

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

САФАРОВ ЭЛЁРБЕК ХАСАНОВИЧ

**КУНГАБОҚАР ДОНЛАРИНИ ҚУРИТИШ УЧУН
КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР АППАРАТ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Сафаров Элёрбек Хасанович

Кунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш.....3

Сафаров Элёрбек Хасанович

Разработка комбинированного энергосберегающего аппарата для сушки семян подсолнечника.....21

Safarov Elyorbek Xasanovich

Development of combined energy-saving apparatus for drying sunflower seeds.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

САФАРОВ ЭЛЁРБЕК ХАСАНОВИЧ

**КУНГАБОҚАР ДОНЛАРИНИ ҚУРИТИШ УЧУН
КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР АППАРАТ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.3.PhD/Т1582 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ҳамда «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Нурмухаммедов Ҳабибулло Саъдуллаевич техника фанлари доктори, профессор Ташбаев Назим Тулаевич техника фанлари номзоди, доцент
Етакчи ташкилот:	Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «04» 02 соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (299 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 207-14-70).

Диссертация автореферати 2023 йил «18» 01 кун тарқатилди.
(2022 йил «14» 12 даги 1 рақамли реестр баённомаси).




Н.Р.Юсупбеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, академик


У.Ф.Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., доцент


Ш.М. Гулямов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сўнги вақтларда қишлоқ хўжалигида йиғиштириб олинган ўсимликларнинг дон ва уруғларини, жумладан, кунгабоқар донларини сифатли қуритиш учун самарадорлиги юқори ва энергия тежамкор комбинациялашган аппаратларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Қуритгичларнинг хос афзалликларини ўзида жамлаган, хавфсизлиги юқори, қуритилаётган дон ва уруғлар сифатига салбий таъсир қилмайдиган, энергия тежамкор, ихчам, стационар ва кўчма ҳолатдаги қуритиш аппаратларини яратиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Ривожланган мамлакатларда бу борада маълум натижаларга эришилган бўлиб, уларда асосан қуритиш жараёнини моделлаштириш, қуритиш аппаратларининг бошқариш ва назорат қилиш имкониятларини кенгайтириш, техник кўрсаткичларини яхшилаш, қуритгичларнинг материал сарфини камайтириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда дон ва уруғларни, хусусан кунгабоқар донларини тез ва сифатли қуритиш билан боғлиқ бўлган муаммоларни бартараф этишда қуритиш аппаратларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва қуритиш технологияларини такомиллаштириш бўйича кўплаб илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу тадқиқотларда қуритилаётган маҳсулотлар хусусиятларини чуқур ўрганган ҳолда мос қуритиш режимларини танлаш, жараённи тўғри назорат қилиш ва бошқариш, қуритиш жадаллигини ошириш мақсадида комбинациялашган қуритиш усулидан фойдаланиш, қуритишнинг энергия самарадор усул ва конструкцияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади. Қишлоқ хўжалигида етиштирилган дон ва уруғларни ўз вақтида қуритиш уларнинг қайта ишлашдаги йўқотишларини камайтиради. Шу сабабдан, дон ва уруғлар таркибидаги моддаларни юқори даражада сақлаган ҳолда тез ва сифатли қурита оладиган, содда конструкцияга эга, хавфсиз, стационар ва кўчма ихчам қуритиш аппаратларини яратиш ва амалиётга жорий қилиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикада етиштирилаётган кунгабоқар донларини сифатли қуритиш ва қуритиш харажатларини камайтиришни таъминлайдиган замонавий, юқори самарадорликка эга, энергия тежамкор қурилма ва технологияларни амалиётга жорий қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан, “... илм-фан ва инновацияга асосланган агрохизматлар кўрсатиш тизимини такомиллаштириш, агросаноат корхоналарини хомашё билан таъминлаш ва ишлаб чиқариш ҳажмини 1,5 баравар ошириш”¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни бажаришда, жумладан, ихчам, кўчма, энергия тежамкор, фойдаланишга қулай ва таннархи арзон бўлган қуритиш қурилмаларидан фойдаланган ҳолда

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги Фармони

кунгабоқар донларини сифатли қуритиш ҳисобига, ундан олинадиган мой ва бошқа маҳсулотлар миқдорини орттириш ва таннархини арзонлаштириш долзарб масалалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2016 йил 23 декабрдаги ПҚ-2694-сон “2016-2020 йиллар даврида қишлоқ хўжалигини янада ислоҳ қилиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2017 йил 7 июлдаги ПҚ-3117-сон “Қишлоқ хўжалигида машинасозлик соҳаси илмий-техник базасини янада ривожлантириш чора тадбирлари тўғрисида”ги, 2018 йил 29 майдаги ПҚ-3751-сон “Қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ишлаб чиқарувчиларга механизация ва сервис хизматларини кўрсатиш самарадорлигини ошириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида” ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятларга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазибаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» ҳамда VII. «Кимё технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Йиғиштириб олинган қишлоқ хўжалиги дон маҳсулотларини сифатли қайта ишлаш техника ва технологияларини ишлаб чиқиш бўйича сўнгги йилларда олиб борилган тадқиқотларга тааллуқли илмий-техник адабиётлар таҳлили мазкур соҳада аҳамиятга эга назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан далолат беради. Қишлоқ хўжалиги дон маҳсулотлари қуритиш қурилмаларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқишга бағишланган кўплаб ишлар нашр этилган, қуритиш технологиялари ишлаб чиқилган, ҳал этилган амалий масалалар кўлами ортиб бормоқда. Уруғ ва дон маҳсулотларини қуритиш ва қайта ишлаш технологияси билан таъминланишига оид масалаларни ечишга хорижлик олимлардан А.Н. Ченин², И.Г. Лысых³, А.В. Лыков⁴, В.В. Кафаров⁵, П.Д. Лебедев⁶, А.С. Гинзбург⁷ ва бошқалар, мамлакатимиз олимларидан Н.Р. Юсупбеков⁸, Ҳ.С.Нурмухаммедов⁹, Дж.Н. Мухитдинов¹⁰, Дж.П. Мухитдинов¹¹ ва бошқалар ўзларининг ҳиссаларини қўшишган.

² А.Н. Ченин. Повышение эффективности сушки зерна в барабанной гелиосушилке. Диссертация. Брянская область – 2017.

³ И.Г. Лысых. Технология и технические средства для поточной гравитационной сушки семян подсолнечника. Диссертация. М.:2004

⁴ А.В. Лыков. Теория сушки. – М., «Энергия», 1968. – 472 ст.

⁵ В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 ст.

⁶ П.Д. Лебедев. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1972. – 320 ст.

⁷ А.С. Гинзбург, В.А. Резчиков. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М., «Пищевая промышленность», 1966. – 196 ст.

⁸ Н.Р. Юсупбеков и др. Моделирование химико-технологических комплексов. 10-я международная конференция по теории и применению мягких вычислений, вычисление со словами и восприятием – ICSCCW-2019. –Прага: Springer, 2019. –PP.588-595.

⁹ Юсупбеков Н.Р, Нурмухаммедов Ҳ.С, Зокиров С.Г, Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. –Т.: «Фан ва технология», 2015, 848б.

¹⁰ Дж.Н. Мухитдинов, Б. Х. Юнусов, С. И. Якубов, Исследование температурных полей вихревой камеры сушилки для дисперсных материалов. «Химическая промышленность сегодня», 2003 й, Москва, № 12.

¹¹ Н.Р. Юсупбеков, Дж.П. Мухитдинов, Технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш асослари. –Т.: «Саностандарт», 2019. 480 б.

Улар томонидан дон қуритиш қурилмаларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш, уларнинг параметрларини ўрганиш ва асослаш, қуритиш самарадорлигини ошириш, қуритиш учун истиқболли технология ва техник воситаларни ишлаб чиқаришни ривожлантириш, қуритиш жараёнларини оптималлаштириш, моделлаштириш, қуритиш жараёнида иссиқлик ва масса алмашилишини жадаллаштириш муаммоларини ечишга бағишланган ишланмалар бўйича эришилган натижалар ишлаб чиқаришга жорий этилган. Ушбу муаммони ҳал қилишда сезиларли ютуқларга эришилганига қарамай, дон ва уруғларнинг алоҳида турлари учун мўлжалланган комбинациялашган қуритиш қурилмалари ва технологияларини ишлаб чиқишга етарли эътибор берилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий тадқиқот ишлари режаларининг ОТ-ФТ-88- “Тоза маҳсулотлар олиш мураккаб кимёвий ва технологик тизимларининг истиқболли энергия ва ресурсларини тежовчи иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг амалий асосларини такомиллаштириш” (2017-2020) мавзусидаги илмий-тадқиқот лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кунгабоқар донларини қуритиш аппарати конструкцияси ва технологик жараёни такомиллаштириш орқали қуритиш жараёнининг самарадорлигини ошириш ва энергия истеъмолини камайтириш, барабан типидagi дон қуритгич параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

дон қуритиш қурилмалари ва технологияларини таҳлил қилиш ва кунгабоқар уруғларини қуритиш учун энг мос бўлган қурилмани такомиллаштириш;

таҳлил натижаси асосида такомиллашган қуритиш аппаратини ишлаб чиқиш ва аппаратни ясаш;

ишлаб чиқилган барабан типидagi қуритгичда кунгабоқар уруғларини қуритишнинг кинетик қонуниятларини аниқлаш;

ишлаб чиқилган қуритгичнинг жараён иш параметрларини қуритилаётган материалдан намликни олиб ташлаш миқдорига таъсирини акс эттирувчи математик моделини ишлаб чиқиш;

физик моделда табиий шароитдаги тажрибаларни ўтказиш ва тажриба натижаларини қайта ишлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ишлаб чиқилган қуритиш аппаратидаги кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёни олинган.

Тадқиқотнинг предмети кунгабоқар уруғларини қуритиш учун ишлаб чиқилган аппарат ва қуритиш жараёнини жадаллаштиришни ҳамда энергия тежамкорликни таъминловчи технологик параметрлардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида аналитик ва эмпирик моделлаштириш, тажриба ўтказиш ва олинган натижаларни қайта ишлаш усуллари, иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг асосий қонунлари,

кимё ва озиқ-овқат технологиясининг назарий асослари қўлланилган, лаборатория шароитида замонавий ўлчаш асбобларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кунгабоқар уруғларини қуритиш учун қуёш иссиқлик энергиясидан қўшимча фойдаланиш ҳисобига қуритиш самарадорлигини ошириш ва электр энергия истеъмолини камайтириш имконини берадиган барабан типигаги комбинациялашган аппарат конструкцияси ишлаб чиқилган;

тажрибани режалаштириш усули асосида ишлаб чиқилган қуритгичда кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёни учун аниқ тажриба қийматларини олиш имконини берадиган тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш услуги ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган қуритгичда кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнида тажрибани иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш усули асосида намсизлантиришни башорат қилиш имконини берадиган эмпирик математик моделлар ишлаб чиқилган;

кунгабоқар уруғларини қуритишда тажрибани чизикли регрессион таҳлил қилиш асосида коллектордаги ҳавонинг қўшимча қизишини қуритгичнинг энергия тежамкорлигига таъсирини кўрсатувчи математик модел ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ишлаб чиқилган комбинациялашган барабанли қуритгичда кунгабоқар уруғларининг намлик бериш жараёнини моделлаштириш бўйича дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

кунгабоқар донларини қуритиш жадаллиги ҳамда қуритгич энергия самарадорлигини оширишда қуёш иссиқлик энергиясидан самарали фойдаланувчи барабан типигаги комбинациялашган қуритиш аппаратининг тажриба намунаси ясалган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги услубий асосланган назарий ҳисоб-китобларни амалга оширишга, қуритиш мосламасининг иш режимларини ҳисоблашнинг амалий муаммоларини ҳал қилишда қатъий математик ҳисоб-китоблардан фойдаланишга ва экспериментал қурилмада олинган маълумотларнинг математик моделлаштириш натижалари билан изчиллигига асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қуритишнинг керакли усули ва қуритиш аппаратининг керакли турини танлашда қуритиш усуллари ва қуритиш аппаратларининг конструкциялари чуқур таҳлилининг ўтказиш, барабан типигаги қуритгичда қуритиш жараёнини бошқариш имконини берувчи аналитик динамик модель ва аппарат чиқишидаги кунгабоқар уруғлари намлигини ҳамда қуритгич электр энергия истеъмолини башорат қилиш имконини берадиган эмпирик моделларни ишлаб чиқиш билан изохланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, барабан типигаги комбинациялашган қурилмасини ҳисоблашнинг муҳандислик усули ишлаб чиқилган, унинг технологик параметрлари аниқланган, конструкциялаш

тамойиллари шакллантирилган ва Ўзбекистон Республикаси патенти билан ҳимояланган аппаратнинг янги энергия тежамкор конструкцияси ясалган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий ва амалий натижалар асосида:

кунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган барабанли қуритиш аппарати учун Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан ихтирога патент олинган (IAP 06976, 2022й.). Натижада, ишлаб чиқилган аппарат йиғиштириб олинган кунгабоқар донларини тез ва сифатли қуритиш имконини берган;

ишлаб чиқилган кунгабоқар уруғларини қуритиш аппарати Андижон вилояти Балиқчи тумани “Пахтакор олтин тупроғи”, “Тўлкинов Мирзиё Боғлари” ва “Холмирза Болтабоев Ишончи” фермер хўжаликларида жорий этилган (Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2022 йил 16 декабрдаги 07/31-9452-сон маълумотномаси). Натижада, қуёш иссиқлик энергиясидан қўшимча фойдаланиш ҳисобига электр энергия истеъмолини 691 Вт·соатгача иқтисод қилиш, қуритиш жараёни 1,3 баробарга тезлашиб, қуритиш вақти 15% га қисқариши имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотнинг натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 14 та илмий иш, жумладан ЎЗР ОАК эътироф этган илмий журналларда 5 та мақола, шундан 2 таси хорижда чоп этилган. Интеллектуал мулк агентлигидан 1 та ихтиро учун патент ва ЭХМ лар учун дастурий маҳсулотга рўйхатдан ўтган 1 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг асосий қисми 120 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Кунгабоқар уруғларини қуритишнинг ҳозирги ҳолати ва қуритиш қурилмаларининг таҳлили”** деб номланган биринчи бобида чет элларда ва республикамизда етиштирилган уруғ ва донларни, жумладан, кунгабоқар донларини қуритиш қурилмалари ва усуллари таҳлил

қилинган. Кунгабоқар донларининг барабанли қуритгичда бўлиш вақтига ва унинг унумдорлигига таъсир қилувчи омиллар ўрганилган.

Таҳлиллар асосида барабанли қуритгич кунгабоқар уруғини қуритиш учун энг мос эканлиги аниқланди, қуритиш самарадорлигини ошириш ва энергияни тежаш мақсадида ушбу қуритгични такомиллаштириш мақсадга мувофиқлиги кўрсатилди.

Диссертациянинг **“Барабан типдаги комбинациялашган аппаратда кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнини моделлаштириш”** деб номланган иккинчи бобида барабан типдаги қуритгичда турли иш шароитларига мос ҳолда қуритгич чиқишидаги ҳаво ва маҳсулотнинг намлиги ҳамда ҳароратини баҳолаш имконини берувчи уруғ намлигини йўқотиш жараёнини моделлаштириш ва бошқариш бўйича динамик модель таклиф этилган, шунингдек, кунгабоқар уруғларини қуритишда намлик йўқотилиши жараёнининг эмпирик математик моделлари келтирилган. Ушбу моделлар ўрнатилган қуритиш режимларида кунгабоқар уруғларининг аппарат чиқишидаги намлигини башорат қилиш имконини беради.

Қуритиш жараёнининг математик модели қуйидаги қўйимларга асосан тузилган:

- иссиқлик ва масса узатиш коэффициентлари ўзгармас;
- ўқ йўналишидаги намлик диффузияси ахамиятсиз даражада кичик;
- радиацион иссиқлик узатиш йўқ;
- ўқ йўналишида қуритувчи агентнинг кириш тезлиги ўзгармас;
- қуритиладиган материал ва қуритиш агентининг ҳарорати камера ҳароратига ва ўқ координатасига боғлиқ;
- барабаннинг айланиш тезлиги вақт бўйича ўзгармас;
- нам уруғларни барабанга узатиш сарфи ўзгармас.

Қуритиш мосламаси узунлиги бўйича элементар ячейкаларга бўлинди ва l ва $l + \Delta l$ кесимлари орасида жойлашган элемент кўриб чиқилди. Қуритиладиган материалнинг ҳаракат тезлиги ва унинг элемент чегараларидаги масса сарфига асосланган ҳолда ҳар бир ячейка учун қуритиладиган материалнинг массаси, қуритиладиган материалдан вақт бирлигида қуритиш агентига ўтадиган намлик миқдори, қуритиладиган материал массасининг вақт бўйича ўзгариши ҳисоблаб чиқилди. Олинган нисбатлар кунгабоқар уруғлари учун умумий моддий балансни тузишга имкон берди.

$$\frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v. \quad (1)$$

Кунгабоқар уруғидан қуритадиган қиздирилган газга намлик ўтиши содир бўладиган кесимлар орасида жойлашган элементар ҳажмда иккинчисининг массаси ортиши ва қуритиладиган материалнинг массаси камайиши содир бўлади. Бу жараён қуйидаги дифференциал тенглама кўринишида тасвирланади:

$$\frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{Lm} / \rho_{Lg}). \quad (2)$$

Сўнг, ўрганиладиган ячейкага иссиқликнинг келиши ва ундан

иссиқликнинг чиқиши баланси тенгламаси асосида ўрганилаётган ячеядаги қуритилаётган материал таркибидаги иссиқлик миқдори аниқланди ва кунгабоқар уруғларининг иссиқлик сиғими фақат унинг таркибига боғлиқ бўлиб, иссиқлик баланси қуйидагича тузилди:

$$\frac{\partial(C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{L_m}} (T_g - T_m) - LR_v. \quad (3)$$

Қуритиш агенти ўрганилаётган ячеяка ичига киритадиган ва олиб чиқадиغان иссиқлик миқдорини ҳисоблаш, иссиқлик йўқотишларини ҳисобга олган ҳолда қуритувчи газнинг таркибига ва унинг бошланғич ҳароратига боғлиқ бўлган иссиқлик сиғимини аниқлаш асосида қуритувчи газ учун иссиқлик балансининг нисбати олинади.

$$\frac{\partial(C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{L_g}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{L_m}}{\rho_{L_g}} R_v. \quad (4)$$

бу ерда φ_x – кунгабоқар донларининг намлиги; φ_y – қуритувчи агент намлиги; T_g – қуритувчи агент ҳарорати; T_m – кунгабоқар донларининг ҳарорати; v_m – кунгабоқар донларининг ўқ йўналишидаги тезлиги; v_g – қуритувчи агентнинг ўқ йўналишидаги тезлиги; C_m – кунгабоқар донларининг солиштирма иссиқлик сиғими; C_g – қуритувчи газ солиштирма иссиқлик сиғими; ρ_{L_m} – кунгабоқар донларининг чизикли зичлиги; ρ_{L_g} – қуритиш газининг чизикли зичлиги; V_v – барабаннинг солиштирма сиғими; λ_v – иссиқлик узатиш солиштирма коэффиценти; $L_m=L$ – буғланиш иссиқлиги; R_v – қуритиш тезлиги.

Юқорида келтирилган масса ва иссиқлик алмашилиш жараёнининг математик тавсифи тенгламалари (1) - (4) ни мос равишда масса ва иссиқлик алмашилиш тенгламалари системаси кўринишида ёзиб оламиз.

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v \\ \frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{L_m} / \rho_{L_g}) \end{cases} ;$$

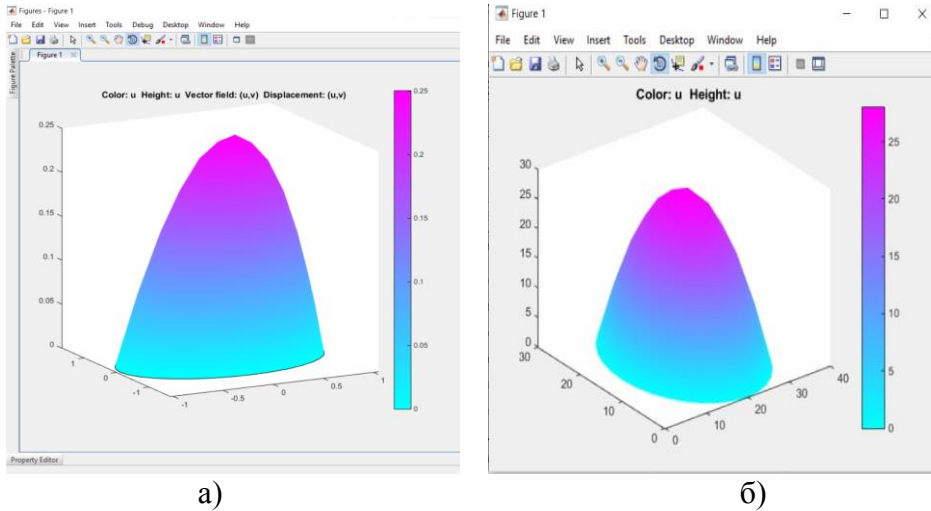
$$\begin{cases} \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{L_m}} (T_g - T_m) - LR_v \\ \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{L_g}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{L_m}}{\rho_{L_g}} R_v \end{cases} .$$

Ушбу тенгламалар системасини ечиш учун PDE Toolbox амалий дастурий пакетидан фойдаланамиз.

PDE Toolbox муҳитида ҳал қилинадиган муаммонинг турини танлаймиз – Generic System ва тизимнинг коэффицентлари ўрнатилиши керак бўлган PDE Specification ойнасини очамиз. Бизнинг ҳолатда биринчи тенгламалар системаси учун $c_{11}=1$, $c_{12}=0$, $a_{11}=0$, $a_{12}=0$, $f_1=1$, $c_{21}=0$, $c_{22}=1$, $a_{21}=0$, $a_{22}=0$, $f_2=1$ ни ўрнатишимиз керак. Иккинчи тенгламалар системаси учун $c_{11}=1$, $c_{12}=0$, $a_{11}=1$, $a_{12}=0$, $f_1=1$, $c_{21}=0$, $c_{22}=1$, $a_{21}=0$, $a_{22}=1$, $f_2=1$ ни ўрнатамиз.

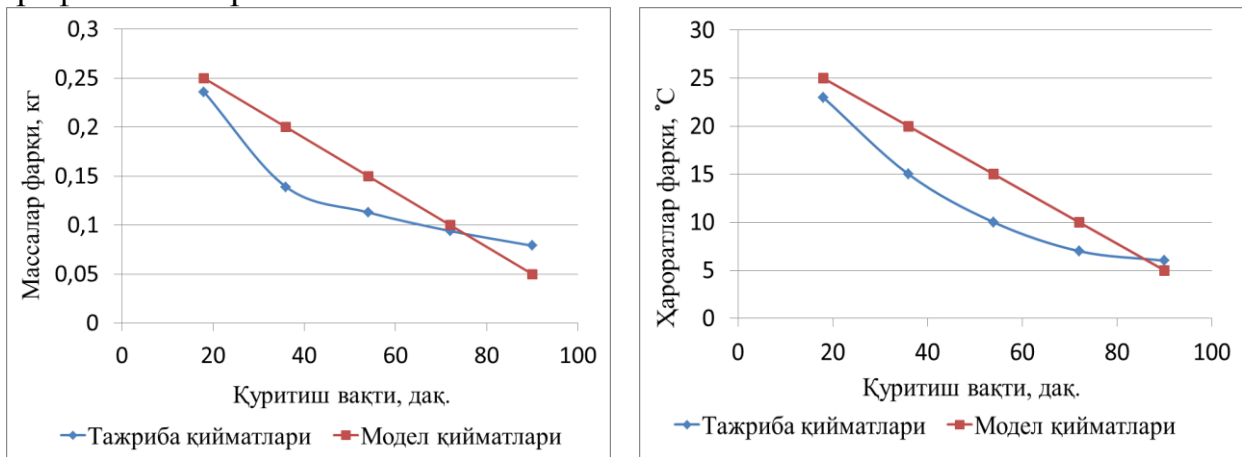
Тенгламалар системасининг ечимлари график кўринишида қуйидагича

тасвирланади (1-расм):



1-расм. Тенгламалар системасининг график кўринишидаги ечимлари: а – моддий баланс биринчи тенгламалар системасининг ечими, б – иссиқлик биланс иккинчи тенгламалар системасининг ечими

Графиклардан кўришиб турибдики, тенгламанинг биринчи системаси учун энг катта ечимлар сони $0.05 \div 0.25$ ораликда, иккинчи тенглама учун ечимлар сони эса $5 \div 25$ ораликда бўлади. 2-расмда аналитик модель ва тажрибалар давомида олинган маълумотлар қийматларининг таққослаш графиги келтирилган.



2-расм. Аналитик модель ва тажриба қийматларини таққослаш графиги: а – масса алмашиниш жараёни, б – иссиқлик алмашиниш жараёни.

Расмдаги графиклардан кўришиб турибдики, топилган аналитик модель қийматлари тажриба қийматларига маълум хатолик билан мос келади.

Модел томонидан башорат қилинган ва экспериментал усул орқали олинган қийматлар ўртасидаги тафовутлар намликнинг тарқалиши, иссиқлик ўтказувчанлиги ва намлик беришни акс эттирувчи коэффициентлар тавсифланишининг қийинлиги, кўпинча эса ноаниқ боғлиқликка эга бўлиши билан изоҳланади. Кунгабоқар уруғлари учун ушбу коэффициентларни аниқлаш уруғлар таркибининг доимий эмаслиги, уруғлар турлари ва навларининг кўплиги, пишиб етилганлик даражасининг ўзгарувчанлиги, куриштиш учун турли қурилмалар ва технологик режимларнинг қўлланилиши

билан мураккаблашади. Шунинг учун тажриба асосида керакли коэффициентлар аниқланадиган эмпирик моделлаштириш усулига ўтишга қарор қилинди.

Эмпирик математик моделлар ишлаб чиқилган барабан типдаги тажриба қуритгичида олиб борилган тажриба асосида тузилган. Моделларда қуёшнинг кун давомидаги фаоллиги алоҳида инобатга олинган.

Тажриба қуритгичида қуритиш жараёни 80°C, 90°C ва 100°C ҳароратли режимларда амалга оширилди. Қуритиш учун бошланғич намликлари 38%÷46% оралиқда бўлган кунгабоқар уруғлари олинган. Қуритиш жараёнида қуёшнинг фаоллиги ҳам инобатга олинди, қуёш коллекторидаги қизиган ҳаво ҳарорати қийматининг ўзгариши билан баҳоланади. Бунга кўра коллектордаги ҳаво ҳарорати 55÷65 °C оралиғида ўзгаради. Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг қуритгич чиқишидаги намлигининг ўзгариши қуритиш ҳарорати, уруғларнинг бошланғич намлиги, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати каби кириш омилларининг таъсирларига боғлиқ.

Математик модель ҳар бир қуритиш режими учун ишлаб чиқилган. Кириш омиллари:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, °C;
- 2) кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлиги ϕ_0 , %;
- 3) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, °C;
- 4) кунгабоқар уруғларини қуритиш босқичи давомийлиги τ , дақ;

Тажриба иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш асосида ўтказилди.

Дастлаб кунгабоқар уруғларининг тажриба қуритгичи чиқишидаги намлигининг йўқолиши ҳисобига масса ўзгариши M ни кўриб чиқамиз.

Ўрта қиймат ва ўзгариш оралиғи (қадами) ҳисобланади, кириш омиллари кодланади:

$$x_1^0 = \frac{x_1^{\max} + x_1^{\min}}{2}; \Delta x = \frac{x_1^{\max} - x_1^{\min}}{2}; x_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i}.$$

Тажриба қуритгичидаги қуритиш жараёнининг математик модели қуйидаги регрессион тенглама кўринишида бўлади:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2,$$

бу ерда b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} лар регрессия коэффицентлари ҳисобланади.

Танланган 2^4 режа асосида коэффицентлар қуйидаги формулалар орқали ҳисобланади:

$$b_0 = C_1 \sum_{u=1}^{31} y_u - C_2 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u;$$

$$b_i = C_3 \sum_{u=1}^{24} x_{iu} y_u;$$

$$b_{ij} = C_4 \sum_{u=1}^{16} x_{iu} x_{ju} y_u;$$

$$b_{ii} = C_5 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u + C_6 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u - C_2 \sum_{u=1}^{31} y_u;$$

бу ерда C_i коэффициентлар ёрдамчи коэффициентлардир.

Ўзгармас қийматли ёрдамчи коэффициентлар қуйидаги қийматларни қабул қилади: $C_1=0,1432$; $C_2=0,0361$; $C_3=0,042$; $C_4=0,063$; $C_5=0,032$; $C_6=0,0038$.

Регрессия коэффициентлари ҳисоблангандан сўнг, коэффициентлар аҳамиятлиликка текширилади. Бунинг учун дастлаб режалаштириш марказидаги тажрибалар натижалари асосида оптималлаштириш параметри дисперсияси ҳисобланади:

$$S_y^2 = \frac{\sum_1^7 (y_u - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1};$$

бу ерда \bar{y}_0 - ўрта қийматларда ҳисобланган чиқиш катталиги қийматларининг ўрта арифметиги.

Регрессия коэффициентларининг Стьюдент мезони асосида аҳамиятлилиги қуйидаги формула бўйича текширилади:

$$\varepsilon(b_i) = t(P; f_i) \cdot S_{b_i},$$

бу ерда t – Стьюдент жадвал мезони $t(P; f_i)$;

S_{b_i} – регрессия коэффициентини аниқлашдаги ўртача квадратик хато.

Регрессия тенгламаларини Фишер мезони асосида монандликка текширишдан олдин монандлик дисперсияси ҳисобланади:

$$S_{мон}^2 = \frac{\sum_1^{31} (\bar{y}_u - y_{хис})^2 - \sum_1^7 (y_u - \bar{y}_0)^2}{N - k' - (n_0 - 1)}.$$

Фишер мезонининг ҳисобий қиймати F_x топилган сўнг $F(P, f_1, f_2)$ асосида жадвалдан мос қиймат $F_{ж}$ билан солиштирилди, монандлиги исботланади: $F_x = 2,76 < 2,79 = F_{жс}$, $F_x = 2,3 < 2,79 = F_{жс}$, $F_x = 2,64 < 2,79 = F_{жс}$.

Кириш омилларининг кодланган шаклларида уларнинг ҳақиқий қийматларига тескари ўзгартирилганда қуйидаги ифодалар ҳосил бўлди:

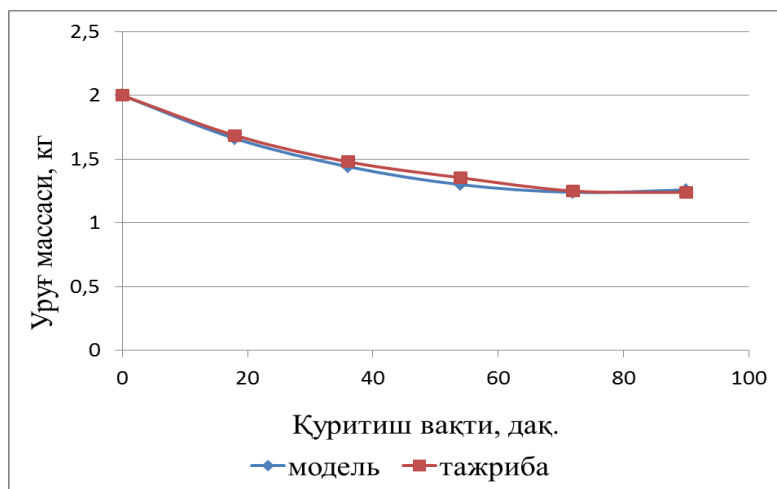
$$M_{80} = 42,32 - 0,81 \cdot T_{ка} - 0,0875 \cdot \varphi_0 - 0,1954 \cdot T_{кк} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 T_{ка}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0016 \cdot T_{кк}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2, \quad (5)$$

$$M_{90} = 48,046 - 0,91 \cdot T_{ка} - 0,09 \cdot \varphi_0 - 0,0994 \cdot T_{кк} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 \cdot T_{ка}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0008 \cdot T_{кк}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2, \quad (6)$$

$$M_{100} = 44,479 - 0,76 \cdot T_{ка} - 0,07875 \cdot \varphi_0 - 0,07544 T_{кк} - 0,007124 \cdot \tau - 0,00028 \cdot \varphi_0 \cdot T_{кк} + 0,00375 \cdot T_{ка}^2 + 0,0009375 \cdot \varphi_0^2 + 0,0006 \cdot T_{кк}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2. \quad (7)$$

Ушбу (5) - (7) формулалар тажриба қуритгичи чиқишида кунгабоқар уруғларининг мос равишда 80°C , 90°C , 100°C ўртача қуритиш ҳароратлари режимлари учун масса бериш жараёнининг эмпирик математик моделлари ҳисобланади. 3-расмда, масалан, қуритиш ҳароратлари кесимида тажриба ва

модель қийматларининг таққослаш графиги кўрсатилган, бундан кўриниб турибдики, тажриба орқали аниқланган ва назарий ҳисобланган маълумотлар жуда яқин қийматларга эга.



3-расм. Тажриба ва модель бўйича масса ўзгариш қийматларини солиштириш графиги (қуриштиш ҳарорати 100°C).

Турли иссиқлик режимларида тажриба ўтказилганда кириш омиллари ўзгармайди, ўтказиладиган тажрибалар сони ҳам бир хил. Тегишли ҳисоблашлардан сўнг турли иссиқлик режимлари учун уруғларнинг намлик бериш регрессион тенгламалари қуйидаги кўринишга ўзгаради:

$$y_{80} = 17,87 - 1,1x_1 + 2,3x_2 - 1,37x_3 - 5x_4 - 2,3x_2x_4 + x_4^2,$$

$$y_{90} = 14,4 - 1,2x_1 + 1,8x_2 - x_3 - 6,5x_4 - 1,3x_2x_4 + 1,2x_4^2,$$

$$y_{100} = 13,83 - 1,3x_1 + 1,7x_2 - 1,1x_3 - 6x_4 - 1,4x_2x_4 + x_4^2.$$

Топилган тенгламалар Фишер мезони бўйича монандликка текширилади. Мос қуриштиш режимлари учун таққослаш натижалари қуйидагича: $F_x = 1,77 < 2,66 = F_{жс}$, $F_x = 0,77 < 2,66 = F_{жс}$, $F_x = 0,5 < 2,66 = F_{жс}$ бўлиб, тенгламаларнинг монандлигини кўрсатади.

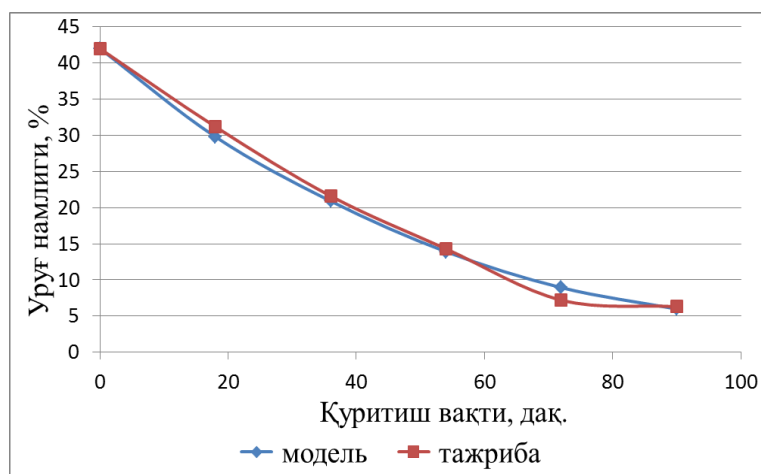
Топилган регрессион тенгламалар кодланган шаклларидадан ҳақиқий қийматларига ўзгартирилгандан сўнг қуйидаги ифодалар олинади:

$$\varphi_{80} = 7,52 - 0,55T_{ка} + 2,3\varphi_0 - 0,274T_{кк} + 0,664\tau - 0,03194\varphi_0\tau + 0,0037\tau^2;$$

$$\varphi_{90} = 50,844 - 0,6T_{ка} + 1,425\varphi_0 - 0,2T_{кк} + 0,0038\tau - 0,0182\varphi_0\tau + 0,00372\tau^2;$$

$$\varphi_{100} = 55,862 - 0,65T_{ка} + 1,475\varphi_0 - 0,2T_{кк} + 0,1572\tau - 0,0196\varphi_0\tau + 0,0031\tau^2.$$

Мазкур формулалар тажриба қуриштигичи чиқишида 80°C, 90°C, 100°C ўртача қуриштиш ҳароратлари режимлари учун кунгабоқар уруғларининг намлик узатиш жараёнининг эмпирик математик моделлари ҳисобланади. 4-расмда модель ва тажрибадан олинган қийматларнинг таққосланиши кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, тажрибадан аниқланган ва назарий ҳисобланган маълумотлар жуда яқин қийматларга эга.



4-расм. Тажриба ва модель бўйича намлик йўқотилиш қийматларининг таққослаш графиги (қуритиш ҳарорати 100°C).

Тажриба қуритгичининг электр энергия тежамкорлигига таъсир қилувчи омиллар сифатида қуритиш агентининг ҳарорати, тезлиги ва қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати олинган. Тажриба ёз ва куз ойларида ўтказилган. Атмосфера ҳарорати таъсири туфайли эмпирик моделлар бир хил қуритиш ҳароратларида турлича қийматларни беради. Дастлаб ёз ойи учун энергия тежамкорлик бўйича эмпирик моделлаштиришни кўриб ўтамиз. Кириш омиллари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари қуйидагича:

1) турли режимлар учун қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, 80, 90 ва 100°C ни ташкил этади;

2) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, барча қуритиш режимлари учун унинг ўзгариш оралиғи 55÷65°C;

3) қуритиш агенти тезлиги $V_{қа}$, барча қуритиш режимлари учун унинг ўзгариш оралиғи 0.5 м/с÷1.5 м/с.

Ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики, қуритгич электр энергия истеъмоли эгри чизиғи чизикли тавсифга эга. Регрессион тенгламани олишда бу инобатга олинди. Учта кириш омилли тажриба учун ўтказилган тажрибалар комбинациялари сони $N = 2^3 = 8$.

Регрессия коэффициентлари $b_j = \frac{1}{N} \sum x_{ji} y_i$ формула орқали аниқланади.

Стъудент мезони бўйича топилган коэффициентларнинг аҳамиятлилиги аниқланади:

$$S_{b_j} = \frac{S_y}{\sqrt{N}}; \quad t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}$$

Аҳамиятlilik даражаси $p = 0,05$ ва эркинлик даражаси $f = 3-1=2$ да Стъудент мезони қиймати $t_p(f) = 4,3027$ га тенг. Ушбу мезон қийматидан модуль жиҳатдан кичик бўлган коэффициент қийматлари аҳамиятлилиги кичик бўлганлиги сабабли кейинги ҳисоблашлардан олиб ташланди ва қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$y = 2708 + 240x_1 - 92,6x_2 + 139x_3.$$

Монандлик дисперсияси ҳисобланади:

$$S_{\text{мон}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^8 (y_{\text{экс}} - \hat{y}_{\text{хис}})^2}{N - (k + 1)}.$$

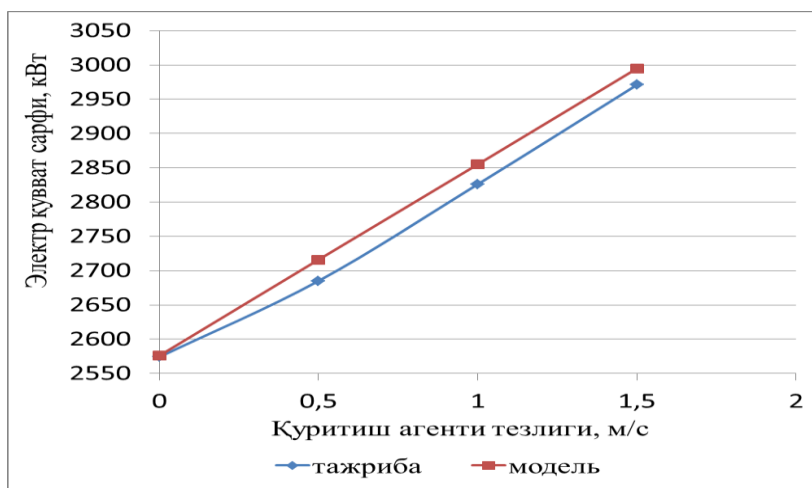
Тенглама монандлик бўйича Фишер мезонига текширилади ва тенгламанинг тажрибага монандлиги тасдиқланади: $F_x < F_{\text{эс}}$, яъни $1,19 < 6,93$.

Топилган тенглама кириш омилларининг кодланган шаклларида иборат бўлганлиги учун ҳақиқий қийматларга ўзгартирилади:

$$E_{\text{эс}} = 1380 + 24T_{\text{ка}} - 18,52T_{\text{кк}} + 279,2V_{\text{ка}}.$$

Ушбу тенглама ёз ойи учун электр энергия тежамкорликни кўрсатувчи эмпирик модель ҳисобланади.

Модель бўйича олинган қийматларнинг тажриба қийматлари билан таққослаш графиги 5-расмда кўрсатилган. Қийматлар куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 65°C бўлган ҳолат бўйича ҳисобланган.



5-расм. Электр қувват сарфи бўйича модель қийматларининг тажриба қийматларига монандлиги графиги (ёз ойи учун, қуритиш агенти ҳарорати 100°C).

Куз ойида қуритгич электр қувват сарфига таъсир қилувчи кириш омиллари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари қуйидагича:

1) турли режимлар учун қуритиш агенти ҳарорати $T_{\text{ка}}$, 80, 90 ва 100°C ни ташкил этади;

2) куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{\text{кк}}$, барча қуритиш режимлари учун унинг ўзгариш оралиғи $45 \div 55^\circ\text{C}$;

3) қуритиш агенти тезлиги $V_{\text{ка}}$, барча қуритиш режимлари учун унинг ўзгариш оралиғи $0,5 \text{ м/с} \div 1,5 \text{ м/с}$.

Тегишли ҳисоблашлардан сўнг куз ойи учун топилган регрессион тенглама қуйидагича:

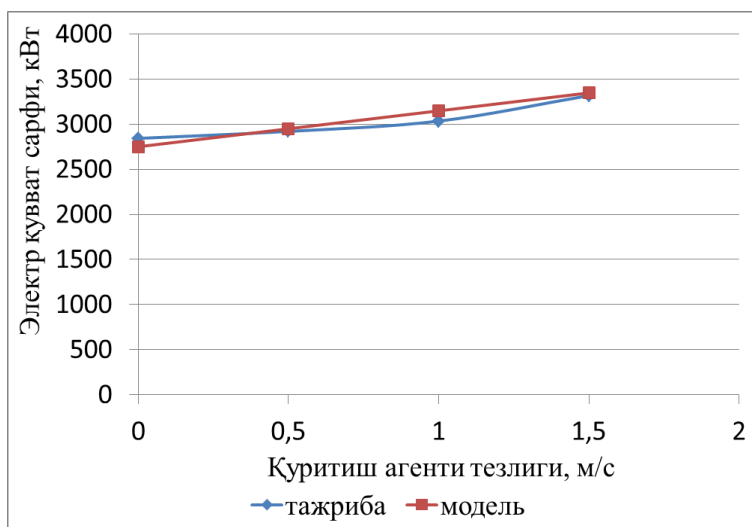
$$y = 3159 + 200x_1 - 133x_2 + 199x_3 - 77x_1x_2.$$

Тенглама монандликка текширилди ва кодланган шаклларида ҳақиқий қийматларига ўзгартирилганда қуйидаги формула ҳосил бўлди:

$$E_{\text{куз}} = -4639 + 97T_{\text{ка}} + 112T_{\text{кк}} + 398V_{\text{ка}} - 1,54T_{\text{ка}}T_{\text{кк}}.$$

Ушбу тенглама куз ойи учун электр энергия тежамкорликни кўрсатувчи эмпирик модель ҳисобланади.

Модель бўйича топилган қийматларни тажриба қийматлари билан таққослаш графиги 6-расмда кўрсатилган. Қийматлар қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 55°C бўлган ҳолат учун ҳисобланган.



6-расм. Электр қувват сарфи бўйича модель қийматларининг тажриба қийматларига монандлиги графиги (куз ойи учун, қуриштиш агентининг ҳарорати 100°C).

Ёз ва куз ойларида қуриштигичда электр қуввати сарфини ўрганиш бўйича топилган тенгламалар тажриба қийматларига монанд, ушбу топилган тенгламаларни қуриштиш агентининг ҳамда қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг берилган қийматлари оралиғида қуриштигичнинг электр қуввати сарфи қандай ўзгаришини олдиндан башоратлашда фойдаланиш мумкин.

Диссертациянинг “**Экспериментал тадқиқотларни ўтказиш усуллари ва натижалари**” деб номланган учинчи бобда экспериментал тадқиқотлар ўтказиш услуби ва уларни ўтказиш шароити, кунгабоқар донларини қуриштиш аппаратининг тажриба нусхасини тайёрлаш, аппарат параметрларининг қуриштиш кўрсаткичларига таъсири, қуёш фаоллигининг қуриштигич ва қуриштиш жараёнига таъсири натижалари келтирилган.

Ўтказилган назарий ва амалий тадқиқотлар асосида кунгабоқар донларини қуриштиш аппаратининг 40 кг/соат унумдорликка эга кўчма ҳолатдаги тажриба нусхаси тайёрланди (7-расм).



7-расм. Тажриба қуриштигичининг умумий кўриниши.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, тажриба қуритгичидан булутли ҳаво шароитига қараганда қуёшли очик майдонда фойдаланиш намликни йўқотиш бўйича ёз ойида 48%, куз ойида 27%, қуритиш вақти бўйича умумий 15% га самаралидир, қуритиш унумдорлиги эса 17,6% га ортади. Қуритгичда қўшимча равишда қуёш иссиқлик энергиясидан самарали фойдаланиш орқали кунгабоқар уруғларининг бир хил вақт оралиқларида намлик бериши булутли шароитга нисбатан ёз ойида 1.33 баробарга, куз ойида эса 1.26 баробарга ортди.

Ёз ойида коллектордаги ҳароратни атроф-муҳит ҳарорати ва қуёш нур қайтаргичи ҳисобига 80°C, 90°C, 100°C қуритиш ҳароратларида ўртача 22°C, 25°C, 29°C га ошириш мумкин. Ҳудди шундай, куз ойида тегишли қуритиш ҳароратларида ҳаво ҳароратини мос равишда 20°C, 22°C ва 24°C га кўтариш мумкин.

Ёз ойида 80°C, 90°C ва 100°C қуритиш режимларида, қуритувчи ҳаво тезлиги 1 м/с бўлганда электр энергия иқтисоди мос равишда 13%, 12% ва 11,2% ни ташкил этди. Мазкур режимларда ўртача 370 Вт·соат электр энергияси қўшимча иқтисод қилинди. Куз ойида эса мазкур қуритиш ҳароратларида ва қуритувчи ҳаво тезлигида электр энергияси иқтисоди мос равишда 9%, 18% ва 24,5% ларни ташкил этди. Натижада, қўшимча равишда ўртача 691 Вт·соат электр энергияси иқтисод қилинди. Шу сабабли қуёш коллектори ва нур қайтаргичдан фойдаланиш орқали сарфланаётган электр энергияси кўпроқ миқдорда иқтисод қилинади. Куз ойида атмосфера ҳавосининг намлиги ва зичлигининг юқори бўлиши, шунингдек ҳаво ҳароратининг ёз ойига нисбатан пастлиги қуритгичнинг кўпроқ электр энергия истеъмол қилишига олиб келди ва ёз ойи билан таққослаганда электр энергияси истеъмоли 772 Вт·соат га ортади. Қуритгичнинг электр энергия истеъмоли қуритиш ҳарорати ортган сари ортади, энергия самарадорлик камаяди. Ишлаб чиқилган қуритгичнинг синовлари шуни кўрсатадики, қуритгичнинг самарадорлиги қуёш фаоллигига боғлиқ: куннинг энг қизиган вақтида кунгабоқар уруғларининг қуриш жадаллиги энг юқори, электр энергияси истеъмоли эса энг кичик.

Ёзда қуритгични нур қайтаргичсиз бино ичида ишлатганда, қуритгичнинг қуёш коллекторидаги ҳароратни атроф-муҳит ҳарорати ҳисобига 26% гача кўтариш мумкин, бу қуритгичнинг энергия истеъмолини ёзда 6% ва кузда 4% га иқтисод қилади.

Қуритгичда булутли об-ҳавода кунгабоқар донлари охириги нисбий намлигини 8% гача етказиш учун 90 дақиқадан кўп вақт талаб этилади, булутсиз об-ҳавода қуёш нур қайтаргичидан фойдаланган ҳолда 70 дақиқа кифоя қилади.

Тажрибалар шуни ҳам кўрсатдики, кунгабоқар уруғларини қуритиш агенти ҳарорати 80°C, тезлиги 1,5 м/с бўлгандаги қуритиш натижалари қуритиш агенти ҳарорати 90°C, тезлиги 0,5 м/с бўлганда олинган натижалар билан бир хил якуний натижани беради, лекин энергия харажатлари кам.

ХУЛОСА

“Кунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш” мавзусидаги диссертация ишини бажариш жараёнида қуйидаги илмий натижалар олинди:

1. Қуритиш усуллари ва қуритиш аппаратлари конструкцияларининг чуқур таҳлили ўтказилди, бу эса керакли қуритиш усулини ва қуритиш аппаратининг турини танлашга имкон беради.

2. Қуритишнинг комбинациялашган усулидан фойдаланиб қуритиш жадаллигини ошириш ва аппаратнинг энергия истеъмолини камайитириш мумкинлиги кўрсатилди.

3. Кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнини моделлаштириш ва бошқаришга имкон берувчи динамик модель ишлаб чиқилган.

4. Қуритиш аппаратининг эмпирик математик моделлари ишлаб чиқилган бўлиб, булар қуритишнинг турли режимли параметрларида аппарат чиқишидаги кунгабоқар уруғларининг намлигини башорат қилиш имконини берди.

5. Қуритиш аппаратининг эмпирик математик модели ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу модель қуритгич коллекторидаги ҳаво ҳарорати ва қуритиш агенти тезлигининг ўзгариши ҳисобига қуритгичнинг электр энергияси истеъмолини башорат қилиш имконини берди.

6. Ишлаб чиқилган барабан типидagi комбинациялашган қуритиш аппаратада кунгабоқар уруғларини қуритиш учун экспериментал тадқиқодлар ўтказиш услуби ишлаб чиқилди.

7. Ишлаб чиқилган тажриба қуритгичида кунгабоқар уруғларини ёзда қуритганда қуритиш самарадорлиги булутли об-ҳавога нисбатан қуёшли вақтда 48%, кузда 27% ни ташкил этди.

8. Қуритиш аппаратининг унумдорлиги қуёш энергиясидан қўшимча фойдаланиш ва қуритиш вақтининг қисқариши ҳисобига 17,6% га ортди.

9. Ишлаб чиқилган тажриба қуритгичида қуёшли очик майдонда кунгабоқар уруғларини қуритишда қўшимча равишда электр энергияси иқтисоди булутли об-ҳавога таққослаганда ёзда 13% ни, кузда 9% ни ташкил этади.

10. Ишлаб чиқилган тажриба қуритгичининг қуритиш самарадорлиги қуёш фаоллигига боғлиқ.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

САФАРОВ ЭЛЁРБЕК ХАСАНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
АППАРАТА ДЛЯ СУШКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химической технологии и пищевых производств
(технические науки)**

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.3.PhD/Т1582.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Нурмухаммедов Хабибулло Саъдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ташбаев Назим Тулаевич
кандидат технических наук, доцент


Ведущая организация: Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «04» 02 2023 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано №299) (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 207-14-70).

Автореферат диссертации разослан «18» 01 2023 года.
(реестр протокола рассылки №1 от «14» 12 2022 года)




Н.Р.Юсупбеков
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф.Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент


Ш.М. Гулямов
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 особое внимание в настоящее время уделяется разработке и совершенствованию высокоэффективных, энергосберегающих комбинированных аппаратов для качественной сушки зерна и семян различных растений, в том числе семян подсолнечника, собранных в сельском хозяйстве. Создание энергосберегающих, компактных, стационарных и передвижных сушильных аппаратов, сочетающих в себе достоинства сушилок, обеспечивающих высокую безопасность, не влияющих отрицательно на качество высушенного зерна и семян, является одной из важных задач указанной проблемы. В этом отношении определенные результаты достигнуты в экономически развитых странах, где основное внимание уделялось моделированию процесса сушки, расширению возможностей управления и контроля сушильных аппаратов, улучшению их технических характеристик, снижению материалоемкости сушилок.

В мире ведется много научных исследований по разработке новых конструкций сушильных аппаратов и совершенствованию технологий сушки с целью решения задач, связанных с быстрой и качественной сушкой зерна и семян, особенно зерен подсолнечника. В этих исследованиях особенно важными считаются: выбор подходящих режимов сушки на основе глубокого изучения свойств высушиваемых продуктов, правильный контроль и управление процессом, использование комбинированного метода сушки для увеличения её интенсивности, разработка энергоэффективных методов и конструкции сушки. Своевременная сушка зерна и семян, выращиваемых в сельском хозяйстве, снижает потери при их обработке. По этой причине создание и внедрение безопасных, стационарных и переносных компактных сушильных аппаратов простой конструкции, способных быстро и качественно сушить при сохранении на высоком уровне веществ, содержащихся в зерне и семенах, являются актуальными задачами.

В республике особое внимание уделяется внедрению современных, высокопроизводительных, энергосберегающих устройств и технологий, обеспечивающих качественную сушку семян подсолнечника и снижение затрат на сушку. В связи с этим в стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечен ряд задач, в том числе: «...совершенствование системы оказания агроуслуг, основанных на передовых достижениях науки и инновациях, обеспечение агропромышленных предприятий сырьем и увеличение объемов производства в 1,5 раза...»¹. При выполнении этих задач увеличение количества масла и других продуктов, получаемых из семян подсолнечника и снижение их себестоимости за счет качественной сушки семян подсолнечника с использованием компактных, портативных, энергосберегающих, простых в эксплуатации и малозатратных сушильных

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

устройств являются актуальными вопросами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы», Постановлениях ПП-2694 от 23 декабря 2016 года «О мерах дальнейшего реформирования и развития научно-технической базы сельского хозяйства в период 2016-2020гг.», ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах дальнейшего развития научно-технической базы машиностроительной отрасли в сельском хозяйстве», ПП-3751 от 29 мая 2018 года «О дополнительных мерах по повышению эффективности оказания механизированных и сервисных услуг сельскохозяйственным товаропроизводителям», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение» и VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технической литературы, связанной с проводимыми в последние годы исследованиями по разработке приемов и технологий качественной переработки убранной сельскохозяйственной зерновой продукции, свидетельствует о том, что в данной области достигнуты важные теоретические и практические результаты. Опубликовано много работ, посвященных разработке новых конструкций сельскохозяйственных зерносушилок, разработаны технологии сушки, увеличивается масштаб решаемых практических задач. В решении вопросов, связанных с обеспечением технологии сушки и переработки семян и зерновых продуктов, внесли свой вклад зарубежные ученые Ченин А.Н.², Лысых И.Г.³, Лыков А.В.⁴, Кафаров В.В.⁵, Лебедев П.Д.⁶, Гинзбург А.С.⁷ и другие, а также ученые нашей страны: Юсупбеков Н.Р.⁸, Нурмухаммедов Х.С.⁹, Мухитдинов Дж.Н.¹⁰, Мухитдинов Дж.П.¹¹ и другие.

Ими внедрены в производство результаты, достигнутые в работах, посвященных решению задач разработки новых конструкций зерносушилок, исследования и обоснования их параметров, повышения производительности сушки, развития производства перспективных технологий и технических

² Ченин А.Н. Повышение эффективности сушки зерна в барабанной гелиосушилке. Диссертация. Брянская область – 2017.

³ Лысых И.Г. Технология и технические средства для поточной гравитационной сушки семян подсолнечника. Диссертация. М.:2004

⁴ Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 ст.

⁵ Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 ст.

⁶ Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. Изд. 2-е, перераб. М.: Энергия, 1972. – 320 ст.

⁷ Гинзбург А.С., Резчиков В.А. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М., «Пищевая промышленность», 1966. – 196 с.

⁸ Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Гуламов Ш.М. Управление и автоматизация технологических процессов. Т.: Укитувчи, 2011.

⁹ Юсупбеков Н.Р., Нурмухаммедов Х.С., Зокиров С.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. -Т.: Наука и техника, 2015, 848б.

¹⁰ Мухитдинов Дж.Н., Юнусов Б. Х., Якубов С. И. Исследование температурных полей вихревой камеры сушилки для дисперсных материалов. «Химическая промышленность сегодня», 2003 й. - Москва., № 12.

¹¹ Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Дж.П., Технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш асослари. –Т.: Сано-стандарт, 2019. 480 б.

средств для сушки, оптимизация процессов сушки, моделирования, ускорения тепло- и массообмена в процессе сушки. Несмотря на достигнутые значительные успехи в решении данной проблемы недостаточно уделено внимания вопросам разработки устройств и технологий сушки комбинированным способом, предназначенным для конкретных видов зерна и семян.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательского проекта планов научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета на тему ОТ-Ф7-88–«Совершенствование практических основ перспективных энерго- и ресурсосберегающих тепло- и массообменных процессов сложных химико-технологических систем получения чистых продуктов» (2017-2020).

Целью исследований является повышение эффективности процесса сушки и снижение энергоемкости за счет совершенствования конструкции аппарата и технологического процесса для сушки семян подсолнечника, обоснование параметров зерносушилки барабанного типа.

Задачи исследования:

анализ устройств и технологий сушки зерна и усовершенствование устройства, наиболее подходящего для сушки семян подсолнечника

разработка и изготовление по результатам анализа усовершенствованного сушильного аппарата;

определение кинетических закономерностей сушки семян подсолнечника в разработанной сушилке барабанного типа;

разработка математической модели, отражающей влияние технологических параметров разработанной сушилки на величину удаления влаги из высушиваемого материала;

проведение натурных экспериментов на физической модели и обработка результатов эксперимента.

Объектом исследования является процесс сушки семян подсолнечника в разработанном сушильном аппарате.

Предмет исследования составляют разработанной аппарат для сушки семян подсолнечника и технологические параметры, обеспечивающие интенсификацию и энергосбережение процесса сушки.

Методы исследования. В диссертационной работе применены методы аналитического и эмпирического моделирования, проведения эксперимента и обработки полученных результатов, основные закономерности процессов тепло- и массообмена, теоретические основы химической и пищевой технологии; использованы современные измерительные приборы в лабораторных условиях.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана конструкция комбинированного аппарата барабанного типа для повышения эффективности сушки и снижения потребления

электроэнергии за счет дополнительного использования солнечной тепловой энергии для сушки семян подсолнечника;

разработан метод экспериментальных исследований, позволяющий получить точные экспериментальные значения процесса сушки семян подсолнечника в разработанной сушилке на основе метода планирования эксперимента;

разработаны эмпирические математические модели, позволяющие прогнозировать удаление влаги на основе метода ротатабельного планирования второго порядка эксперимента в процессе сушки семян подсолнечника в разработанной сушилке;

разработана математическая модель, показывающая влияние дополнительного нагревания воздуха в солнечном коллекторе на энергосбережение устройства при сушке семян подсолнечника на основе линейного регрессионного анализа.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработано программное обеспечение для моделирования процесса влагопередачи семян подсолнечника в разработанной комбинированной барабанной сушилке;

изготовлен экспериментальный образец комбинированного сушильного аппарата барабанного типа, эффективно использующего тепловую энергию солнца для увеличения интенсивности сушки семян подсолнечника и энергоэффективности сушилки.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов научных положений, конкретных выводов и рекомендаций, сформулированных в рамках выполнения диссертационной работы, основывается на выполнении методически обоснованных теоретических расчетов, использовании строгих математических выкладок при решении прикладных задач расчета режимов работы сушильной установки и согласованностью данных, полученных на экспериментальной установке, с результатами математического моделирования.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в проведении глубокого анализа методов сушки и конструкций сушильных аппаратов, позволяющего осуществлять выбор необходимого метода сушки и типа сушильного аппарата, а также в разработке аналитической динамической модели, позволяющей управлять процессом сушки в сушилке барабанного типа и эмпирической модели, прогнозирующей влажность семян подсолнечника на выходе аппарата и потребление электроэнергии сушилки;

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработана инженерная методика расчета комбинированной установки барабанного типа, определены его технологические параметры работы, сформулированы принципы конструирования и изготовлена новая энергосберегающая конструкция аппарата, защищенная патентом Республики Узбекистан.

Внедрение результатов исследования. На основании научных и практических результатов, полученных при разработке комбинированного энергосберегающего аппарата для сушки семян подсолнечника:

получен Патент на изобретение Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на комбинированный барабанный сушильный аппарат для сушки семян подсолнечника (IAP 06976, 2022 г.). В результате, разработанный аппарат позволил быстро и качественно высушить собранные семена подсолнечника;

разработанный аппарат для сушки семян подсолнечника внедрен в фермерских хозяйствах «Пахтакор олтин тупроғи», «Тўлкинов Мирзиё Боғлари» и «Холмирза Болтабоев Ишончи» Баликчинского района Андижанской области (Справка № 07/31-9452 министерства сельского хозяйства от 16 декабря 2022 года). В результате за счет дополнительного использования солнечной тепловой энергии сэкономлено потребление электроэнергии до 691 Вт·ч, процесс сушки ускорился в 1,3 раза, а время сушки сократилось на 15%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 5 журнальных статей, из них 2 в зарубежных, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикациям основных научных результатов докторских диссертаций, а также получен 1 патент на изобретение и 1 свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования и сведения об апробации результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние сушки семян подсолнечника и анализ сушильных устройств**» проанализированы устройства и способы сушки семян и зерна, в том числе семян подсолнечника, выращенных за рубежом и в нашей стране. Изучены факторы, влияющие на время пребывания семян подсолнечника в барабанной

сушилке и ее производительность.

На основании анализа было установлено, что барабанная сушилка является наиболее подходящей для сушки семян подсолнечника, показана целесообразность усовершенствования этой сушилки с целью повышения производительности сушки и энергосбережения.

Во второй главе диссертации под названием «**Моделирование процесса сушки семян подсолнечника в комбинированном аппарате барабанного типа**» предложена динамическая модель для имитации и управления процессом удаления влаги семенами, которая позволяет оценивать влажность и температуру воздуха и продукта на выходе из сушилки в соответствии с различными условиями работы в сушилке барабанного типа, а также представлены эмпирические математические модели удаления влаги при сушке семян подсолнечника. Эти модели позволяют прогнозировать влажность семян подсолнечника на выходе аппарата при заданных режимах сушки.

Математическая модель процесса сушки строилась на основе следующих допущений:

- коэффициенты тепло- и массопередачи неизменны;
- диффузия влаги в осевом направлении пренебрежимо мала;
- радиационная передача тепла отсутствует;
- скорость поступления сушильного агента в осевом направлении неизменна;
- температура высушиваемого материала и сушильного агента зависят от температуры камеры и осевой координаты;
- скорость вращения барабана постоянна во времени;
- расход влажных семян в барабан является неизменным.

Сушильная установка была разбита по длине на элементарные ячейки и рассмотрен элемент, расположенный между сечениями l и $l + \Delta l$. Для каждой ячейки на основании скорости движения высушиваемого материала и его массового расхода на границах элемента рассчитывалась масса высушиваемого материала, количество влаги, переходящее из высушиваемого материала в сушильный агент в единицу времени, изменение во времени массы высушиваемого материала. Полученные соотношения позволили составить общий материальный баланс для семян подсолнуха.

$$\frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v. \quad (1)$$

В элементарном объеме, находящемся между сечениями, где происходит переход влаги из семян подсолнуха в высушивающий подогретый газ, происходит увеличение массы последнего и уменьшение массы высушиваемого материала. Этот процесс описан в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{Lm} / \rho_{Lg}). \quad (2)$$

Далее, на основе балансового уравнения прихода в исследуемую ячейку и отвода тепла из нее определялось количество тепла, содержащегося в

высушиваемом материале исследуемой ячейки в предположении, что теплоемкость семян подсолнуха является функцией только его состава, строится тепловой баланс:

$$\frac{\partial(C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lm}} (T_g - T_m) - LR_v. \quad (3)$$

На основе расчетов количества тепла, которое вносит и уносит сушащий агент в исследуемую ячейку, определения теплоемкости, зависящей от состава сушащего газа и его исходной температуры с учетом потерь тепла, получено соотношение теплового баланса для сушащего газа

$$\frac{\partial(C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lg}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} R_v. \quad (4)$$

Где: φ_x – влажность семян подсолнуха; φ_y – влажность сушащего агента; T_g – температура сушащего агента; T_m – температура семян подсолнуха; v_m – скорость семян подсолнуха в осевом направлении; v_g – скорость сушащего агента в осевом направлении; C_m – удельная теплоемкость семян подсолнуха; C_g – удельная теплоемкость сушащего газа; ρ_{Lm} – линейная плотность семян подсолнуха; ρ_{Lg} – линейная плотность сушащего газа; V_v – удельная ёмкость барабана; λ_v – удельный коэффициент теплопередачи; $L_m=L$ – теплота испарения; R_v – скорость сушки.

Приведенные выше уравнения математического описания массо-теплообменного процесса (1) - (4) запишем соответственно в виде системы уравнений массо- и теплообмена:

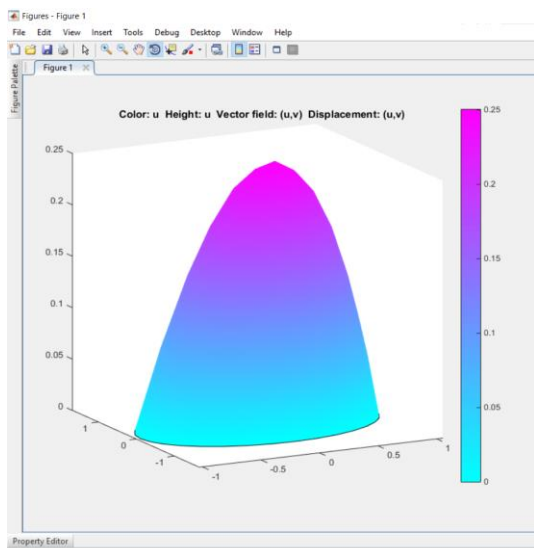
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v \\ \frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{Lm} / \rho_{Lg}) \end{array} \right. ;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial(C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lm}} (T_g - T_m) - LR_v \\ \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial(C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lg}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} R_v \end{array} \right. .$$

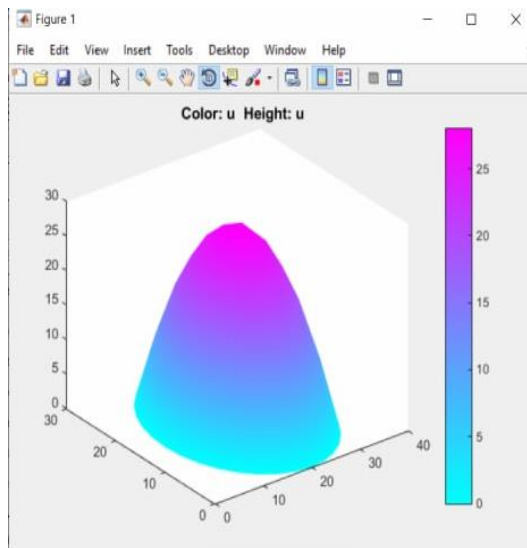
Для решения этой системы уравнений используем пакет прикладных программ PDE Toolbox.

В среде PDE Toolbox выбираем тип решаемой задачи — Generic System и откроем окно PDE Specification, в котором следует задать коэффициенты системы. В нашем случае нам нужно установить $c_{11}=1$, $c_{12}=0$, $a_{11}=0$, $a_{12}=0$, $f_1=1$, $c_{21}=0$, $c_{22}=1$, $a_{21}=0$, $a_{22}=0$, $f_2=1$ для первой системы уравнений. Для второй системы уравнений полагаем: $c_{11}=1$, $c_{12}=0$, $a_{11}=1$, $a_{12}=0$, $f_1=1$, $c_{21}=0$, $c_{22}=1$, $a_{21}=0$, $a_{22}=1$, $f_2=1$.

Решения системы уравнений изображаются графически следующим образом (рис. 1):



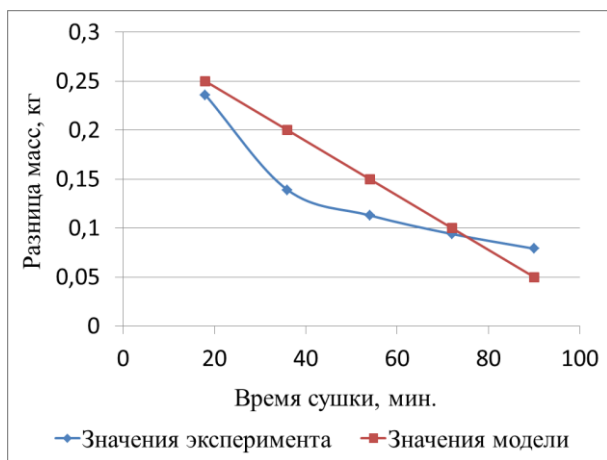
а)



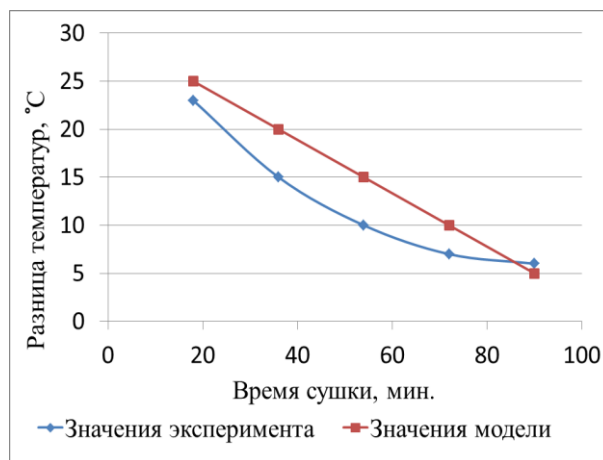
б)

Рис.1. Решения системы уравнений в графическом виде: а – решение первой системы уравнений материального баланса, б – решение второй системы уравнений теплового баланса.

Как видно из графиков, наибольшее количество решений для первой системы уравнений находится в диапазоне $0,05 \div 0,25$, а количество решений для второго уравнения находится в диапазоне $5 \div 25$. На рис. 2 представлен график сравнения значений аналитической модели и данных, полученных в ходе проведения экспериментов.



а)



б)

Рис. 2. График сравнения значений аналитической модели и эксперимента: а – процесс массообмена, б – процесс теплообмена.

Как видно из графиков на рисунке, значения найденной аналитической модели соответствуют значениям эксперимента с определенной погрешностью.

Расхождения, имеющие место между предсказанными моделью и полученными экспериментальным способом значениями объясняются тем, что коэффициенты, отражающие диффузию влаги, температуропроводности и влагоперенос находятся в трудноописуемой, а часто – неопределенной зависимости. Для семян подсолнуха определение этих коэффициентов усложняется тем, что состав семян не постоянен, имеется много видов и

сортов семян, непостоянна степень зрелости, используются различные сушильные устройства и различные технологические режимы. Поэтому было принято решение перейти к эмпирическому методу моделирования, где необходимые коэффициенты определяются на основе эксперимента.

Эмпирические математические модели созданы на основе эксперимента, проведенного на разработанной экспериментальной сушилке барабанного типа. В моделях отдельно учитывалась активность солнца в течение дня.

Процесс сушки в экспериментальной сушилке проводился при температурных режимах 80°C, 90°C и 100°C. Для сушки были взяты семена подсолнечника с начальной влажностью в диапазоне 38%÷46%. Активность солнца в процессе сушки также учитывалась и оценивалась по изменению значения температуры нагретого воздуха в солнечном коллекторе. Соответственно, температура воздуха в коллекторе изменяется в пределах 55÷65°C. Изменение влажности семян подсолнечника на выходе сушилки зависит от влияния таких входных факторов, как температура сушки, начальная влажность семян, температура воздуха в солнечном коллекторе.

Математическая модель была разработана для каждого режима сушки. Входящие факторы:

- 1) температура сушильного агента T_{ca} , °C;
- 2) начальная влажность семян подсолнечника φ_0 , %;
- 3) температура воздуха в солнечном коллекторе $T_{ск}$, °C;
- 4) продолжительность этапа сушки семян подсолнечника τ , мин.

Эксперимент проводился на основе ротатбельного планирования второго порядка.

Сначала рассмотрим изменение массы M за счет потери влаги на выходе экспериментальной сушилки семян подсолнечника.

Вычисляются среднее значение и интервал изменения (шаг), кодируются входные коэффициенты:

$$x_1^0 = \frac{x_1^{\max} + x_1^{\min}}{2}; \Delta x = \frac{x_1^{\max} - x_1^{\min}}{2}; x_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i}.$$

Математическая модель процесса сушки на экспериментальной сушилке выглядит в виде следующего уравнения регрессии:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2,$$

где b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коэффициенты регрессии.

На основе выбранного плана 2^4 коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

$$b_0 = C_1 \sum_{u=1}^{31} y_u - C_2 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u;$$

$$b_i = C_3 \sum_{u=1}^{24} x_{iu} y_u;$$

$$b_{ij} = C_4 \sum_{u=1}^{16} x_{iu} x_{ju} y_u;$$

$$b_{ii} = C_5 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u + C_6 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u - C_2 \sum_{u=1}^{31} y_u;$$

где коэффициенты C_i – вспомогательные.

Вспомогательные коэффициенты с постоянными значениями принимают следующие значения: $C_1=0,1432$; $C_2=0,0361$; $C_3=0,042$; $C_4=0,063$; $C_5=0,032$; $C_6=0,0038$.

После того, как были рассчитаны коэффициенты регрессии, они были проверены на значимость. Для этого сначала рассчитывается дисперсия параметра оптимизации по результатам экспериментов в центре планирования:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^7 (y_u - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1};$$

где \bar{y}_0 – среднее арифметическое значение выходной величины, вычисленной в средних значениях.

Значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента проверяется по следующей формуле:

$$\varepsilon(b_i) = t(P; f_i) \cdot S_{b_i},$$

где t – табличный критерий Стьюдента $t(P; f_i)$,

S_{b_i} — среднеквадратическая ошибка определения коэффициента регрессии.

Перед проверкой уравнений регрессии для адекватности на основе критерия Фишера была рассчитана дисперсия адекватности:

$$S_{адек}^2 = \frac{\sum_{u=1}^{31} (\bar{y}_u - y_{хис})^2 - \sum_{u=1}^7 (y_u - \bar{y}_0)^2}{N - k' - (n_0 - 1)};$$

После нахождения расчетного значения критерия Фишера $F_{рас.}$ его сравнивали с соответствующим значением $F_{таб.}$ из таблицы температуре сушки на основе $F(P, f_1, f_2)$ и доказывали подобие: $F_{рас.} = 2,76 < 2,79 = F_{таб.}$, $F_{рас.} = 2,3 < 2,79 = F_{таб.}$, $F_{рас.} = 2,64 < 2,79 = F_{таб.}$.

Обратное преобразование из закодированных форм входящих факторов в их фактические значения производилось по следующим соотношениям:

$$M_{80} = 42,32 - 0,81 \cdot T_{ca} - 0,0875 \cdot \varphi_0 - 0,1954 \cdot T_{ck} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 T_{ca}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0016 \cdot T_{ck}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2, \quad (5)$$

$$M_{90} = 48,046 - 0,91 \cdot T_{ca} - 0,09 \cdot \varphi_0 - 0,0994 \cdot T_{ck} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 \cdot T_{ca}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0008 \cdot T_{ck}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2, \quad (6)$$

$$M_{100} = 44,479 - 0,76 \cdot T_{ca} - 0,07875 \cdot \varphi_0 - 0,07544 T_{ck} - 0,007124 \cdot \tau - 0,00028 \cdot \varphi_0 \cdot T_{ck} + 0,00375 \cdot T_{ca}^2 + 0,0009375 \cdot \varphi_0^2 + 0,0006 \cdot T_{ck}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2. \quad (7)$$

Данные формулы (5) - (7) являются эмпирическими математическими

моделями процесса передачи массы семян подсолнечника на выходе экспериментальной сушилки для режимов средних температур сушки 80°C, 90°C, 100°C соответственно. На рис. 3 для примера представлен график сравнения значений эксперимента и модели по температуре сушки, из которого видно, что экспериментально определенные и теоретически рассчитанные данные имеют очень близкие значения.

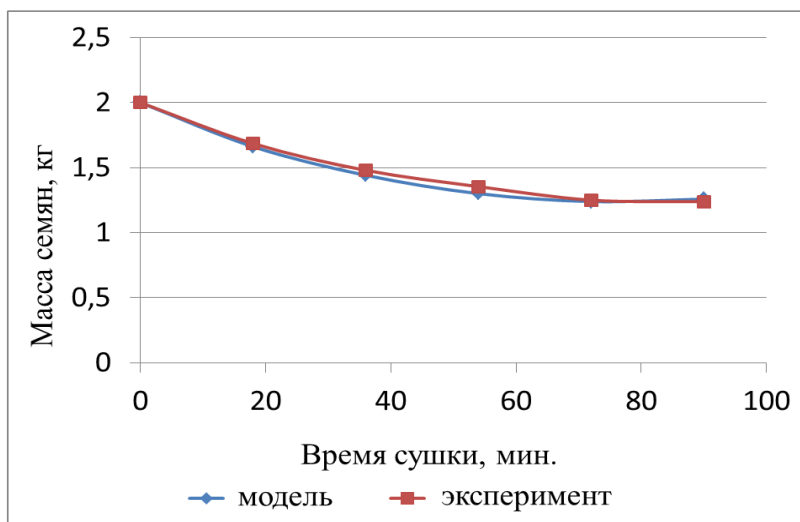


Рис. 3. График сравнения значений изменения массы по эксперименту и модели (температура сушки 100°C).

При проведении экспериментов в различных тепловых режимах входящие факторы не изменялись, количество проводимых опытов также одинаково. После соответствующих расчетов уравнения регрессии влагоотдачи семян для различных тепловых режимов сушки преобразуются к следующему виду:

$$\begin{aligned}
 y_{80} &= 17,87 - 1,1x_1 + 2,3x_2 - 1,37x_3 - 5x_4 - 2,3x_2x_4 + x_4^2, \\
 y_{90} &= 14,4 - 1,2x_1 + 1,8x_2 - x_3 - 6,5x_4 - 1,3x_2x_4 + 1,2x_4^2, \\
 y_{100} &= 13,83 - 1,3x_1 + 1,7x_2 - 1,1x_3 - 6x_4 - 1,4x_2x_4 + x_4^2.
 \end{aligned}$$

Найденные уравнения проверены на адекватность по критерию Фишера. Результаты сравнения для соответствующих режимов сушки следующие: $F_{рас} = 1,77 < 2,66 = F_{таб}$, $F_{рас} = 0,77 < 2,66 = F_{таб}$, $F_{рас} = 0,5 < 2,66 = F_{таб}$, что свидетельствует об адекватности уравнений.

После преобразования найденных уравнений регрессии из закодированных форм в их фактические значения были получены следующие выражения:

$$\begin{aligned}
 \varphi_{80} &= 7,52 - 0,55T_{ка} + 2,3\varphi_0 - 0,274T_{кк} + 0,664\tau - 0,03194\varphi_0\tau + 0,0037\tau^2; \\
 \varphi_{90} &= 50,844 - 0,6T_{ка} + 1,425\varphi_0 - 0,2T_{кк} + 0,0038\tau - 0,0182\varphi_0\tau + 0,00372\tau^2; \\
 \varphi_{100} &= 55,862 - 0,65T_{ка} + 1,475\varphi_0 - 0,2T_{кк} + 0,1572\tau - 0,0196\varphi_0\tau + 0,0031\tau^2.
 \end{aligned}$$

Эти формулы являются эмпирическими математическими моделями процесса влагопереноса семян подсолнечника для режимов средних температур сушки 80°C, 90°C, 100°C на выходе экспериментальной сушилки. На рис. 4 представлено сравнение значений, полученных по модели и из эксперимента. Из рисунка видно, что экспериментально определенные и теоретически рассчитанные данные имеют очень близкие значения

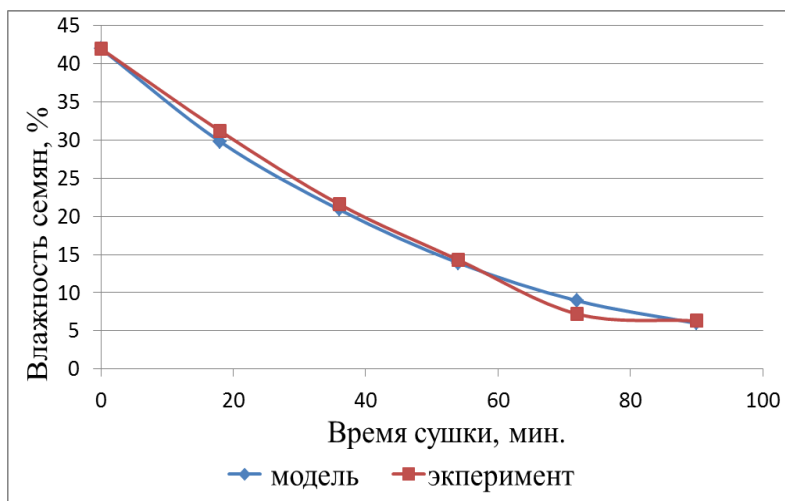


Рис. 4. График сравнения значений эксперимента и модели по удалению влаги (температура сушки 100°C).

В качестве факторов, влияющих на электроэнергосбережение экспериментальной сушилки, были приняты: температура, скорость сушильного агента и температура воздуха в солнечном коллекторе. Эксперимент проводился летом и осенью. Из-за влияния температуры атмосферного воздуха эмпирические модели дают разные значения при одинаковых температурах сушки. Сначала рассмотрим эмпирическое моделирование энергосбережения для лета. Входящие факторы и интервалы их изменения следующие:

1) температура сушильного агента T_{ca} для различных режимов составляла 80, 90 и 100°C;

2) температура воздуха в солнечном коллекторе $T_{ск}$, интервал ее изменения при всех режимах сушки составлял 55÷65°C;

3) скорость сушильного агента V_{ca} , интервал его изменения при всех режимах сушки - 0.5 м/с÷1.5 м/с.

Результаты проведенного эксперимента показали, что кривая потребления электроэнергии сушилкой имеет линейный характер. Это учтено при получении уравнений регрессии. Количество комбинаций экспериментов, проведенных для трех экспериментов с входящим фактором, равно $N = 2^3 = 8$.

Коэффициенты регрессии определяются по формуле $b_j = \frac{1}{N} \sum x_{ji} y_i$.

Значимость найденных коэффициентов определяется по критерию Стьюдента:

$$S_{b_j} = \frac{S_y}{\sqrt{N}}; \quad t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}.$$

При степени значимости $p = 0,05$ и степени свободы $f = 3 - 1 = 2$ значение критерия Стьюдента равно $tp(f) = 4,3027$. Значения коэффициентов, по модулю меньше значения этого критерия, из дальнейших расчетов были исключены из-за их малой значимости, и было получено следующее уравнение:

$$y = 2708 + 240x_1 - 92,6x_2 + 139x_3.$$

Рассчитана дисперсия адекватности:

$$S_{\text{адек}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^8 (y_{\text{экс}} - \hat{y}_{\text{рас}})^2}{N - (k + 1)}.$$

Уравнение проверено на адекватность по критерию Фишера, и подтверждено, что оно на эксперименту: $F_{\text{рас}} < F_{\text{таб}}$, т.е. $1,19 < 6,93$.

Полученное уравнение преобразовано в фактические значения, поскольку оно состояло из закодированных форм входящих факторов:

$$E_{\text{лето}} = 1380 + 24T_{ca} - 18,52T_{ск} + 279,2V_{ca}.$$

Это уравнение является эмпирической моделью, представляющей электроэнергосбереженность для лета.

График сравнения значений, полученных по модели с значениями эксперимента, представлен на рис. 5. Значения рассчитаны для случая температуры воздуха в солнечном коллекторе 65°C .

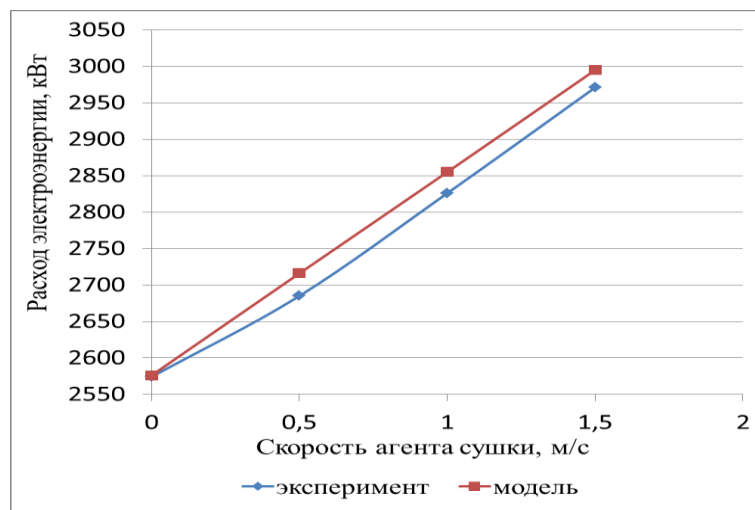


Рис. 5. График сравнения значения найденной модели со значением эксперимента по потреблению электроэнергии (для лета, температура сушильного агента 100°C).

Осенью входящие факторы, влияющие на потребление электроэнергии сушилкой, и интервалы их изменения следующие:

1) температура сушильного агента T_{ca} для различных режимов составляла $80, 90$ и 100°C ;

2) температура воздуха в солнечном коллекторе $T_{ск}$, интервал ее изменения при всех режимах сушки $45 \div 55^\circ\text{C}$;

3) скорость сушильного агента V_{ca} , интервал ее изменения при всех режимах сушки $0,5 \text{ м/с} \div 1,5 \text{ м/с}$.

После соответствующих расчетов уравнение регрессии, найденное для осени, выглядит следующим образом:

$$y = 3159 + 200x_1 - 133x_2 + 199x_3 - 77x_1x_2.$$

Уравнение было проверено на адекватность, и при преобразовании из закодированного вида в фактическое значение была получена следующая формула:

$$E_{осень} = -4639 + 97T_{ca} + 112T_{ск} + 398V_{ca} - 1,54T_{ca}T_{ск}.$$

Это уравнение является эмпирической моделью, представляющей электроэнергосбереженность для осени.

График сравнения значений, найденных по модели с значениями эксперимента, представлен на рис. 6. Значения рассчитаны для случая температуры воздуха в солнечном коллекторе 55°C .

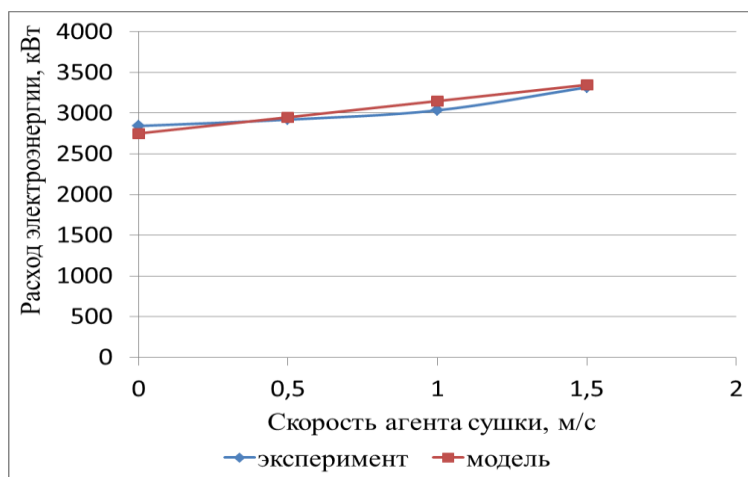


Рис. 6. График сравнения значения найденной модели со значением эксперимента по потреблению электроэнергии (для осени, температура сушильного агента 100°C).

Найденные уравнения для исследования потребления электроэнергии сушки летом и осенью адекватны экспериментальным значениям, по этим найденным уравнениям можно прогнозировать, как будет изменяться расход электроэнергии сушки в диапазоне заданных значений температуры сушильного агента и воздуха в солнечном коллекторе.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Методы и результаты экспериментальных исследований**», представлены методика проведения экспериментальных исследований и условия их проведения, разработка опытного образца сушильного аппарата для семян подсолнечника, влияние параметров аппарата на параметры сушки, результаты влияния солнечной активности на сушилку и процесс сушки.

На основе теоретических и практических исследований изготовлен передвижной экспериментальный образец аппарата для сушки семян подсолнечника производительностью 40 кг/час (рис. 7).



Рис. 7. Общий вид экспериментальной сушилки.

Результаты исследования показали, что использование экспериментальной сушилки на солнечной открытой площади было на 48% эффективнее летом, на 27% - осенью по удалению влаги и на 15% эффективнее по времени сушки, чем в облачную погоду, а производительность сушки повышается на 17,6%. При дополнительном эффективном использовании солнечной тепловой энергии в сушилке удаление влаги семян подсолнечника увеличилось в 1,33 раза летом и в 1,26 раза осенью по сравнению с облачными условиями.

Летом температуру в коллекторе за счет температуры окружающего воздуха и солнечного отражателя можно повысить в среднем на 22°C, 25°C, 29°C при температурах сушки 80°C, 90°C, 100°C. Точно так же осенью температуру воздуха можно повысить на 20°C, 22°C и 24°C, соответственно, при соответствующих температурах сушки.

Летом при режимах сушки 80°C, 90°C и 100°C скорости воздуха сушки 1 м/с экономия электроэнергии составила 13%, 12% и 11,2%, соответственно. При этих режимах сэкономилось в среднем 370 Вт·ч электроэнергии. Осенью при этих температурах сушки и скорости сушильного воздуха экономия электроэнергии составила 9%, 18% и 24,5%, соответственно. В результате дополнительно сэкономлено в среднем 691 Вт·ч электроэнергии. Поэтому при использовании солнечного коллектора и отражателя потребляемая электроэнергия экономится в большем количестве. Высокая влажность и плотность атмосферного воздуха осенью, а также низкая температура воздуха по сравнению с летом приводят к тому, что сушилка потребляет больше электроэнергии, чем летом и по сравнению с летом потребление электроэнергии возрастает на 772 Вт·ч. Потребление электроэнергии сушилкой увеличивается по мере повышения температуры сушки, а энергоэффективность снижается.

Проведенные испытания разработанной сушилки показали, что эффективность сушилки зависит от активности солнца: в самое жаркое время суток интенсивность высушивания семян подсолнечника наибольшая, а потребление электроэнергии - наименьшее.

При использовании сушилки в летний период без отражателя в

закрытом помещении можно поднять температуру в солнечном коллекторе сушилки до 26% за счет температуры окружающего воздуха, что позволяет сэкономить энергопотребление сушилки на 6% летом и на 4% осенью.

Для достижения относительной конечной влажности семян подсолнечника до 8% в сушилке в облачных погодных условиях требуется более 90 минут, а в безоблачных погодных условиях с использованием солнечного отражателя достаточно 70 минут.

Эксперименты также показали, что результаты высушивания семян подсолнечника при температуре сушильного агента 80°C и его скорости 1,5 м/с дают конечный результат идентичный тем, что получены при температуре сушильного агента 90°C, при его скорости 0,5 м/с., но с меньшими энергетическими затратами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертационной работы «Разработка комбинированного энергосберегающего аппарата для сушки семян подсолнечника» получены следующие научные результаты:

1. Проведен глубокий анализ методов сушки и конструкций сушильных аппаратов, позволяющий осуществлять выбор необходимого метода сушки и типа сушильного аппарата.

2. Показано, что используя комбинированный метод сушки, можно повысить интенсивность сушки и снизить энергопотребление аппарата.

3. Разработана динамическая модель, позволяющая моделировать и управлять процессом сушки семян подсолнечника.

4. Разработаны эмпирические математические модели сушильного аппарата, позволяющие прогнозировать влажность семян подсолнечника на выходе аппарата при различных режимных параметрах сушки.

5. Разработана эмпирическая математическая модель сушильного аппарата, позволяющая прогнозировать потребление электроэнергии сушилки за счет изменения температуры воздуха в коллекторе сушилки и скорости агента сушки;

6. Разработана методика проведения экспериментальных исследований для сушки семян подсолнечника в разработанном комбинированном сушильном аппарате барабанного типа.

7. Эффективность сушки семян подсолнечника при сушке в солнечное время по сравнению с облачной погодой в разработанной экспериментальной сушилке составляет 48 % летом, 27 % - осенью.

8. Производительность сушильного аппарата за счет использования дополнительной энергии солнца и сокращения времени сушки увеличилась на 17,6%.

9. Экономия электроэнергии при сушке семян подсолнечника на открытом солнечном поле в разработанной экспериментальной сушилке по сравнению с облачной погодой составляет 13 % летом, 9 % - осенью;

10. Эффективность сушки разработанной экспериментальной сушилки зависит от активности солнца.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02 ON THE
ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

SAFAROV ELYORBЕК XASANOVICH

**DEVELOPMENT OF COMBINED ENERGY-SAVING APPARATUS
FOR DRYING SUNFLOWER SEEDS**

**02.00.16 – Processes and apparatuses of chemical technology and food production
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.3.PhD/T1582.

The dissertation was completed at the Tashkent State Technical University.

The abstract of dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tdtu.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Muxitdinov Djalolitdin Paxritdinovich**
Doctor of technical sciences, Professor

Official opponents: **Nurmukhammedov Khabibullo Sadullaevich**
Doctor of technical sciences, Professor

Tashbaev Nazim Tulaevich
Candidate of technical sciences, associate professor


Leading organization: **Bukhara engineering-technological institute**

Defense of dissertation will take place on « 04 » 02 2023 at 11⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, st. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).


The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 299). (Address: 100095, Tashkent, st. University-2, tel.: (99871) 207-14-70)

Abstract of the dissertation distributed « 18 » 01 2023 year.
(mailing report № 1, on « 14 » 12 2022 year).




N.R. Yusupbekov
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

U.F. Mamirov
Scientific Secretary of Scientific Council,
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, associate professor


Sh.M. Gulyamov
Chairman of the Academic Seminar
under the Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to increase the efficiency of the drying process and reduce energy consumption by improving the design of the device and the technological process for drying sunflower seeds, substantiating the parameters of a drum-type grain dryer.

The object of research is the process of drying sunflower seeds in the developed drying apparatus.

The scientific novelty of the research is as follows:

the design of a combined drum-type apparatus was developed to increase the efficiency of drying and reduce electricity consumption through the additional use of solar thermal energy for drying sunflower seeds;

experimental research method developed that allows obtaining accurate experimental values of the drying process of sunflower seeds in the developed dryer based on the experimental planning method;

an empirical mathematical models have been developed to predict moisture removal based on the method of rotatable planning of the second order of the experiment in the process of drying sunflower seeds in the developed dryer;

a mathematical model has been developed that shows the effect of additional heating of air in a solar collector on the energy saving of a device for drying sunflower seeds based on a linear regression analysis.

Implementation of the research results. Based on the scientific and practical results obtained in the development of a combined energy-saving apparatus for drying sunflower seeds:

a patent for an invention of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan for a combined drum dryer for drying sunflower seeds (IAP 06976, 2022) was received. As a result, the developed apparatus made it possible to quickly and efficiently dry the collected sunflower seeds;

the developed device for drying sunflower seeds is introduced in farms “Pakhtakor oltin tuprogi”, “Tulqinov Mirziyo Boglari” and “Kholmirza Boltaboev Ishonchi” of the Balikchi district of the Andijan region (Reference No. 07/31-9452 of the Ministry of Agriculture of December 16, 2022). As a result, due to the additional use of solar thermal energy, electricity consumption was saved up to 691 W, the drying process was accelerated by 1.3 times, and the drying time was reduced by 15%.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Юсупбеков Н.Р, Мухитдинов Д.П, Сафаров Э.Х. Сочилувчан материаллар учун аэродинамик гелио куритгич.// Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк Агентлиги. Расмий ахборотнома 6 (254). 183 б. Ихтирога патент № IAP 06976, 31.05.2022 й.

2. Mukhitdinov J. P., Safarov E. X. Reviewing Technologies and Devices for Drying Grain and Oilseeds // Chemical technology. Control and management. – 2021. – №3(99). –pp. 05-19. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.3-77-0014> (05.00.00 № 12).

3. Mukhitdinov J. P., Safarov E. X., Olimov B. K. Research of a Combined Energy-Saving Drum Dryer for Drying Sunflower Seeds // Har. Edu.a.sci.rev., Vol.2. Issue 1 Pages 35-52. United Kingdom, 2022-02-11. (05.00.00 № 4).

4. Safarov E.X. Study of the Influence of the Drying Agent Speed on the Operation of A Combined Energy-Saving Drum Dryer // Universum: технические науки. Moscow, 2022.-№8(101)-С.18-23.
doi:10.32743/UniTech.2022.101.8.14120. (02.00.00; №1)

5. Mukhitdinov J. P., Safarov E. X. Mathematical Modeling of The Process of Removing Moisture of Sunflower Seeds in a Combined Rotating Drumble Solar Dryer // Chemical technology. Control and management. – 2022. – №3(105). –pp. 54-61. (05.00.00 № 12).

6. Mukhitdinov J. P., Safarov E. X. Energy Saving Modeling of a Combined Rotary Drum Dryer // Chemical technology. Control and management. – 2022. – №4-5 (106-107). –pp. 52-57. (05.00.00 № 12) (Олий аттестация комиссияси раисининг 2022 йил 30 сентябрдаги 471-сон қарорига асоан Scopus базасидаги хорижий илмий журналлардаги илмий мақолаларга тенглаштирилган).

II бўлим (Часть II; PartII)

7. Сафаров Э.Х. Кунгабоқар донларини қуритиш қурилмаларининг қиёсий тахлили ва мос қуритиш қурилмасини танлаш / “Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар” мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. АндМИ 2020 – Б. 169-175.

8. Сафаров Э.Х. Энергия тежамкор қуритиш барабани ишлашининг алгоритмик дастурини ишлаб чиқиш / ТошДТУ “Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари” мавзусидаги халқаро илмий-техник анжуман. 17-19 сентябрь. ТошДТУ 2020 – Б. 275-276.

9. Сафаров Э.Х., Олимов Б.К. Қишлоқ хўжалигида етиштириладиган донларни замонавий кўринишдаги қуритиш қурилмаларининг синфланиши /

“Ишлаб чиқаришга инновацион технологияларни жорий этиш ва қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш муаммолари” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-техник анжумани. Жиззах Политехника Университети 2020. – Б. 120-121.

10. Мухитдинов Д.П., Сафаров Э.Х. Проблемы сушки зерновых и масличных культур при подготовке к длительному хранению / «Цифровые технологии, инновационные идеи и перспективы их применения в сфере производства» международная научно-практическая конференция. АндМИ 2021. – С. 10-12.

11. Сафаров Э.Х. Янги энергия тежамкор барабанли қуритгич қурилмасини таклиф этиш масаласи / «Рақамли технологиялар, инновацион ғоялар ва уларни ишлаб чиқариш соҳасида қўллаш истиқболлари» мавзусида Халқаро илмий-амалий конференция. АндМИ 2021. – Б. 510-512.

12. Сафаров Э.Х. Қуёш энергиясидан фойдаланувчи энергия тежамкор дон қуритиш қурилмасини лойиҳалаштириш масаласи / “Технологик жараёнларни автоматлаштириш тизимларини ишлаб чиқаришнинг ривожланишдаги ўрни ва вазифалари” республика илмий-амалий анжумани. ФарПИ 2021. – Б. 161-165.

13. Сафаров Э.Х. Комбинациялашган барабанли қуритгичда қуритилаётган кунгабоқар уруғларини масса йўқотиш жараёнининг математик моделини тузиш / “Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги – озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” мавзусидаги II-Халқаро анжумани илмий ишлар тўплами. ТошДТУ 2022. – Б. 159-160.

14. Мухитдинов Д.П., Сафаров Э.Х. Комбинациялашган барабанли қуритгичда кунгабоқар уруғларининг намлик бериш жараёнини моделлаштириш / ЭХМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 20224538.

Автореферат «Техника фанлари ва инновация» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 1/23.

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