей, вибрационной инфракрасной установки для первичной переработки коконов тутового шелкопряда.

В качестве **объекта исследования** выбран кокон тутового шелкопряда (*Bombyx mori*).

Предметом исследования являются энергосберегающая вибрационная инфракрасная сушильная установка и технологические параметры сушки.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы используя теоретические основы химической технологии применена методология системного анализа и синтеза сложных технических и технологических систем, использованы методы математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов и систем.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены качественные показатели сушеных коконов тутового шелкопряда и его теплопроводные свойства;

разработана математическая модель процессов переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда, учитывающая влияние термических условий при выборе оптимальных параметров процесса обезвоживания;

разработаны уравнения сохранения энергии и массы, описывающие процессы переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда;

определен эффективный коэффициент распределения влаги и кинетика сушки для параметров вибрации в процессе комбинированной сушки;

усовершенствована вибрационная инфракрасная установка первичной переработки коконов тутового шелкопряда при низких температурных режимах.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

из различных комбинаций амплитуды A и частоты F , оказавших влияние на эффективность диффузии $D_{эфф.}$, получено значение удельного потребления энергии для различных условий эксплуатации, позволяющее определить оптимальную энергетическую характеристику установки;

определено, что вибрация улучшила процесс ИК-сушки при максимальной амплитуде вибрации $A=0,016 м$ и минимальной частоте $F=8,15 Гц$;

обоснована первичная обработка коконов тутового шелкопряда ИК-нагревом усиливается за счёт применения вибрации, снижена температура и продолжительность процесса сушки;

установлено, что при переработке коконов инфракрасными лучами при температуре 65-70 °С в вибрационной сушильной установке, за 8-10 мин куколки погибнут на 100% и в течении 7 суток при комнатной температуре, равной 38-40 °С, высохнут с конечной влажностью до 10-12%;

Достоверность полученных результатов исследования. Достоверность полученных результатов подтверждается согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов и средств, обеспечивается итогами компьютерного имитационного моделирования, выполненного с помощью современных компьютерных программ MATLAB 6.5, STATISTIKA 6.0, Microsoft Excel в операционной среде Windows;

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований объясняется тем, что рассчитан процесс переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда, учитывающий влияние температурных условий при выборе оптимальных параметров процесса обезвоживания, кинетика сушки путем различных комбинаций параметров вибрации и условий сушки для получения эффективных коэффициентов диффузии влаги, а также в научном обосновании оптимальных параметров технологии первичной обработки коконов тутового шелкопряда.

Практическое значение результатов исследования заключается в совершенствовании принципиальной схемы энергосберегающей вибрационной инфракрасной установки для первичной обработки коконов тутового шелкопряда с сохранением их качества в результате ее сравнительного изучения с возможностями существующих установок и определении технико-экономических показателей, подготовке технических условий эксплуатации сушильной установки.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по совершенствованию установки первичной переработки коконов тутового шелкопряда:

усовершенствованная вибрационная инфракрасная установка, работающая при низких температурах, внедрена на практике в ООО «O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA» (справка Ассоциации «Узбекипаксаноат» от 29 июня 2020 года №1-1/1258). В результате была достигнута экономия энергии в 10 раз меньше, чем действующая установка, и получение высококачественных коконов до 95-100%;

технология для первичной переработки коконов тутового шелкопряда внедрена на практике в ООО «O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA» (справка Ассоциации «Узбекипаксаноат» от 29 июня 2020 года №1-1/1258). В результате было достигнуто увеличение объема переработки кокона в 1,22 раза и снизить потери сырья на 8%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований представлены, обсуждены и одобрены на 3 международных и 9 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 21 научных работ, из них 6 научных статей, в том числе 2 в международных журналах, 4 в республиканских журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц, включает 37 рисунка и 28 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель, объект и задачи исследования, а также показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты работы, обоснована надежность полученных результатов, раскрыта научная и практическая ценность, приведены сведения о внедрении результатов исследования в производство.

В первой главе диссертации «**Современное состояние первичной обработки куколки коконов тутового шелкопряда**» проанализировано современное состояние и раскрыты перспективы развития производства продукции шелководство на основе местного сырья. Выполнен аналитический обзор научной литературы о существующих процессах и аппаратах, промышленной первичной переработке коконов тутового шелкопряда, математическом моделировании процессов, протекающих в сушильных установках, расчетах и проектировании схем сушильных установок.

Оценивая современное состояние вопросов конструкций сушильных установок, получивших распространение в агропромышленном комплексе страны, способов сушки, заключено, что существуют проблемы, требующие создания промышленных способов сушки коконов тутового шелкопряда. На основе анализа фактического материала главы были поставлены основные цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации «**Моделирование переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда**» приведены результаты моделирование переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда.

Процесс теплопередачи через пористые материалы может включать различные механизмы, такие как теплопроводность, тепловая конвекция, тепловое излучение и скрытая теплопередача при фазовых превращениях. Механизмы переноса влаги включают диффузию, конвекцию и образование водяного пара.

В данном разделе описано исследование кинетики сушки путем различных комбинаций параметров вибрации и условий сушки для получения эффективных коэффициентов диффузии влаги на основе экспериментальных данных и корреляций. Необходимо проанализировать «универсальность» B , полученная из различных комбинаций A и F , и ее влияние на $D_{эфф.}$. Также необходимо получить удельное потребление энергии для различных условий эксплуатации, для определения оптимальных энергетических характеристик.

Содержание воды (жидкой и парообразной) может быть связано с содержанием влаги в материале (общее содержание влаги в твердом веществе) в сухом состоянии в соответствии со следующим уравнением:

$$X = \frac{C_{п} + C_{ж}}{\rho_s} \quad (1)$$

где X - содержание влаги; ρ_s - твердая удельная масса, $C_{п}$ - концентрация пара; $C_{ж}$ - концентрация жидкости.

Таким образом, предполагая постоянные твердые свойства, диффузионная модель может быть переписана так:

$$\frac{\partial X(r,t)}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 D_{\text{эфф.}} \frac{\partial X(r,t)}{\partial r} \right] \quad (2)$$

Поскольку диффузия пара и жидкости принципиально различны, а содержание воды в обеих фазах представлено общим содержанием влаги, эффективный параметр ($D_{\text{эфф.}}$) определяется для учета обычного переноса влаги в обеих фазах. Кроме того, в процессе сушки молекулы воды могут взаимодействовать со стенками пор частиц при испарении, что характеризует потение или поверхностную диффузию. Следовательно, удобно определить новый эффективный параметр, который охватывает все диффузионные механизмы, возникающие при сушке пористого твердого вещества. Оцениваемый параметр эффективного массопереноса - это общая эффективная диффузионная способность, которая получается из среднего гармонического значения всех диффузионных механизмов:

$$\frac{1}{D_{\text{эфф.,G}}} = \frac{1}{D_{\text{эфф.,k}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.,п}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.,ж}}} + \frac{1}{D_{\text{эфф.,пв}}} \quad (3)$$

где $D_{\text{эфф.,k}}$ - эффективная диффузия Кнудсена; $D_{\text{эфф.,п}}$ - эффективная диффузия пара; $D_{\text{эфф.,ж}}$ - эффективная диффузия жидкости; $D_{\text{эфф.,пв}}$ - эффективная диффузионная способность поверхности.

Уравнение (2) подчиняется следующим начальным условиям (для $t=0$ и $0 \leq r \leq R$):

$$\text{С. I : } X(r, 0) = X_0 \quad (4)$$

Наиболее распространенное граничное условие применяется к уравнению (8), предполагает симметрию в профиле концентрации влаги в центре частицы, т.е. (для $t>0$ и $r=0$):

$$\text{С. С. 1 : } \left. \frac{\partial X(r,t)}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (5)$$

Первоначально предполагая, что сопротивление внешнему массообмену пренебрежительно мало ($\text{Био} \rightarrow \infty$) и равновесное содержание влаги устанавливается на поверхности частицы, принимается условие первого типа или Дирихле (для $t>0$ и $r=R$):

$$\text{С. С. 2 (a) : } X(r, t)|_{r=R} = X_{\text{равн.}} \quad (6)$$

где R - радиус частицы; $X_{\text{равн.}}$ - динамическое равновесное содержание влаги.

Аналитическое решение уравнения (2) может быть получено при условии равномерного начального содержания влаги, постоянной эффективной диффузии влаги и незначительной усадки частиц, определяется по уравнению, известному как «модель Кранка»:

$$\text{KB} = \frac{X(r,t) - X_{\text{равн.}}}{X_0 - X_{\text{равн.}}} = \frac{2R}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n \cdot r} \sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right) \exp \cdot \left[- \left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 D_{\text{эфф.}} \right] \quad (7)$$

где KB - коэффициент влажность; X_0 - начальная влажность; n - количество условий суммы.

Среднее содержание влаги в частице как функция времени получается из:

$$X(t) = \frac{3}{R^3} \int_0^R X(r, t) r^2 dr \quad (8)$$

Представляя уравнение (7) в формулу (8), безразмерное среднее содержание влаги в частицах получается как функция времени:

$$KB = \frac{X(t) - X_{равн.}}{X_0 - X_{равн.}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n}\right)^2 \exp \cdot \left[- \left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 D_{эфф.} \right] \quad (9)$$

Уравнение (9) классически используется в литературе для описания изменения среднего содержания влаги как функции времени сушки.

Если на поверхности частицы предполагается внешнее сопротивление массообмену (Био \rightarrow 0), для решения уравнения используется третий тип или граничное условие Робина (для $t > 0$ и $r = R$) (8):

$$C. C. 2 (b): -D_{эфф.} \frac{\partial X(r, t)}{\partial r} \Big|_{r=R} = \beta_{эфф.} [X(r, t) - X_{равн.}] \quad (10)$$

где $\beta_{эфф.}$ - эффективный параметр массопереноса.

В формуле (10) $\beta_{эфф.}$ - эффективный коэффициент массообмена, основанный на предположении, что скорость потери влаги прямо пропорциональна избыточной влажности, он выше равновесной влажности. Исходя из начальных и граничных условий (С.С.1 и С.С.2 (b)), решение диффузионной модели в терминах числа Био:

$$KB = \frac{X(t) - X_{равн.}}{X_0 - X_{равн.}} = 6 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Bio^2}{\lambda_n^2 (\lambda_n^2 + Bio(Bio - 1))} \exp \left(-\lambda_n^2 \frac{D_{эфф.}}{R^2} \right) \quad (11)$$

где λ_n - корни трансцендентного уравнения.

Решение уравнения (11) требует оценки двух параметров (Био и $D_{эфф.}$). Собственные значения (λ_n) получаются из трансцендентного уравнения:

$$\lambda_n \text{ctg}(\lambda_n) + Bio - 1 = 0 \quad (12)$$

Была предложена модель с новым набором параметров ($D_{эфф.}$ и φ), применимых к операциям быстрой сушки (как в вибрационной сушилке с ИК-нагревом), приняв граничные условия в виде

$$C. C. 2 (c): X(r, t) \Big|_{r=R} = (X_0 - X_{равн.}) \exp(-\varphi t) + X_{равн.} \quad (13)$$

В этом граничном условии φ является константой высыхания поверхности, определяющая скорость приближения поверхностной влажности к равновесному значению. Аналитическое решение диффузионной модели для конвективных граничных условий представлено в уравнениях (5) и (13):

$$KB = \frac{X(t) - X_{равн.}}{X_0 - X_{равн.}} = \exp(-\varphi t) \left\{ 1 + \frac{6\varphi R^2}{D_{эфф.}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 \pi^2} \cdot \left[\frac{1 - \exp(\varphi - n^2 \pi^2 D_{эфф.})}{R^2} \right] \right\} \quad (14)$$

Ожидается, что это двухпараметрическое решение улучшит подгонку, поскольку оно имеет две степени свободы. Насколько известно нам, это граничное условие не применялось к сушке пористых частиц в вибрационной сушилке с ИК-нагревом. В этой работе эффективный коэффициент диффузии

влаги оценивается как функция температуры осушающего воздуха в соответствии с соотношением Аррениуса:

$$D_{\text{эфф.}} = D_0 \exp\left(\frac{E_a}{R_g T}\right) \quad (15)$$

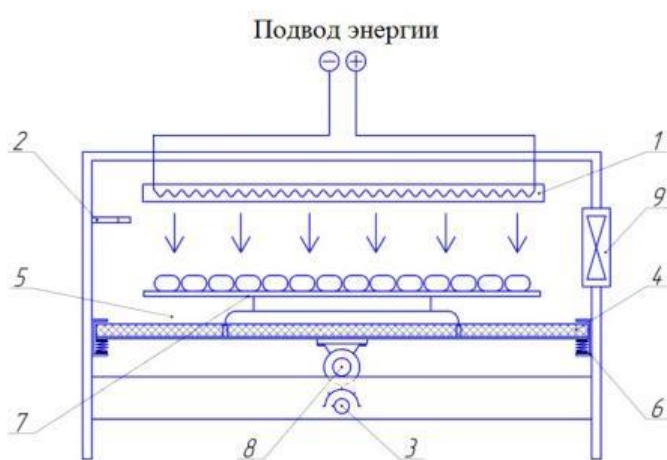
где D_0 - предварительный экспоненциальный фактор; E_a - энергия активации; R_g - универсальная газовая постоянная; T - температура осушающего воздуха.

Экспериментальные данные могут быть сопоставлены с аналитическими решениями трёх вариантов, полученных при единственном начальном и четырёх возможных граничных условий осуществления процесса вибрационной сушки с ИК-нагревом.

В третьей главе диссертации **«Экспериментальные исследования первичной переработки коконов тутового шелкопряда»** представлены результаты исследования процесса первичной обработки коконов тутового шелкопряда.

На основе полученных теоретических результатов разработана экспериментальная инфракрасная вибрационная установка в ТашГТУ имени И.Каримова (рис. 1) для проведения процесса первичной переработки коконов тутового шелкопряда, позволяющая обеспечить оптимальные параметры процесса.

Данная установка позволяет осуществить расчёт технологического процесса предварительной обработки живого шелкопряда с помощью инфракрасных лучей и вибрации; проведение работ, направленных на энергоэффективность установки; управление технологическими процессами энергосберегающей и работающей при низких температурах установки с целью получения высококачественных продуктов. Данным способом выполняются расчёты технологического процесса предварительной переработки живого шелкопряда с инфракрасными лучами, тем самым достигается энергия сбережения и повышения качества продукта.










- 1-ИК нагреватель; 2-термопара;
3-терморегулятор; 4-поддон;
5-весы с цифровым индикатором;
6-подставка; 7-сырье; 8-вибратор;
9-вентилятор.

Рис. 1. Лабораторно-экспериментальная вибрационная ИК-сушильная установка

Таблица 1

Результаты исследования

№	Способ обработки	Фото результатов исследования
1	Обработано с использованием СВЧ облучения в течение 3 мин при мощности 250-300 Вт. Утечка жидкости во время обработки наблюдалась у 20% коконов	
2	Обнаружено, что коконные куколки, обработанные в холодильнике в течение дня при температуре -8 °С, погибли на 100% и высохли при температуре, равной 38-40 °С, в течение 16 суток с конечным содержанием влаги до 10-12%	
3	У живых коконов, обработанных с помощью ИК-лучей при температуре 55-60 °С, в течение 10 суток наблюдался вылет у 15-20% бабочек. Установлено, что при температуре 38-40 °С, в течение 25 суток конечная влажности составляет 10-12%	
4	Через 10 дней у живых коконов, обработанных ИК-излучением при температуре 60-65 °С, образование плесени составляло у 25-30%. Обнаружено, что в процессе высыхания в течение 18 дней при температуре 38-40 °С, конечное содержание влаги составляет до 10-12%.	
5	Обнаружено, что живые коконы, обработанные ИК-лучами, при температуре 65-70 °С, через 15-18 мин погибли на 100% и в течение 14 дней при температуре 38-40 °С. Остаточная влажность составляет 10-12%	
6	У 10-15% коконов качество испортилось в результате выделения жидкости при обработке ИК-лучами в диапазоне температур 75-85 °С. Сушка в течение 12 суток при температуре 38-40 °С позволила достичь конечную влажность 10-12%	
7	Установлено, что за 8-10 мин обработки ИК-лучами при температуре 65-70 °С с сопровождением вибрационных волн куколки погибли на 100% и в течение 7 дней при температуре 38-40 °С конечная влажность снижается до 10-12%	

Проведены экспериментально-исследовательские работы при варьировании как температуры, так и времени с пятикратным повторением. При переработке живых коконов при температуре 50-55 °С через 10 дней в 25-30% наблюдались заплесневения, а у 15-20% вылетали бабочки. В переработанных коконах с живыми куколками при температуре 85-95 °С ухудшилось 10-15% качество. При переработке с температурой 65-70 °С в течение 8-10 минут коконы уморялись на 100% и наблюдалась их качественная сушка.

Анализ эффективности диффузионной модели. Экспериментальные данные и прогнозы, полученные тремя различными аналитическими решениями (уравнения 9, 11 и 14), можно сравнить на рис. 2, 3 и 4, а также соответствующими распределениями ошибок для каждого проверенного уравнения. Уравнение (16) использовано для оценки погрешности между предсказанными и наблюдаемыми данными в конкретной точке «*k*», а распределение погрешности согласовано с полиномиальным уравнением в 5

градусов. Дисперсия между экспериментальными и наблюдаемыми данными будет обсуждаться для $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$. Результаты для других условий были очень похожи, поэтому здесь не рассматриваются. Аналитические решения, задаваемые бесконечными рядами, решались с помощью вычислительной процедуры (MatLab), а параметры моделей оценивались одновременно на основе критерия наименьших квадратов.

$$\text{Error}_k = \chi_k^{\text{exp}} - \chi_k^{\text{obs}} \quad (16)$$

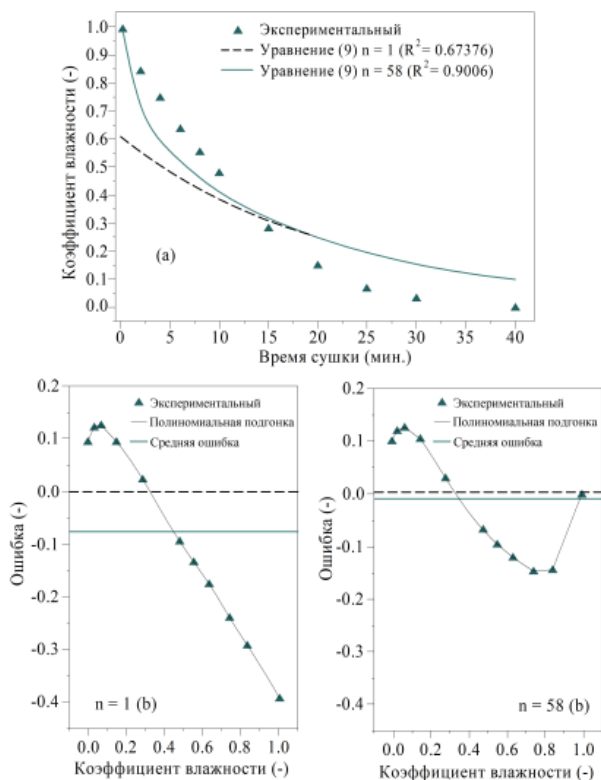


Рис. 2. Прогнозируемые и наблюдаемые данные КВ (а) и распределение ошибок (b) уравнения (9) для $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$. Средняя ошибка: $-0,0776$ ($n=1$) и $-0,0085$ ($n=58$); 5-градусная полиномиальная подгонка: $R^2=0,9998$ ($n=1$) и $0,9979$ ($n=58$)

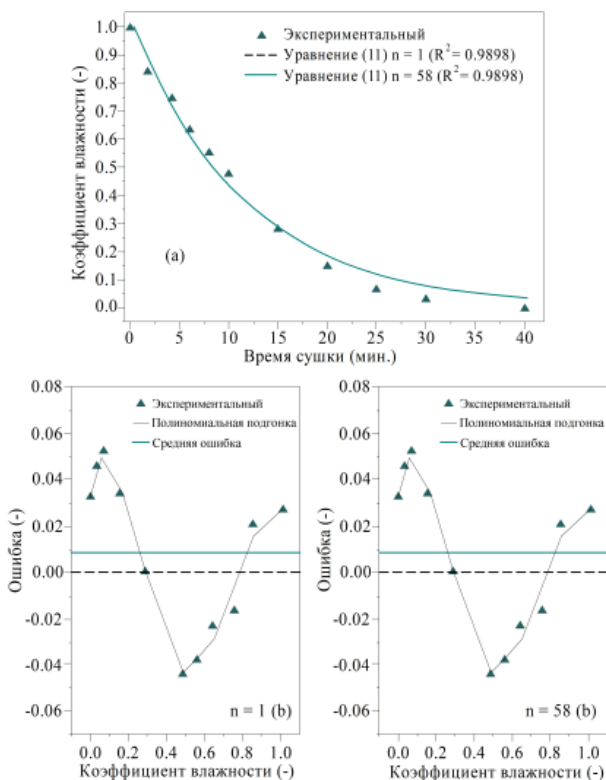


Рис. 3. Прогнозируемые и наблюдаемые данные КВ (а) и распределения ошибок (b) уравнения (11) для $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$. Средняя ошибка: $0,0086$ ($n=1$) и $0,0085$ ($n=58$); Полиномиальная подгонка 5 градусов: $R^2=0,9630$ ($n=1$) и $0,9629$ ($n=58$)

Проверка на рис.2 показывает значительное отклонение данных, предсказанных уравнением (9) (пунктирная линия) не только в начале сушки ($t=0$), на что указывали другие авторы, получившие аналогичные результаты, но и в следующих семи точках. После этих точек предсказанные кривые совпадают. Ясно, что решая ряды с $n=58$ слагаемыми, чтобы уменьшить погрешность расчета до 1%, как предположили Ефремов и Кудра, сплошная линия пересекает ординату, близкую к максимальному значению отношения влаги (КВ \approx 1,0). Содержание влаги прогнозируется по формуле (9) при $t=0$, с другой стороны, равно 0,61, что в корне неверно для безразмерной переменной, такой как содержание влаги. Решение диффузионной модели с $n=1$ предсказывает низкое безразмерное содержание влаги при $t=0$, значение, которое было найдено

экспериментально после 7-минутной сушки. Левая сторона уравнения (9) должна быть равна правой части, чтобы минимизировать отклонения при $t=0$. Однако это предположение в действительности не выполняется, поскольку (b/π^2) не равно 1. Это предположение будет выполнено только для очень тонкого материала и длительное время сушки, означающее, что число Фурье должно быть очень высоким. В этом случае первая гармоническая составляющая ($n=1$) в сумме уравнения (9) будет вносить меньший вклад в среднее содержание влаги, чем сумма всех других членов.

Таким образом, в уравнении (9) с $n=1$ не рекомендуется корректировать экспериментальные данные для условий, проверенных в этом исследовании, так как динамическое равновесное содержание влаги достигалось после сушки в течение нескольких минут. Преимущество использования аналитического решения с одним членом в ряду состоит в том, что коэффициент диффузии, если он предполагается постоянным, можно легко оценить графическим методом. Из рис. 2 видно, что решение уравнения (9) с $n=1$ приводит к сильному смещению с большой средней ошибкой.

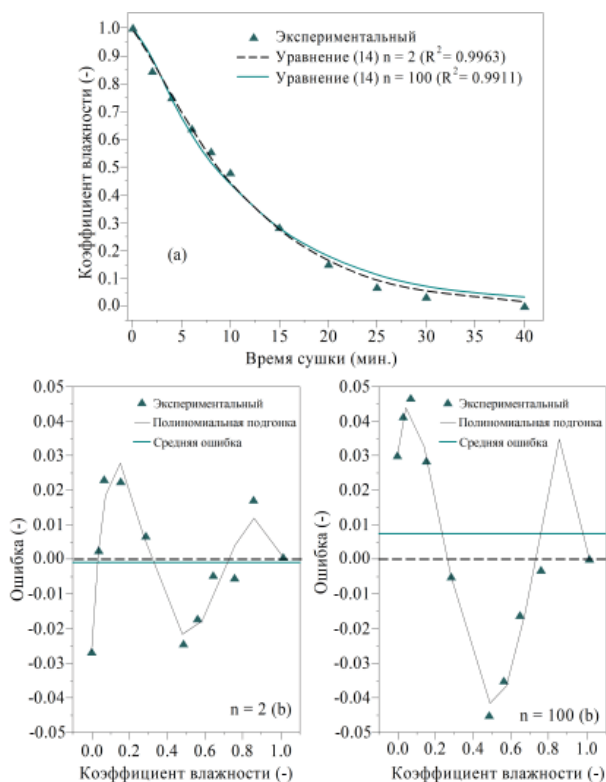


Рис. 4. Прогнозируемые и наблюдаемые данные КВ (а) и распределение ошибок (б) уравнения (14) для $T=70\text{ }^\circ\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$. Средняя ошибка: - 0,0007 ($n=2$) и 0,0058 ($n=100$); полиномиальная подгонка 5 градусов: $R^2=0,8465$ ($n=1$) и 0,9369 ($n=100$)

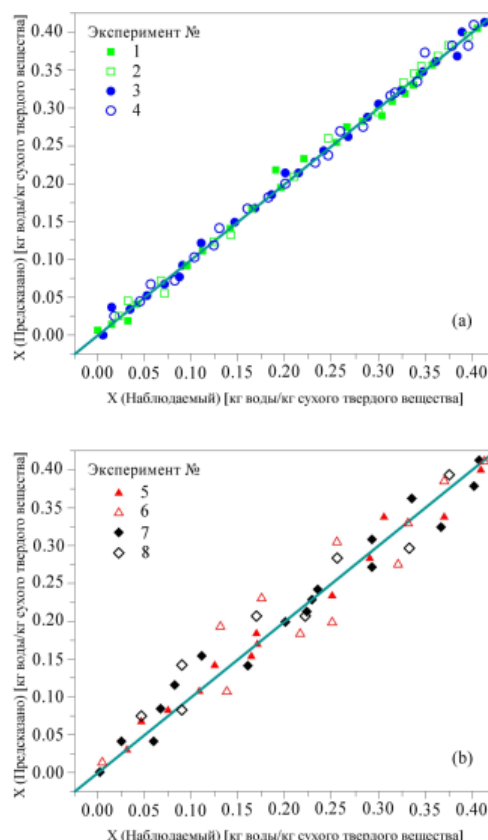


Рис. 5. Прогнозируемые и наблюдаемые данные среднего содержания влаги в экспериментах с вибрацией и ИК нагревом (эксперименты 1, 2, 3, 4) (а) и без вибрации (эксперименты 5, 6, 7, 8) (б)

Сравнение наблюдаемых и прогнозируемых данных на рис.2 показывает, что уравнение (9) недооценивает кинетические данные в начале сушки и переоценивает их в конце. Отклонения могут быть связаны главным образом с предположениями об изотермическом процессе и постоянной эффективной диффузии. Когда постоянная $D_{эфф.}$ предполагается, уравнение (9) соответствует экспериментальным данным путем усреднения этого параметра. Во время сушки $D_{эфф.}$ может зависеть от времени сушки, характеристик материала, условий эксплуатации и содержания влаги. Поскольку коэффициент диффузии должен зависеть от мгновенных значений локального содержания влаги (содержание воды изменяется в пространстве и времени), уравнение является в высокой степени нелинейным и трудным для решения, и в задачу данной работы не входит получение точного аналитического решения этой проблемы.

Как только коэффициент диффузии изменяется в течение всей сушки, точное значение этого параметра будет ниже расчетного среднего значения для глобального эффективного коэффициента диффузии. Другими словами, гипотеза о постоянной диффузии не годится, когда в качестве граничных условий принимаются «равновесная» влажность (6) и незначительное внешнее сопротивление ($Bi_0 \rightarrow \infty$). Аналогичный анализ может быть применен для сушки при 40 °С.

Анализ кинетики сушки. Параметры оцениваются для всех условий эксплуатации по формуле (11). Анализы в режиме сушки слоя ($B=0$) были выполнены с использованием того же оборудования, работающего без механической вибрации. Эффективные диффузии влаги были рассчитаны по формуле (15) с оцененными параметрами D_0 и E_a для различных чисел Bi_0 , связанных с табличными корнями трансцендентного уравнения, представленного Карславом и Йегером для сферической геометрии. «Оптимальное» значение Bi_0 было тем, которое обеспечивало наилучшую подгонку на основе самого высокого значения коэффициента детерминации и самого низкого значения коэффициента вариации. Расчетное значение Bi_0 было равно 0,04. На рис.5 показано хорошее согласие между экспериментальными данными и предсказаниями по формуле (11) для сушки с вибрацией и ИК нагревом.

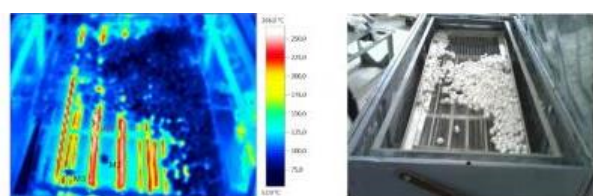
Результаты показывают, что вибрация способствует более эффективной диффузии влаги, особенно для условий $T=70$ °С и скорости газа $u=0,8$ м/с, где этот эффект более выражен. Для этих условий $D_{эфф.}$ почти на 60% выше, чем $D_{эфф.}$, полученный для условий невибрируемого слоя ($B=0$ и $u=0,8$). Интенсивность вибрации может быть особенно полезна для сушки материалов с низкой эффективной диффузией, таких как биомассы.

Что касается эксплуатационных аспектов сушильных установок, параметры вибрации должны быть тщательно выбраны, так как неправильная комбинация A и F может увеличивать энергию, потерянную при её истощении, поэтому уровни A и F должны максимизировать скорость сушки и уменьшить

потребление энергии. По нашим данным, для $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,8\text{ м/с}$, $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$, $D_{\text{эфф}}$ увеличился в четыре раза по сравнению с оценкой для $A=0,003\text{ м}$ и $F=18,20\text{ Гц}$ в аналогичных условиях. Комбинация с $A=0,016\text{ м}$ и $F=8,15\text{ Гц}$ дала самое высокое значение $D_{\text{эфф}}$ среди исследованных условий. Следовательно, эти параметры вибрации обеспечивают более низкую диффузионную стойкость к переносу влаги (для того же характерного размера) при сушке с вибрирующим слоем, что является привлекательным для повышения скорости сушки.

Для обеспечения равномерной температуры в инфракрасной вибрационной сушильной установке и сохранения качества конечного продукта в процессе первичной обработки коконов тутового шелкопряда температурное поле изучалось с помощью тепловизора.

Проведены лабораторные эксперименты и изучены температурные поля в инфракрасной вибрационной сушильной установке в процессе первичной обработки коконов тутового шелкопряда (рис. 6-7).

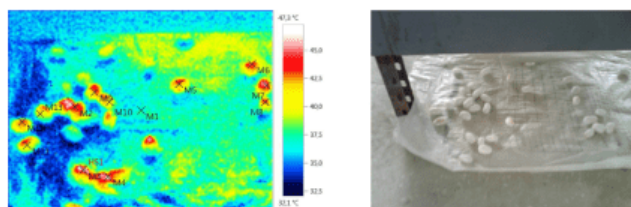
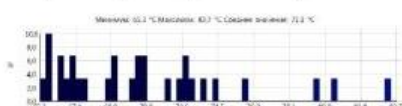


Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0,93
 Отраж. темп. [°C]: 22,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	66,3	0,93	22,0	CenterSpot
Точка измерения 2	73,3	0,93	22,0	-
Точка измерения 3	62,7	0,93	22,0	-
Самая холодная точка 1	52,9	0,93	22,0	-
Самая теплая точка 1	266,0	0,93	22,0	-

Гистограмма:



Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0,93
 Отраж. темп. [°C]: 22,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	36,8	0,93	22,0	CenterSpot
Точка измерения 2	43,3	0,93	22,0	-
Точка измерения 3	46,2	0,93	22,0	-
Точка измерения 4	45,7	0,93	22,0	-
Точка измерения 5	42,4	0,93	22,0	-
Точка измерения 6	44,6	0,93	22,0	-
Точка измерения 7	45,2	0,93	22,0	-
Точка измерения 8	43,1	0,93	22,0	-
Точка измерения 9	42,4	0,93	22,0	-
Точка измерения 10	40,6	0,93	22,0	-
Точка измерения 11	40,2	0,93	22,0	-
Точка измерения 12	43,0	0,93	22,0	-
Точка измерения 13	39,4	0,93	22,0	-
Самая холодная точка 1	32,1	0,93	22,0	-
Самая теплая точка 1	47,3	0,93	22,0	-

Рис. 6. Измерение температуры и гистограмма процесса сушки коконов

Рис. 7. Измерение температуры высушенных коконов

На основе полученных результатов исследования с помощью тепловизора были устранены недостатки инфракрасной вибрационной сушильной установки, связанные с излучателями и течением теплового потока в процессе первичной обработки коконов, также определены оптимальные температуры и обеспечена равномерная обработка коконов тутового шелкопряда.

В экспериментах исследовано влияние ИК-полей на коконы. Внутренняя температура кокона определена путём расчётов, а внешние параметры коконов введены в математическую модель исследований вибрационной ИК-сушки в качестве граничных условий. На рис.8 приведено модельное

представление прогнозируемой внутренней температуры кокона по его модели в сравнении с экспериментальными данными (температура как внутри, так и снаружи исходного кокона).

Численные результаты, рассчитанные по математической модели вибрационной ИК-сушки кокона, хорошо согласуются с экспериментальными данными для исходного кокона. Поэтому модель сушки кокона может быть использована для точного прогнозирования процесса теплопередачи через стенку кокона и численного исследования тепловых свойств стенки кокона.

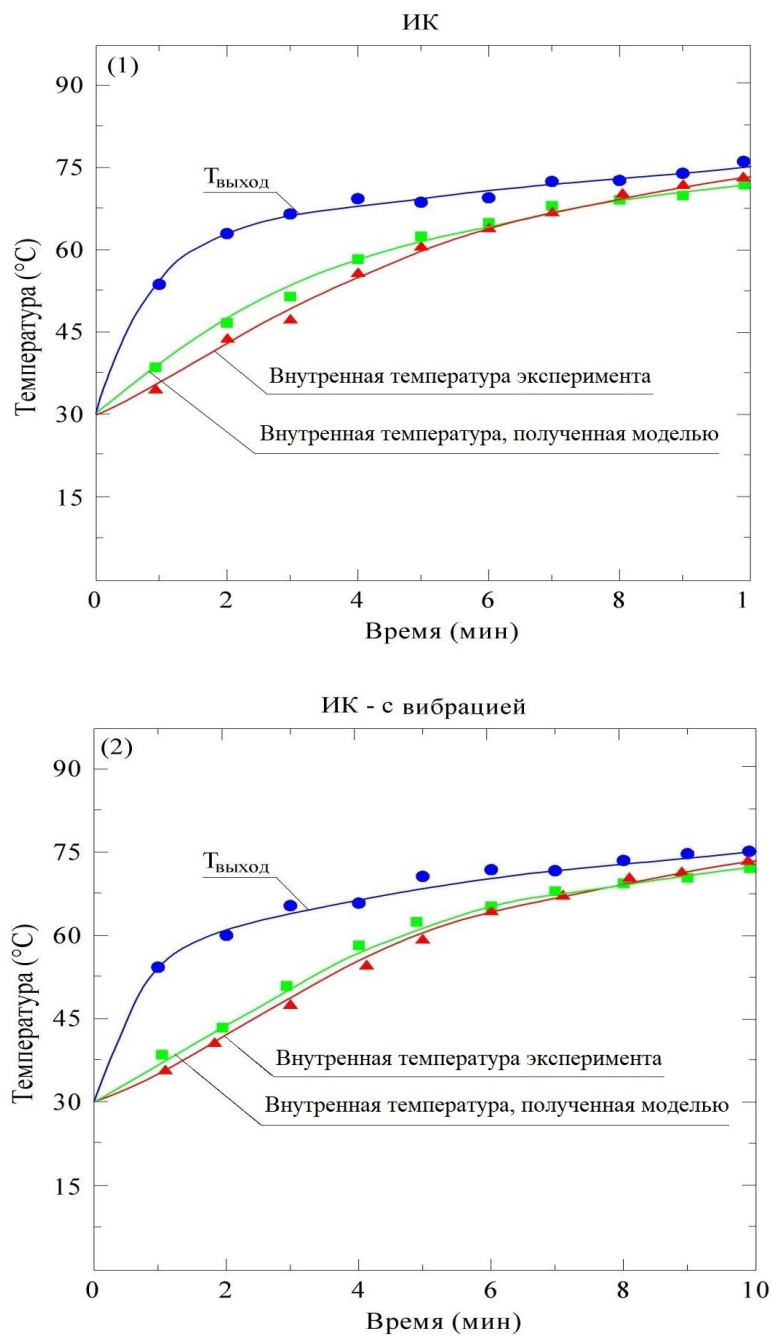


Рис. 8. Сравнение внутренней температуры, полученной математическим моделированием процесса сушки кокона и экспериментальными данными (1) (2)

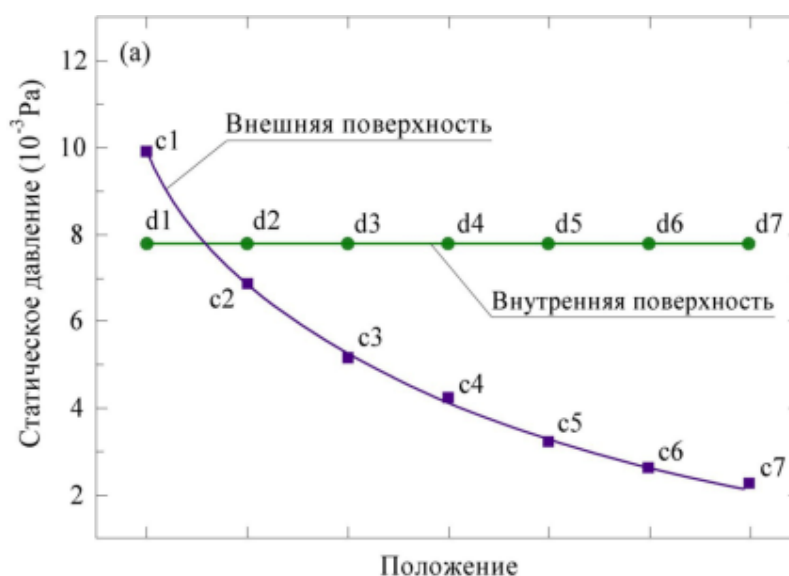


Рис. 9. Сравнение статического давления между внешней и внутренней поверхностями модели стенки кокона

Стенка кокона представляет собой типичную пористую структуру, поэтому тепло может проходить через стенку кокона вдоль ее связанных пор. Объем воздуха, проходящего через стенку кокона, изменяет теплопередачу излучением и проводимостью. Поле микропотока в стенке кокона существует благодаря диффузии, вызванной градиентом давления. На рис. 9 произведено сравнение смоделированного статического давления между внешней и внутренней поверхностями стенок кокона.

Исследования качественного анализа перерабатываемого продукта коконов тутового шелкопряда дурагайного сорта «Ипакчи-1», выращенных весной, проводили в лаборатории научно-исследовательском институте шелководства при Ассоциации «Узбекипаксаноат». Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Непрерывно разматываемая и общая длина нити образцов коконов тутового шелкопряда

Номер образца	Одиночная размотка, среднее значение		Разматываемость коконной оболочки, %
	Непрерывно-разматываемая длина, м	Общая длина, м	
1	617	1417	43
2	837	1271	65
3	275	1329	20
4	612	1283	47
5	858	1350	63
6	692	1275	54
7	933	1025	91

Таблица 3

Выход шелкопродуктов – образцов коконов тутового шелкопряда

Номер образца	Выход продукции, %						Удельный расход
	Шелк-сырец	Коконный сдир	Оболочка донка	Всего шелкопродуктов	Куколка	Растворимые вещества	
1	36,74	7,27	4,73	47,74	50,29	1,97	2,72
2	41,37	3,67	5,21	50,90	47,30	1,80	2,42
3	40,51	5,32	5,10	49,28	48,49	2,23	2,47
4	33,71	6,61	4,45	44,67	53,23	2,10	2,97
5	41,26	4,32	4,17	50,95	47,15	1,90	2,42
6	38,95	5,26	4,74	48,95	49,12	1,93	2,57
7	41,28	3,91	4,15	50,92	50,1	2,0	2,45

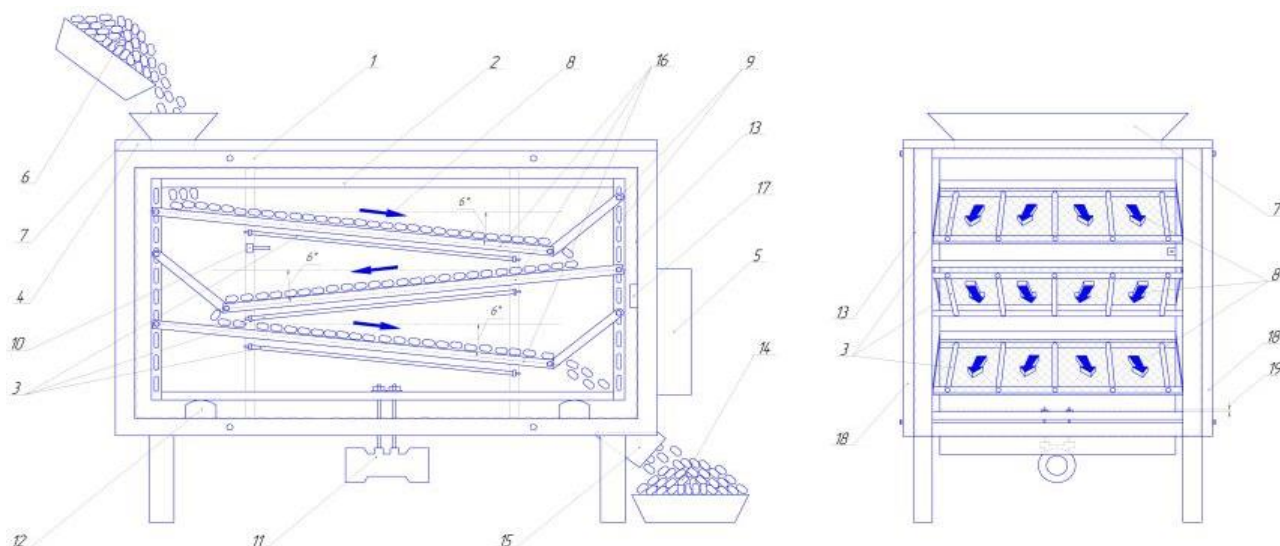
В таблицах 2 и 3 приведены результаты многократных экспериментов. Полученные экспериментальные результаты подтверждают, что при применении вибрации и ИК-излучения (номер образцы 7) ускоряется процесс первичной обработки коконов тутового шелкопряда.

В результате исследований найдены оптимальные температуры 65-70 °С и время в течение 8-10 минут коконы уморались на 100% и наблюдалась их качественная сушка. За счет кратко-временной обработки улучшается конечный продукт, тем самым экономятся затраты энергии.

В четвертой главе диссертации «**Совершенствование вибрационной инфракрасной установки**» приведена конструкция и принцип работы инфракрасной вибрационной сушильной установки для первичной переработки коконов тутового шелкопряда.

Свежий урожай коконов из бункера 6 подают в загрузочный бункер 7, который находится в стационарном корпусе 1, из которого они поступают в вибрационную камеру 2, где имеются наклонные поддоны 16. С помощью регулятора угла наклона поддона 9 можно управлять скоростью конвейерного хода кокона, а с помощью блока управления 5 устанавливаются параметры вибрации и, соответственно управляется температурой процесса. Вибрационный двигатель 11 создает колебания, используя весь ход вибрации 19. Кокон по поддону 16 за счёт вибраций в пространстве 19 перемещаются вниз. Под вибрационную камеру 2 ставится резиновая подушка 12 для амортизации вибрации. Следует отметить, что вибрации в пространстве 19, с преобразователем упругих волн 17 и керамических ИК-нагревателей 3 происходят равномерно, по всей длине пути перемещения коконов от загрузочного бункера 7 до разгрузочного устройства 15. Перед поступлением коконов в наклонные поддоны 16 для переработки включается нагрев посредством керамических ИК-излучателей 3. Для экономии электроэнергии установлен отражатель ИК-лучей 13, установлены также верхнее окно 4, и

боковые щиты 18. Сокращение расхода электроэнергии обеспечивает снижение себестоимости конечного продукта. Управление температурой процесса осуществляется с помощью термопреобразователя 10. Переработанные коконы покидают аппарат через разгрузочное устройство 15.



1-стационарный корпус; 2-вибрационная камера; 3-керамические ИК-нагреватели; 4-верхнее окно; 5-блок управления; 6-бункер накопления живых коконов; 7-загрузочный бункер; 8-направляющие коконов; 9-устройство регулировки угла наклона поддонов; 10-термопреобразователь; 11-вибрационный двигатель; 12-подушка для амортизации вибрации; 13-отражатель ИК-лучей; 14-лоток для обработанных коконов; 15-разгрузочное устройство; 16-наклонные поддоны; 17-генератор упругих волн; 18-боковые щиты; 19-ход для осуществления вибраций.

Рис. 10. Установка для первичной обработки коконов тутового шелкопряда

Элементы сушильной установки, имеющие контакт с сырьем, должны изготавливаться из сеточных материалов, разрешенных нормативами. Технические параметры сушильной установки приведены на рисунке 10.

Для данной установки разработаны технические условия (Ts-26985714-01:2019) и технические задания (ТЗ-26985714-03-2019) для серийного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложены балансовые уравнения, энергии и массы, описывающие процессы переноса тепла и влаги в стенках кокона тутового шелкопряда, смоделированы тепло- и влагоперенос и их взаимодействие в пористой стенке кокона тутового шелкопряда, где учтена базовая структура стенки кокона, реализована модель с учётом исходных предположений о процессе.

2. Исследована кинетика сушки при варьируемых параметрах вибрации и условий сушки, получены эффективные коэффициенты диффузии влаги. Проанализированы «универсальность» B , полученная из различных

комбинаций A и F и ее влияние на $D_{эфф.}$, удельное потребление энергии для различных условий эксплуатации, найдены оптимальные энергетические характеристики.

3. Использованием вибрации интенсифицирован процесс ИК-сушки. При этом амплитуда колебаний составляла $A=0,016 м$, частота $F=8,15 Гц$ усилен $D_{эфф.}$.

4. Имеющиеся эмпирические уравнения для оценки $D_{эфф.}$, основанные только на параметре B , не адекватны, т.к. для одного и того же значения B получены разные значения $D_{эфф.}$. Это позволяет анализировать кинетику сушки в вибрационной ИК-установке при варьируемых значениях A и F , и определить оптимальные рабочие условия.

5. Найдено, что куколки коконов, при обработке в вибрационной ИК-сушилке при температуре 65-70 °С, погибают в течении 8-10 мин на 100% и в течении 7 дней при температуре 38-40 °С высыхают с конечным содержанием влаги до 10-12%. Применение вибрации с инфракрасным нагревом экономит электроэнергию в 10 раз меньше, чем действующие технологии и установки.

6. Разработаны и утверждены техническое условие (Ts-26985714-01:2019) для эксплуатации и технические задания (ТЗ-26985714-03-2019) для серийного производства усовершенствованной вибрационной инфракрасной установки по первичной обработке коконов тутового шелкопряда.

7. Разработки и рекомендации диссертации по первичной переработке коконов внедрены в Ассоциации «Узбекипаксаноат» (справка Ассоциации «Узбекипаксаноат» от 29 июня 2020 года №1-1/1258). В результате применения процесса сушки в вибрационной ИК сушильной установке производительность повысилась в 1,22 раза; в среднем за год общая экономическая эффективность составила 150 030 400 сумов.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

SAMANDAROV DOSTON ISHMUKHAMMAT ugli

**IMPROVING THE VIBRATIONAL INFRARED EQUIPMENT FOR THE
PRIMARY PROCESSING OF SILKWORM COCOONS**

**02.00.16 - Processes and apparatuses of chemical technologies and food production
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2021

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2020.4.PhD/T1539

The dissertation was carried out at the Tashkent State Technical University.

The thesis abstract in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is placed on the web page of the academic council at (www.tdtu.uz) and information-educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:

Safarov Jasur Esirgapovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Isabaev Ismoil Babajanovich
doctor of technical sciences, professor

Choriev Abdusattor Juraevich
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization:

Fergana polytechnic institute

The defense of the dissertation will take place «17» July 2021 at 11⁰⁰ the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address:100011, Tashkent, Shaykhontohur region, A.Navoi St., 32. phone.: (99871 244-79-21, fax: +99871 244-79-17, email: tkti_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource of the Tashkent Chemical Technological Institute under №17 (Address: Navoi str., 32, Tashkent, 100011, Administrative Building of the Tashkent Chemical Technological Institute, Tel.: +998-71-244-79-20).

The dissertation author's abstract was sent out on «05» July 2021.
(mailing protocol №22 of «05» July 2021.



S.M.Turobjonov
Chairman of scientific council for
awarding of scientific degree,
doctor of technical sciences, Professor

X.I.Qodirov
Scientific secretary of scientific council
awarding of scientific degree,
doctor of chemical sciences, docent

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

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to improve the vibrating infrared unit for primary processing of mulberry silkworm cocoons.

The object of the research work the object is a silkworm cocoon (*Bombyx mori*).

The scientific novelty of the study is as follows:

qualitative indicators of dried mulberry silkworm cocoons and its thermal conductive properties have been determined;

the mathematical model of the heat and moisture transfer processes in the walls of the mulberry silkworm cocoon, taking into account the influence of thermal conditions when choosing the optimal parameters of the dehydration process has been developed;

Energy and mass conservation equations describing the heat and moisture transfer processes in the walls of the mulberry silkworm cocoon have been developed

the effective moisture distribution coefficient and drying kinetics for the parameters of vibration in the process of combined drying were determined;

the vibrating infrared unit for primary processing of mulberry silkworm cocoons at low temperature regimes was improved.

Implementation of the research results. On the basis of the obtained scientific results on the improvement of the unit for primary processing of mulberry silkworm cocoons:

The improved vibrating infrared unit operating at low temperatures was put into practice in O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA LLC (certificate of the Association "Uzbekipaksanoat" dated June 29, 2020, №1-1/1258). As a result, energy savings of up to 10 times less than the existing plant was achieved, and the production of high quality cocoons up to 95-100%;

The technology for primary processing of mulberry silkworm cocoons was put into practice in LLC "O'RTACHIRCHIQ AGRO-PILLA" (reference of "Uzbekipaksanoat" Association, June 29, 2020, №1-1/1258). As a result, an increase in cocoon processing volume by 1.22 times and a decrease in raw material losses by 8% were achieved.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation work consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of the used literature and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages, includes 37 figures and 28 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Samandarov D.I. Method for primary processing of here silkworm cocoons by using infrared radiation and elastic waves. // Technical science and innovation. – Tashkent, Vol.2019: Iss.1. P.30-35. (www.uzjournals.edu.uz).
2. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Самандаров Д.И. Способ переработки живых коконов. // Развитие науки и технологий. – Бухоро, 2019. №4. С.144-149. (02.00.00; №14).
3. Сафаров Ж.Э., Самандаров Д.И. Исследование процесса переработки живых коконов тутового шелкопряда. // Universum: технические науки. –Москва, 2019. №7(64). С.21-23. (02.00.00; №1).
4. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Samandarov D.I. Results experimental study of the carring and drying process of the cocoons silkworm (*Bombyx mori*). // Chemical technology. Control and manajement. №2(86), 2019. P.28-33. (02.00.00; №10).
5. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Эргашева З.К., Самандаров Д.И. Исследование метода первичной переработки коконов тутового шелкопряда. // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2019. №2. С.152-156. (02.00.00; №11).
6. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Самандаров Д.И. Исследование вибрационного числа на основе эффективной диффузии влаги и ее влияния на удельное энергопотребление. // Universum: Технические науки. Выпуск: 3(72). Март 2020. Москва 2020. С.26-29. (02.00.00; №1).

II бўлим (II часть; II part)

7. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Ait-Kaddour A., Samandarov D.I., Jumayev B.M. Optimal option drying silkworm cocoons with preserving qualitative indicators. // International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 29, No. 9s, 2020, P.2099-2104. (3. Scopus, IF-0.2; 17. Open academic journals index; 41. SCImago).
8. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Ait-Kaddour A., Samandarov D.I., Saydullayev A.B. Research of the temperature field of the primary processing of silkworm cocoons. // International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 29, No. 9s, 2020, P.2094-2098. (3. Scopus, IF-0.2; 17. Open academic journals index; 41. SCImago).
9. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Самандаров Д.И. Программное обеспечение математической модели предварительной переработки живого шелкопряда. DGU 06931 от 23.09.2019 г.
10. Самандаров Д.И., Сафаров Ж.Э. Анализ современных методов и средств сушки: преимущества и недостатки. Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники. // Сборник докладов республиканской научно - технической конференции. – Ташкент, ТашГТУ, 2017. С.228-229.
11. Самандаров Д.И., Сафаров Ж.Э. Оптимальное расположение инфракрасного излучения в сушильной установке. Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники. // Сборник докладов республиканской научно - технической конференции. – Ташкент, ТашГТУ, 2017. С.247-248.
12. Самандаров Д.И., Сафаров Ж.Э. Анализ первичной переработки коконов тутового шелкопряда. // Сборник докладов Республиканской научной-

технической конференции. «Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники», Ташкент 2018, с. 193-194.

13. Самандаров Д.И., Сафаров Ж.Э. Исследование нелинейного уравнения тепломассообмена в природных средах при инфракрасном нагреве. // Сборник докладов Республиканской научной-технической конференции. «Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники», Ташкент 2018, с. 206-207.

14. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Samandarov D.I., Erkinov D.D. Method for creation of elastic waves using vibrator. International scientific conference UNITECH-2019. –Gabrovo, 2019. Vol.II. p.153-155.

15. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Самандаров Д.И. Сушка коконов тутового шелкопряда с помощью инфракрасного излучения. Международная научная конференция «Инновация-2019». Ташкент, 2019. С.337-339.

16. Самандаров Д.И. Исследование воздействия упругих волн при первичной переработке коконов тутового шелкопряда. // Международный научно и научно-технической конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе». Ташкент, 2020. С.273-275.

17. Самандаров Д.И. Перенос тепла и влаги в стенке кокона тутового шелкопряда. // Международный научно и научно-технической конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе» Ташкент, 2020. С.590-592.

18. Самандаров Д.И., Зулпанов Ш.У., Сайдуллаев А.Б., Сафаров Ж.Э. Улучшение процесса сушки с помощью вибрационных устройств. // Международной научно-практической конференции «Инновационные пути решения актуальных проблем развития пищевой и нефтегазохимической промышленности». Бухара, 2020. Том-1, С.62-65.

19. Сафаров Ж.Э., Самандаров Д.И. Математические описания явлений и процессов в элементах кокона // Международная научно-практическая конференция по теме: “Современные проблемы инновационного развития науки, образования и производства”. Андижан, 2020. Том-2, С.383-288.

20. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Самандаров Д.И. Исследования процесса первичной обработки коконов тутового шелкопряда // IX Международная научно-практическая конференция ученых, аспирантов и студентов. Киев, 2020. С.215-217.

21. Зулпонов Ш.У., Самандаров Д.И., Сафаров Ж.Э. Исследование микроструктурных характеристик и прочности на растяжение коконов шелкопряда с помощью РКТ. X Международная научно-практическая конференция «Научные достижения в решении актуальных проблем производства и переработки сырья, стандартизации и безопасности продовольствия». Киев, 2021. С.298-299.

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

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 20/21.

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