

ISBN: 978-93-54653-52-8

DEVELOPMENT OF ENERGY- SAVING DEVICE COMBINED WITH SUNFLOWER SEEDS DRYER



Author:

E. H. SAFAROV

Published by

Novateur Publication

466, Sadashiv Peth, M.S.India-411030

novateurpublication.org

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ
АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ**

Э.Х. САФАРОВ

**КУНГАБОҚАР УРУҒЛАРИНИ ҚУРИТУВЧИ
КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ҚУРИЛМА
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

МОНОГРАФИЯ

India – 2023

Ушбу монографияда кунгабоқар уруғларини қуритиш қурилмалари ва технологиялари тадқиқ қилинган, мос қуритиш қурилмаси ва технологиялари танлаб олиниб, улар асосида комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш қурилмаси ишлаб чиқилган, қуритиш жараёнини тавсифловчи математик моделлар тузилган.

Кунгабоқар уруғларини қуритиш қурилмалари ва технологияларининг таҳлили ва тадқиқи шу йўналишда тадқиқот олиб борувчи докторантлар, магистратура талабалари ҳамда мустақил тадқиқотчилар учун тавсия этилади.

Монография материалларидан кимёвий технологик жараёнлар ва қурилмалар, технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш, технологик жараёнларни идентификациялаш каби ўқув курслари ва фанларни ўқитишда фойдаланиш мумкин.

Андижон машинасозлик институти Илмий Кенгаш Қарори (2023 йил 16 декабрдаги 4-сон баённома) билан нашр этишга тавсия этилган.

Такризчилар:

1. Б. Беккулов – Андижон машинасозлик институти “Умумтехника фанлари” кафедраси мудири, т.ф.ф.д.
2. Б. Шакиров – Андижон қишлоқ хўжалиги ва агротехнологиялар институти “Электр энергияси ва насос станцияларидан фойдаланиш” кафедраси мудири, т.ф.д.

МУНДАРИЖА

	КИРИШ.....	5
I-БОБ.	КУНГАБОҚАР УРУҒЛАРИНИ ҚУРИТИШНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ ВА ҚУРИТИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ТАҲЛИЛИ.....	8
1.1.	Кунгабоқар уруғларини қуритишнинг аҳамияти.....	8
1.2.	Кунгабоқар уруғларини қуритиш қурилмаларининг синфланиши.....	10
1.3.	Кунгабоқар уруғларини қуритиш усуллари ва қурилмаларининг таҳлили. Мос қуритиш қурилмасини танлаш.....	12
1.4.	Кунгабоқар уруғларини барабанли қуритгичда қуритиш жараёнини моделлаштириш.....	26
1.4.1.	Кунгабоқар уруғларининг барабанли қуритгичда бўлиш вақтига ва унинг унумдорлигига таъсир қилувчи омиллар моделлари.....	27
	Биринчи боб бўйича хулосалар.....	31
II-БОБ.	БАРАБАН ТИПИДАГИ КОМБИНАЦИЯЛАШГАН АППАРАТДА КУНГАБОҚАР УРУҒЛАРИНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ.....	32
2.1.	Барабан типдаги қуритиш аппаратида иссиқлик ва масса узатиш жараёнларини моделлаштириш.....	32
2.1.1.	Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг моддий баланс тенгламаси.....	32
2.1.2.	Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг иссиқлик баланс тенгламаси.....	35
2.1.3.	Қуритувчи газ иссиқлик оқимининг моддий баланс тенгламаси.....	38
2.1.4.	Қуритувчи газ иссиқлик оқимининг иссиқлик баланс	

	тенгламаси.....	39
2.2.	Барабан типдаги комбинациялашган қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларининг қуритилиш жараёнини эмпирик моделлаштириш.....	47
2.2.1.	Қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларини масса йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.....	49
2.2.2.	Қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларини намлик йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.....	62
2.3.	Барабан типдаги комбинациялашган қуритиш аппаратида энергия тежамкорликни математик моделлаштириш.....	72
2.3.1.	Қуритиш аппаратининг ёз ойи учун энергия тежамкорлик эмпирик моделини ишлаб чиқиш.....	73
2.3.2.	Қуритиш аппаратининг куз ойи учун энергия тежамкорлик эмпирик моделини ишлаб чиқиш.....	77
	Иккинчи боб бўйича хулосалар.....	82
III-БОБ.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАРНИ ЎТКАЗИШ	
	УСУЛЛАРИ ВА НАТИЖАЛАРИ.....	83
3.1.	Экспериментал тадқиқотлар ўтказиш услуби.....	83
3.2.	Экспериментал қуритиш аппарати тавсифи.....	84
3.3.	Экспериментал тадқиқотлар натижалари.....	88
3.3.1.	Қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларининг масса ва намлик ўзгариши тажриба натижалари.....	89
3.3.2.	Қуритиш аппарати қувват сарфининг тажриба натижалари...	96
	Учинчи боб бўйича хулосалар.....	102
	Хулоса.....	103
	Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	104
	ИЛОВАЛАР.....	117

КИРИШ

Жаҳонда сўнгги 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, жараёни 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 қуриш 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 камайитишни 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” вазифалари белгилаб берилган [1]. Мазкур вазифаларни бажаришда, жумладан, ихчам, кўчма, энергия тежамкор, фойдаланишга қулай ва таннархи арзон бўлган қуритиш қурилмаларидан фойдаланган ҳолда 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-техникавий 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 қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида” ги президент Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятларга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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. Ченин, И.Г. Лысых, А.В. Лыков, В.В. Кафаров, П.Д. Лебедев, А.С. Гинзбург ва бошқалар, мамлакатимиз олимларидан Н.Р. Юсупбеков, Ҳ.С.Нурмухаммедов, Дж.Н. Мухитдинов, Дж.П. Мухитдинов ва бошқалар ўзларининг ҳиссаларини қўшишган.

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, симуляциялаш, қуритиш жараёнида иссиқлик ва масса алмашилишни 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.

Ушбу монографияни ўқиб, ўрганиб тақриз ёзиб берган т.ф.д., Б. Шакиров ва т.ф.ф.д. Б. Беккуловларга самимий миннатдорчилигимизни изҳор қиламиз.

I-БОБ. КУНГАБОҚАР УРУҒЛАРИНИ ҚУРИТИШНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ ВА ҚУРИТИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ТАҲЛИЛИ

1.1-§. Кунгабоқар уруғларини қуритишнинг аҳамияти.

Маълумки, йилдан йилга бутун дунёда қишлоқ хўжалиги озиқ овқат маҳсулотларига талаб ортиб бормоқда. Хусусан, дон маҳсулотларига талаб жуда юқори. Қишлоқ хўжалиги донларини кўп миқдорда ва сифатли етиштириш ҳозирда жуда долзарб бўлиб турибди. Донларни етиштириш маълум босқичлардан иборат бўлиб, ҳар бир босқич муҳим аҳамиятга эга. Ушбу босқичлардан бири йиғиштириб олинган қишлоқ хўжалиги донларини қуритиш жараёнидир.

Қишлоқ хўжалиги донларини қуритиш уларни узоқ муддат сифатли ҳолатда сақлаш учун муҳим ҳисобланиб, жараён қуритиш қурилмаларида амалга оширилади. Дон хусусиятларини ҳисобга олиб қуритиш сақлаш муддатини узайтиради ва ҳаражатларини камайтиради [2-6]. Қуритиш жараёнининг яна аҳамиятли жиҳати шуки, донлардан узоқ муддат сифатли хом ашё сифатида фойдаланиш имконини беради.

Кунгабоқар дунёдаги энг кўп етиштириладиган мойли дон ўсимликларидан бири ҳисобланиб, асли ватани Шимолий Америка. Ҳозирда кўплаб давлатларда турли иқлим шароитларида етиштирилади, масалан, Россия, Украина, Хитой, Франция, Аргентина, АҚШ. Маълумотларга кўра, сўнгги беш йилликда кунгабоқар ер юзидаги 72 та мамлакатда ўртача 25-26 млн. гектардан ортиқ майдонда етиштирилиб, ўртача 40,5-42,0 млн. тонна ҳосил етиштирилган [7]

Кунгабоқар уруғи таркибида 30–60 фоиз мой, 16 фоиз оқсил, мой таркибида 62 фоизгача биологик фаол линол кислотаси, А, Д, Е, К витаминлари бўлади. Озиқлилиги бўйича мойининг оғирлик бирлиги картошканинг 8, ноннинг 4, шакарнинг 2,3 бараварига тенгдир. Мойининг асосий қимматлилиги инсон озиқланиши зарур бўлган фосфатидлар, ёғни эритувчи А, Д ва Е витаминларга бойлигидир. Мойининг таъми, мазаси

туфайли дунёда энг кўп истеъмол қилинадиган мойлар сирасига киради [8-17].

Мойли экинларга мансуб бўлган кунгабоқар уруғлари далалардан йиғиштириб олингандан сўнг, ўзининг паст оқувчанлиги, юқори намлиги, қобиғининг механик мустаҳкамлиги пастлиги, уруғ таркибининг турли хиллиги (ядро, мева ва уруғ қобиғининг мавжудлиги), уруғларнинг катталиги, вазни ва намлиги, мева қобиғи мустаҳкамлигининг пастлиги, намлик инерцияси, паст иссиқлик ўтказувчанлиги билан ажралиб туради [18-26].

Йиғиб олинган кунгабоқар уруғларининг намлиги 15% дан 50% гача бўлиши мумкин. Кунгабоқар уруғининг сифатини сақлаб қолиш ва донда салбий физик-кимёвий ўзгаришларнинг олдини олиш учун ўз вақтида қуритиш зарур [27].

Янги йиғиб олинган мойли уруғларни, хусусан, кунгабоқар уруғларининг ўзига хос хусусияти сақлаш вақтида уларнинг беқарорлиги ошиши ҳисобланади. Қуритиш мойли уруғларни узоқ муддатли сақлашга тайёрлашнинг асосий усулларида бири бўлиб, энергия сарфига ва мойли уруғларни қайта ишлаш сифатига таъсир қилади. Қуритишнинг мақсади хом ашёни биологик, физик-кимёвий ва механик хусусиятлари яхшиланган саноат материалига қайта ишлашдир [28, 29]. Кунгабоқар уруғини тижорат ва уруғлик мақсадларида қуритиш учун термал ва намлик шароитлари бўйича оқилона тавсиялар йўқ, шунинг учун уларни қуритиш учун дон қуритгичлар ишлатилади.

Уруғларнинг бир хилда қуритилиши уларни ўз-ўзидан қизишини ва бошқа ёмон оқибатларни олдини олган ҳолда сақлаш муддатини белгилайди [30,31]. Шунини алоҳида таъкидлаш жоизки, кунгабоқар уруғлари юқори ҳарорат (120°C дан юқори ҳарорат)да қиздирилганда уруғ қобиғининг ҳаддан ташқари қуриши оқибатида шикастланиш ортади. Қобиғи шикастланган кунгабоқар уруғлари ёмон сақланади ва тезда ёмонлашади. Бироқ, кунгабоқар уруғларини 70°C дан юқори ҳароратда қуритиш ёғ сифат

кўрсаткичларига фойдали таъсир кўрсатади [32]. Шунинг билан олиб кунгабоқар уруғларини 80-100°C ҳароратларида қуритиш мақсадга мувофиқдир.

Хом ашёни сақлаш пайтида уни комплекс қайта ишлашга имкон бермайдиган қўшимча йўқотишларга заиф моддий-техник база ва ривожланмаган инфратузилма киради. Шу боис, кунгабоқар уруғлари учун маълум ихтисослаштирилган қуритгичларни такомиллаштириш ва янгиликларини яратиш, ёқилғи-энергетика салоҳиятидан оқилона фойдаланган ҳолда юқори сифатли, биологик қимматли, экологик тоза, органолептик, озуқавий ва уруғлик сифатларини сақлаб қола оладиган қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етказиб бериш муаммоси долзарб илмий муаммо ҳисобланади. Бу кўрсаткичлар кўп жиҳатдан иссиқлик билан ишлов бериш сифатига боғлиқ [33, 34]. Шу билан бирга, нафақат яқиний маҳсулот сифатини ошириш, балки аппаратларнинг унумдорлигини ошириш, уларнинг кўп қиррали бўлиши ва харажатларни камайтириш вазифаси ҳам ҳал қилиниши керак.

Турли хил материаллар қуритилганда, ҳар бирининг хусусиятларини батафсил ўрганишни талаб қилади, бу қуритиш мосламасини ва қуритиш технологиясини тўғри танлаш учун зарурдир. Ҳозирги вақтда уларнинг ҳар бири учун жуда кўп турли хил қуритиш технологиялари ва аппаратлари мавжуд [35], бу қиёсий таҳлил ва бундан ташқари, уларни тавсифлашни жуда қийинлаштиради.

Дон ва уруғларни қуритиш муҳимлигидан қуритиш қурилмаларининг муҳимлиги ўз ўзидан маълум бўлади. Қуритиш қурилмаларини ўрганиш ва таҳлил қилиш уларни турли синфларга ажратиш билан бошланади. Қуйида қуритиш қурилмаларининг синфланиши ҳақида маълумот берилади.

1.2-§. Кунгабоқар уруғларини қуритиш қурилмаларининг синфланиши.

Қуритиш қурилмаларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқишда уларнинг синфланишини билиш жуда муҳим ҳисобланади. Чунки ҳар бир

куриткичда муайян усул ёки усуллар қўлланилади. Мазкур усуллар ўзининг камчилик ва афзаллигига эга бўлиб, бундан қурилманинг ҳам афзаллиги келиб чиқади, ёки камчилиги кўзга ташланади. Бундан ташқари куриткич қурилмалар ҳақида батафсил маълумотга эга бўлиш ёки уларни таҳлил қилиш учун ҳам синфланишни билиш, ўрганиш зарур. Қуритиш қурилмаларини қанча кўп турларга ажратиш қуритиш ҳақидаги билимларни шунчага бойитади.

Ҳозирда қуритиш усулларини чуқур ўрганган ҳолда уларни бир қурилмада бирлаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Қуритишнинг бундай тури комбинациялашган усул дейилади.

Замонавий қуритиш қурилмалари қуйидаги хусусиятларга кўра синфланади [36, 426-бет, 37, 426-бет, 38; 39, 208-бет, 40, 41-43 бетлар, 41, 7-13бетлар, 42]:

- қуритиладиган материалга иссиқлик бериш усули бўйича – конвектив, контактли, радиацион;
- қуритиш камерасидаги ҳаво босимига кўра – атмосферали ва вакуумли;
- ишлаш тавсифи бўйича – даврий ва узлуксиз таъсирли;
- қурилмани қуритиш агенти турига кўра;
- қуритиш агентининг циркуляцияси бўйича – табиий ва мажбурий циркуляцияли қурилмалар;
- қуритиш агентининг материалга нисбатан ҳаракати тавсифи бўйича – тўғри оқимли ва қарши оқимли;
- қуритувчи ҳавонинг қиздириш усули бўйича – ёнишли иссиқлик генератори, сувли калориферли, буғли калориферли, электр қиздиришли, комбинациялашган.
- қуритувчи ҳавонинг фойдаланиш қарралилиги бўйича – бир ва кўп қарралик.
- тузилиш хусусиятлари бўйича – шахтали, мавҳум қайнаш қатламли, инфрақизил нурли, барабанли, пневмокуриткич, лентали ва х.з.

Қатламдаги қуриштиш жараёнининг асосий қонуниятларига таъсир қилувчи дон қатламининг ҳолати қуриштиш қурилмасининг асосий характеристикасини белгилайди.

Нам материалларни конвектив қуриштиш пайтида намлик материалда материал бўлақларининг марказидан атроф-муҳитга чиқиш йўналишида ҳаракат қилади, бу намлик материал сиртида қуриштиш воситаси орқали чиқариб ташланади. Маҳсулот ичидаги намликнинг ҳаракати ҳарорат градиенти таъсирида ҳам содир бўлади ва иссиқлик оқимининг йўналишига эга бўлиб, иссиқлик намлик ўтказувчанлигининг таъсири намоён бўлади. Қуриштишнинг у ёки бу усулини қўллаш натижасида намлик ўтказувчанлиги ва иссиқлик намлик ўтказувчанлиги натижасида намликнинг ҳаракат йўналишлари бир-бирига тўғри келиши мумкин, сўнг намликнинг буғланиш жараёни анча жадалроқ давом этади ёки намлик ўтказувчанлик натижасидаги намлик буғланиши иссиқлик намлик ўтказувчанлик натижасидаги намлик буғланиш жараёнини секинлаштириши мумкин [23, 26; 36, 435-437 бетлар,]

Намлик йўналишларининг мос келишини таъминлаш учун уруғнинг сирт ҳарорати ядро ичидаги ҳароратдан паст бўлиши керак. Акс ҳолда, қуриштиш сезиларли даражада секинлашади.

1.3-§. Кунгабоқар уруғларини қуриштиш усуллари ва қурилмаларининг таҳлили. Мос қуриштиш қурилмасини танлаш.

Ҳозирда қишлоқ хўжалиги дон ва уруғ маҳсулотлари, хусусан кунгабоқар уруғларини қуриштишнинг бир қанча усуллари мавжуд. Ҳар бир усул донларга иссиқликни бериш технологиясига қараб бир-биридан фарқ қилади. Усуллар ичида конвектив усул энг кўп тарқалган усул ҳисобланиб, мазкур усулда қуриштиш жараёни қуриштиш агенти (қизиган ҳаво ёки ҳаво-газ аралашмаси)ни дон ва уруғ қатламлари орасидан ўтказиб, намликни буғлантириш ҳамда буғланган намликни ҳаво оқими орқали қуриштиш камерасидан ташқарига чиқариб юбориш орқали амалга оширилади. Конвектив усул ёрдамида дон қатламини қуриштиш ва совутиш имконияти

мавжуд. Ушбу усулда қуритиш агентини дон оқими йўналиши бўйича, унга карама-қарши йўналишда, кўндаланг йўналишда ва аралаш кўринишда юбориш мумкин.

Кондуктив (контактли) усулда дон ва уруғлар қиздирилган юзага тегиб туради ва иссиқлик бевосита шу қизиган юзадан иссиқлик ўтказувчанлик орқали берилади. Ушбу усулда қуритгичдан сув буғини чиқариб ташлаш учун ҳаво талаб қилинади. Ушбу усулда иссиқлик узатиш коэффиценти конвектив қуритишга қараганда анча юқори. Бу хусусият ушбу усулнинг афзаллиги ҳисобланади. Шу афзаллиги билан дон қатламининг паст ҳароратида кам энергия сарфлаб уруғ ва донларни яхши сифатда қуритиш мумкин. Лекин, ушбу усулда уруғ ва донларни ҳажм бўйича текис қуритиш таъминланмайди, самарадорлиги нисбатан паст. Шунинг учун бу усул кам қўлланилади.

Радиацион усул бу табиий қуритиш усули бўлиб, уруғ ва дон маҳсулотларини қуёш нури ва табиий қуритиш агенти таъсирида кенг майдонга ёйиб чиққан ҳолда қуритиш тушунилади. Ёйилган уруғ ва донларнинг қалинлиги қанча кичик бўлса, қуритиш жараёни шунча самарали кечади. Ушбу усул энг арзон қуритиш усули бўлишига қарамасдан, уруғ ва донларни ёйиш ва йиғиштириш оворагарчилиги, қуритиш учун узоқ вақт талаб элиши каби камчиликларга эга.

Инфрақизил нурли қуритиш усули мазмунан радиацион усул билан мос келади, яъни табиий қуёш нуридаги мавжуд инфрақизил нурлар электр токи орқали ишлаб чиқилади. Ушбу инфрақизил нурларни уруғ ва донлардаги сув ўзига ютади, нурлар уруғларнинг ичига кириб иссиқликни пайдо қилади. Инфрақизил нурли қуритиш усулида қуритилаётган маҳсулотга бериладиган иссиқлик оқими конвектив усулга нисбатан бир неча ўн марта кучлироқ берилади. Лекин, ушбу усулда қуритилаётган уруғ ва дон уюмларини қуритиш вақтидаги қалинлиги алоҳида аҳамиятга эга.

Сублимацион (молекуляр) қуритиш усули музлатилган маҳсулотдан вакуум орқали намликни чиқариш усули ҳисобланади. Ушбу усулда

намликни буғлатиш учун зарурий иссиқлик қуритилаётган маҳсулотдан чиқарилади ва маҳсулотдаги намлик музлайди. Сублимацион қуритиш усули сувнинг қаттиқ ва газсимон агрегат ҳолатда бўла олишига асосланган бўлиб, музлаган маҳсулотга иссиқлик берилганда муз буғланиб сув буғига айланади. Маҳсулотдаги молекуляр тузилиш сақланиб қолади.

Микротўлқинли қуритиш усули қуритиш электр токи билан амалга ошириладиган усул ҳисобланиб, уруғ ва дон маҳсулотларининг қуритилиши ўта юқори частотали (ЎЮЧ) электромагнит майдонда амалга оширилади. Майдонда ҳосил бўлган катта иссиқлик уруғ ва донларни қуритади. Уруғ ва донларнинг молекулалари қутбланган, заррача ишқаланиши билан биргаликда тебранувчан ҳаракатни амалга оширади. Бу усулда ҳарорат ва намлик градиенти ўзаро мос келади. Электр энергиясини электромагнит майдон энергиясига айлантириб бериш фойдали иш коэффициентининг пастлиги ушбу усулнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Шу сабабдан микротўлқинли қуритиш қурилмаларини 50% дан юқори бўлмаган намликда фойдаланиш мақсадли ҳисобланади.

Юқорида келтирилган қуритиш усуллари ўзининг қатор афзалликларига қарамадан маълум камчиликларга эга ҳам бўлмоқда. Шунининг оқибатида, ҳозирги вақтда турли қуритиш усуллари ўзида бирлаштирилган комбинациялашган қуритиш усуллари ишлаб чиқилмоқда ва ривожланмоқда. Масалан, конвектив усулни контактли, радиацион ва электр токи ёрдамида қуритиш усуллари билан биргаликда қўллаш мумкин. Комбинациялашган усуллари қўллаш қуритиш жараёнини сезиларли тезлаштириб беради, истеъмол қилинаётган энергияни тежайди, жараённи бошқаришнинг янада мослашувчан кўринишига эга бўлинади, қуритилаётган маҳсулотнинг аҳамиятли хусусиятлари жуда яхши сақланиб қолади.

Қуритиш усуллари афзаллик ва камчиликлари қуритиш қурилмаларига ҳам таъсир этади. Қуйида уруғ ва донларни қуритишда кенг ишлатиладиган қуритиш қурилмаларини кўриб чиқамиз.

1. Шахтали қуриткич.

Шахтали қуриткичлар вертикал жойлашган бўлиб, қуритиш жараёни гравитацион майдонда аста-секин тушадиган уруғларнинг зич қатламида амалга оширилади. Уруғлар қуриткичда қуритиш агенти бериладиган ва чиқариб юбориладиган шахмат тартибидаги горизонтал жойлашган қутилар орқали оқиб тушади [43].

Ушбу турдаги қуриткичларнинг ўзига хос хусусияти конструкциясининг соддалиги, юқори унумдорлиги, фойдаланиш қулайлиги ҳисобланади [44, 45]. Қурилма стационар ва мобил қўринишларда бўлиши мумкин [46]. Ушбу қуриткичларнинг жуда кўп турлари мавжуд бўлиб, улар тўғри оқимли ва айланмали (рециркуляциявий) турларга бўлинади [40, 50-бет].

Иссиқлик ва энергия сарфи бўйича яхши кўрсаткичларга эгаллиги шахтали қуриткичларнинг афзаллиги ҳисобланади, лекин, улар қуйидаги мавжуд камчиликларга эга: юқори металл сарфи, дон қатламининг нотекис исиши, оксил миқдори ва сифати ҳамда доннинг уруғлик сифатининг пасайиши, намлик билан тўйинганлиги сабабли материал қатлами бўйлаб ҳаракатланаётганда газни қуритувчи восита сифатида ўз хусусиятларини йўқотиш эҳтимоли [47], газ ва доннинг нотекис ҳаракати туфайли қуритиш газининг ҳар бир донга бир текис тегиб ўтишининг иложи йўқлиги туфайли нотекис қуритишни юзага келиши [48]. Бундан ташқари, қуритишдан олдин донни яхшилаб тозалаш зарурлигини, қурилмани тикилиб қолганлардан тозалашнинг мураккаблиги, юқори намликка эга уруғларни такрорий қуритиш зарурлигини таъкидлаш мумкин [45, 49].

Ушбу турдаги қурилмаларнинг самарадорлигини ошириш масалаларини ҳал қилишга қаратилган бир қатор ихтиролар ва патентлар мавжуд [50-53]. Шундай қилиб, [54] да совутиш устунларида донни совутишда қуриткичнинг пастки иш камерасидан қўшимча қуритиш зонаси сифатида фойдаланиш таклиф қилинди. [55] да сочилувчан материалларни қуритиш сифатида қуритишнинг ҳар хиллигини камайтириш, материал

оқимини инверсиядан олдин икки қисмга бўлиш, яъни уни механик аралаштириш ва тортишиш ҳаракати тезлигини назорат қилиш орқали эришиш таклиф этилади. [56] да [57] да тасвирланган қурилманинг камчилиги таклиф этилади, бу эса қурилманинг жуда катта габарит ўлчамларга эга эканлиги билан боғлиқ, шахта-модулли конструкция донни иситиш ва совутишнинг бир хиллигини таъминламайди, катта энергия харажатлари мавжуд, қуритиш агентининг атроф-муҳитга чиқарилиши туфайли атроф-муҳитнинг ифлосланишини дон каналларининг ташқи деворларини тешиш, қайта ишланган иссиқлик ташувчини рециркуляция қилиш учун ташқи корпусни ўрнатиш орқали бартараф қилиш керак, иссиқлик ташувчиларни тозалаш учун эса циклонлар ўрнатиш керак, шундан сўнг қайта ишланган иссиқлик ташувчиларининг оқимлари мос равишда қуритиш ва совутиш зоналарига қайтарилиб, рециркуляция контурларини шаклланиши билан энергия сарфи камаяди. [58] да қуритиш камерасида алмашиниб келадиган қаторларда жойлашган таъминот қутилари таъминот камераси билан очиқ кўндаланг юза орқали бўлган улаш билан унумдорликни ошириш, элеваторларнинг баландлигини камайтириш орқали дон қуритгичининг ўлчамларини камайтириш, шахтали дон қуритгичининг барқарорлигини ошириш, шунингдек ўрнатиш харажатларини камайтириш усули таклиф этилади. [59] га кўра энергияни тежашга ва иссиқлик элткични тўлиқроқ қайта ишлашга қурилмани ички ажратувчи қилиндр, ҳаракатланувчи цилиндр-ростлагич ва ҳаракатланувчи ҳалқа ёрдамида жиҳозлаш орқали эришилади.

Шахта типигадаги қуритиш қурилмалари бўйича ўтказилган таҳлил шуни кўрсатадики, ушбу турдаги қурилмалар доимий равишда такомиллаштириб боришда. Бироқ, ушбу турдаги қурилмаларга хос бўлган асосий камчиликлар ҳали ҳам сақланиб қолмоқда:

- уруғларни юқори намликда такрорий қуритиш зарурати;
- дон қатламини нотекис қиздириш;

- қиздирувчи газ намлик билан тўйинганлиги сабабли материал қатлами бўйлаб ҳаракатланаётганда ўзининг қуритувчи восита сифатидаги хусусиятларини йўқотиш эҳтимоли;
- газ ва доннинг нотекис ҳаракати туфайли нотекис қуритиш;
- қуритишдан олдин донни яхшилаб тозалаш зарурати;
- доннинг уруғлик хусусиятини камайтириш;
- ўлчамлар катталиги;
- юқори металл сарфи ва бошқалар.

2. Конвейерли қуриткичлар. Конвейерли қуриткичлар ичида конвейерлар жойлашган камералардан иборат. Қуриткичлар шамоллатиш жиҳозлари билан таъминланган. Қуриткичларда маҳсулотни қуритиш атмосфера босимида узлуксиз амалга оширилади. Қуритиш агенти сифатида қуритилаётган материал йўналишига қарама-қарши ёки ён томондан ҳаракатланувчи, буғда ёки ёнувчи калориферда қизиган, тоза ҳаво олинади. Лентанинг бир учига тушаётган нам материал лента бўйлаб ҳаракатланади, қуритилган қатлам лентанинг қарама-қарши учидан чиқарилади.

Конвейерли қуриткичлар шахтали қуриткичларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: ҳар хил ўлчамдаги турли хил материалларни қурита олиш имконияти, қуритиш жараёнида дон қатламларини аралаштириш имконияти, қуриткичнинг конструкцияси қуритиш жараёнини визуал кузатиш ва уни барқарорлаштиришга имкон беради. Бироқ, улар катта ҳажмли, паст унумдорликка ва ўзига хос юқори иссиқлик истеъмолига эга, ленталарнинг бузилиши ва чўзилиши техник хизмат кўрсатишнинг мураккаблигини келтириб чиқаради.

Адабиётларда ушбу турдаги қуриткичларнинг ишлашини яхшилашга қаратилган тадқиқотлар натижалари мавжуд. [60] да иссиқликнинг солиштирма сарфини камайтириш мақсадида аппаратда бункер-дозаловчи, қуритиш зонасида автоматик нурланиш қувватини бошқариш тизимига ега ИҚ нурлаткич ўрнатилган ва қуритиш жараёнини автоматик бошқариш тизими кўзда тутилган. Қуритиш зонасига вентиляторли ҳаво канали

ўрнатилиб, қуришиш зонасидан қизиган ҳаво етказиб берилади. [61] да қуришиш камераси қуришиш, совутиш ва қуришқичдан кейинги зоналарга бўлинади, қуришқич иккита ИҚ нурлатқич, материал намлигига боғлиқ бўлган нурланиш қувватини автоматик ростлаш тизими, намлик ва ҳарорат датчиклари, бункер-дозаловчи ва сочилувчан материал қатлами қалинлигини ростловчи механизм билан таъминланган. [62, 63] да қуришиш самарадорлигини ошириш учун қуришиш мосламаси бир-бирига симметрик тарзда вентилятор куракларининг қарама-қарши томонларига ўрнатилган доимий магнитлар билан бирга ўрнатилган иситгич вентиляторлари бўлган транспортёр билан тўлдирилган.

Ушбу турдаги аппаратларда қуришиш жараёнини такомиллаштиришга қаратилган тадқиқотлар асосида қуришилаётган дон қатламининг дастлабки намлиги ва қалинлигига ва қуришиш мосламасининг интеллектуал бошқарув тизимига қараб керакли қуришиш ҳарорати режимини башорат қилишга имкон берадиган математик моделлар яратилди [64-68]. Ушбу турдаги қуришқичларнинг самарадорлигини оширишга қаратилган муайян ўзгаришларга қарамай, бу камчиликлар ҳали ҳам сақланиб қолмоқда.

3. Мавҳум қайнаш қатламли қуришқич бу материални жадал аралаштирувчи, тезлашган иссиқлик ва масса алмашинишга эга қуришиш аппаратининг прогрессив тури бўлиб, бу материал зарралари ва қуришиш агенти ўртасидаги иссиқлик ва масса алмашинув юзасини сезиларли даражада оширишга имкон беради [69]. Ушбу турдаги қуришқичлар камералар сони, жараён режими, қуришиш камерасининг конфигурацияси, гидродинамик режим билан фарқ қилади [36, 454-455 бетлар].

Бундай турдаги қуришқичларнинг афзаллиги материал вақтини ростлаш имконияти ҳисобланади. Материалнинг қатламдаги ўртача бўлиш вақти унинг массасини ифодаловчи қатлам баландлигига боғлиқ.

Агар мавҳум қайнаш қатламининг диаметри ва баландлигининг ўзгариши иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентиға таъсир қилмаса, унда мавҳум қайнаш қатлами ҳароратининг ошиши кичик заррачаларнинг

иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг ошишига олиб келади, катта зарралар учун эса бу коэффициент камаяди [70].

Мавҳум қайнаш қатламли қуритгичларнинг самарадорлигини ошириш учун комбинациялашган қуритгичлар ҳам таклиф этилади [71-76].

[77] мақолада нейрон тармоқларидан фойдаланган ҳолда, турли хил ёғли материалларнинг қуритиш натижасини башорат қилишга имкон берадиган математик модел ишлаб чиқилган. Эҳтимол, ушбу модел кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнини ўрганиш учун ҳам ишлатилиши мумкин.

Бир қатор патент тадқиқотлари [78-85] мавжуд бўлиб, уларда пировардида қуритиш учун энергия сарфини камайтиришга қаратилган аппаратлар конструкциясини ва қуритиш технологиясини такомиллаштириш бўйича таклифлар мавжуд.

Мазкур кўринишдаги қуритишнинг ўзига хос хусусияти туфайли заррачаларнинг бутун юзаси буғланиш майдонидан иборат бўлади. Бу юқорида тавсифланган қуритиш турларига таққослаганда жараённинг энергия сиғимини камайтириш учун далил ҳисобланади. Бироқ, заррачаларнинг ташқи юзаси ва ядро атрофидаги соҳа ўртасидаги иссиқлик ва масса алмашинув жараёни одатдаги конвектив қуритишга мос келади.

Қуритиш бошида материал зарралари ва иссиқ ҳаво ўртасидаги ўзаро таъсир жуда самарали давом этади, жараён етарли даражада юқори тезликда, кам энергия сарфи билан давом этади. Бироқ, материалнинг зарралари қуриганида, унинг иссиқлиги ва масса ўтказувчанлиги пасаяди, чуқур кириб борадиган энергия миқдори камаяди, аксарияти ташқарига қайта чиқарилади, бу эса қуритиш тезлигининг кескин пасайишига, энергия сиғимининг бир неча бор ошишига, қуритиш вақтининг ошишига олиб келади, маҳсулот сирт қатламларининг маҳаллий қизиқ кетиши мумкин, бу маҳсулот сифатининг пасайишини келтириб чиқаради [86].

4. Пневматик қуриткич. Пневматик қуритгичлар донадор, майда дисперс, кристалли ва толали материалларни қуритиш учун ишлатилади.

Ушбу курилмаларда қуритиш жараёни юқори интенсивлик билан давом этади. Пневматик қуриткич вертикал жойлашган трубадан (25 метргача) иборат. Бункердан қуритилаётган материал таъминловчи орқали қуритиш трубасига берилади ва ҳаво оқими орқали вентилятор томонидан шамол берилади ва иситгичда иситилади. Ҳаво қуритилган материални йиғувчи-амортизаторга, сўнгра циклонга ташийди, у ерда материал заррачаларидан ажратилади. Қуритилган материал тўкиш курилмаси орқали чиқарилади. Чангдан якуний тозалаш чиқинди ҳаво фильтр орқали ўтиши, ундан кейин атмосферага чиқарилиши билан амалга оширилади.

Қуритилган материалнинг заррачалари қизиган ҳаво оқимида кўтарилиш тезлигидан ортиқ тезликда (10 дан 30 м/сек гача) ҳаракатланади. Шунинг учун бундай типдаги қуриткичларда материалнинг бўлиш вақти сонияларни ташкил этади. Трубанинг 1/5 қисмида барча намликнинг 50% дан ортиғи чиқариб юборилади, асосан материалнинг сиртдаги намлиги чиқарилади, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳам кескин ўзгаради, иссиқлик элткич ҳарорати тез пасаяди [87].

Катта зарралар ва боғланган намликка эга бўлган материаллардан намликни олиб ташлаш учун комбинацияланган қуритгичлар ишлатилади, масалан, ишлаб чиқариш унумдорлигини оширишга ёрдам берадиган пневматик конвеерлар [88-94]. Ушбу турдаги қуритгичлар, уларда қуритиш жараёни қандай ўтиши ҳақида батафсил маълумот, жараённи тавсифловчи физик параметрлар ҳақида маълумот мақола [95] да батафсил келтирилган.

Пневматик қуритгичлар ихчам, конструкцияси ва ишлаш принципи жиҳатидан содда, аммо қуритгич материалининг тез эскириши, қуритгичнинг пастки қисмини вақти-вақти билан тозалаш зарурати, юқори энергия сарфи ва конвектив қуритишга хос бўлган бошқа камчиликлар пневматик қуритгичларнинг фойдаланиш доирасини чеклайди.

5. Гелио қуриткич.

Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини очиқ ҳавода қуритиш материални одамлар томонидан доимий аралаштиришни талаб қилади.

Доимий ҳароратда қуритишни ташкил қила олмаслик, ифлосланиш эҳтимоли, моғорланиш, қушлар томонидан чўқиланиш, ҳашаротларнинг шикаст етказиши, ёғингарчилик таъсири маҳсулотнинг нотекис ва тўлиқсиз қуришига, унинг бузилишига ва катта йўқотишларга олиб келади. Буларнинг барчаси қуёш қуритгичларининг махсус турларини яратиш учун сабаб ҳисобланади.

Ҳудуднинг иқлим хусусиятлари, қуритиладиган материал тури ва кўшимча энергия нархи қуритиш усулини танлашни белгилайди. Гелио қуриткичларда ҳарорат 60...75°C га етиши мумкин. Қуёш қуритгичлари тўғридан-тўғри ва билвосита таъсирли қуёш қуритгичларига бўлинади. Тўғридан-тўғри таъсирли қуритгичларда қуёш энергияси камерага жойлаштирилган маҳсулотнинг ўзи ва шу камеранинг деворлари томонидан ютилади [96].

Камеранинг юқори ва жанубий ён қисмлари рангли шаффоф изоляцион материал билан қопланган, камеранинг иссиқлик изоляциясига ҳаво кириши учун тирқишлар қилинган, материални жойлаштириш учун платформа тешилган. Нам ҳаво гелио қуриткичдан шимолий деворнинг юқори қисмидаги тирқиш орқали чиқариб юборилади. Қуёш қуритгичларини модернизация қилишга бағишланган бир қатор тадқиқотлар [97-103] мавжуд. Ушбу турдаги қурилмаларни ишлатиш натижасида қуритиш самарадорлиги ошади [104], қуритиш вақти камаяди, қуритилаётган материалнинг сифат кўрсаткичлари ошади, аммо улардан фойдаланиш коэффиценти жуда паст (ҳудуднинг иқлим шароитига қараб, бундай қуёш қуритгичларидан йилига атиги бир неча ҳафта фойдаланиш мумкин).

6. Терморadiaцион қуриткичлар. Инфрақизил нурланиш орқали материалга иссиқлик оқимларини юбориш конвектив ёки контактли қуритиш усулларида берилган иссиқлик оқимларидан ўнлаб марта юқори бўлиб, материалдан намлик буғланишининг жадаллиги сезиларли даражада ошади. Бироқ, қалин қатламли материалларни қуритиш тезлиги иссиқлик юбориш тезлиги билан эмас, балки намликнинг ички тарқалиши тезлиги, шунингдек

тайёр маҳсулотнинг сифат талаблари билан белгиланади [36, 457-458 бетлар, 69].

Қуритишнинг дастлабки моментида юқори харорат градиенти таъсирида, у намлик ҳаракати йўналишига тўғри келади, яъни намлик атрофдан материалга чуқур ўтади. Бироз вақт ўтгач, намлик градиентининг устунлиги туфайли намлик ҳаракатининг йўналиши тескари томонга ўзгаради, шу пайтдан бошлаб намлик материалдан буғлана бошлайди. Шунинг учун юпқа қатламли материалларни қуритиш учун терморрадиацион қуритиш афзалроқдир [69].

Инфрақизил нур қуритгичлар электр токи (қаршилик элементлари, электр спираллар ва бошқалар) ёки табиий газни ёқиш орқали олинган энергия манбалари билан жиҳозланган. Бу ҳақда батафсил маълумот [70, 450-463-бетлар]да келтирилган. Бундай қурилмалар қуритишнинг кўпроқ бир хиллигини таъминлайди, аммо таркибий элементларнинг мураккаблиги, кўп бузилиши қуритгичлар нархининг юқорилигига ва фойдаланишда чекланганликка сабаб бўлади.

Бугунги кунда самарадорликни ошириш, қуритиш вақтини қисқартириш ва энергия сарфини камайтириш мақсадида қўшимча энергия манбаи сифатида ИҚ қуритгичлардан фойдаланадиган қурилмаларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Тадқиқот натижалари конвектив қуритгичлар билан ИҚ қуритгичларни биргаликда қўлланилиши юқори самарадорликни ва кенг фойдаланишни кўрсатади [105-110]. Бироқ, материалнинг турига ва дастлабки намлигига қараб ИҚ нурланишининг тўлқин узунлигини танлаш зарурати янада кўпроқ тадқиқотлар ўтказишни назарда тутади.

7. Барабанли қуриткич.

Донларни қуритишда энг кенг тарқалган барабанли қуриткичлар уч асосий қисмдан иборат: барабан, ўтхона (калорифер) ва совутиш камераси. Ушбу турдаги қуритгичлар битта труба ёки бир-бирига киритилган бир нечта труба шаклида бажарилиши мумкин. Металл пластинкалар билан жиҳозланган барабаннинг ўқи донни горизонталга нисбатан 6° гача бурчак

остида спиралсимон юқорига кўчиради. Барабан бўйлаб олдинга 2-3 м/с тезликда иситиладиган газ ҳаракат қилади. Қияликнинг бурчагига этиб келган дон совутиш камерасига эркин қуйилади. Барабаннинг айланиш тезлиги (дақиқасига ўртача 1 дан 8 гача) унинг қиялик бурчаги ва озиқ-овқат донининг аппаратда бўлиш вақти (15-20 дақиқа) билан аниқланади, бунда қуритиш газининг ҳарорати 180-250°C оралиғида сақланиши тавсия этилади [111, 112].

Қуйидагилар барабанли қуриткичларнинг афзалликлари ҳисобланади:

- ихчамлик, соддалик ва мобил қурилмалар сифатида фойдаланиш имконияти;
- қуритиш тезлиги, унумдорлиги ва бир хиллигининг юқорилиги;
- барабан кучланишини 100 кг/м³ ёки ундан ортиқ намликда ушлаб туриш;
- иқтисодий самарадорлик ва молиявий фойда.

Барабанли қуриткичларнинг самарадорлигини ошириш учун уларнинг конструкцияси ва қуритиш технологияларини такомиллаштириш тўғрисида адабиётларда жуда кўп маълумотлар [113-122] мавжуд, аммо ушбу турдаги қуриткичларнинг камчиликлари сифатида униб чиқиш даражаси юқори бўлган уруғли донларни олиш, дон қуритиш вақтини ва қуритиш агенти оқими жадаллигига ҳамда дон қатламини механик саралашга боғлиқ бўлган ҳаракат тезлигини ростлашнинг имконсизлиги кабилар сақланиб қолмоқда.

Энди қуйида дон ва мойли экинларни қуритувчи қурилмаларни бир-бирига қиёслаб ўрганамиз.

Қишлоқ хўжалигида йиғиб олинган дон ва мойли ўсимликларни қуритиш учун кўплаб қуриткичлар мавжуд бўлиб, улар техник хусусиятлари билан ҳам бир-биридан фарқ қилади. Юқорида муҳокама қилинган дон қуриткичларнинг қиёсий техник хусусиятлари 1.1-жадвалда келтирилган.

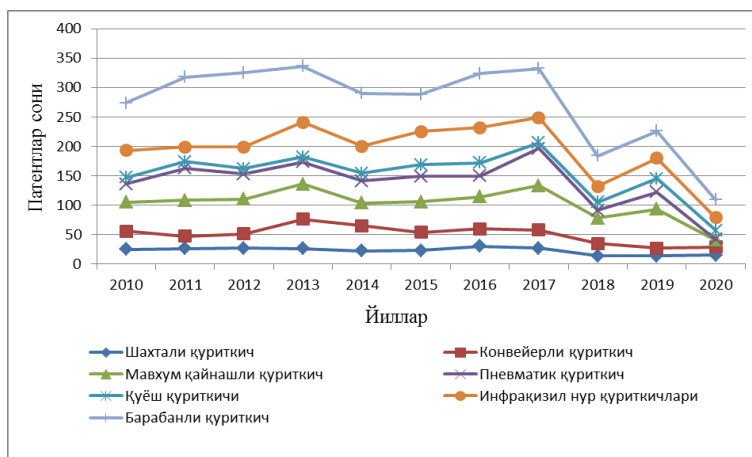
1.1-жадвал

Дон қуриткичларининг қиёсий техник хусусиятлари

Қурилмаларнинг номи ва техник хусусиятлари	Шахтали қуриткич ДСП-32	Конвейерли қуриткич ASM-AGRO-34	Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич СКС-1,5-1000Б	Пневматик қуриткич JG1000	Гелио қуриткич	ИК нур қуриткич Sahara-12	Барабанли қуриткич СЗСБ-8
Унумдорлик, (кг/с)	32000	34000	4500	1500	80	500	8000
Ўрнатилган қувват, кВт	125	91	40	78	0,2	36	28,2
Буглатиш қобилияти, (кг/с)	2300	2500	3000	1000	30	30	560
Қуритиш агенти ҳарорати, °С	50÷160	125	190	150÷600	50 ÷ 60	30÷50	140 ÷ 160
Донни қизиш ҳарорати, °С	45	50	65	55	35	45	45
Вазни, т	32,6	15	10,8	5	0,5	2,4	8,3
Хизмат қилиш муддати, йил	10	20	10	10	10	15	15
Ёнғинга ҳавфсизлиги ва ўт чиқишдан ҳимояланганлиги	Дон турига боғлиқ	+	+	–	+	+	Дон турига боғлиқ

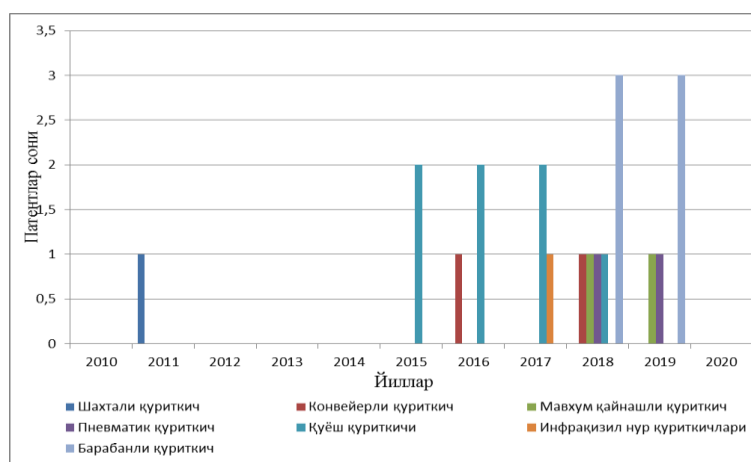
Белгиларни жадвалда белгиланиши: - ёнғинга ҳавфли, + ёнғинга ҳавфсиз.

Сўнгги ўн йил ичида қуриткичларга оид илмий ишланмалар Россия, АҚШ ва Украинанинг патент маълумотлар базаларида шаклланган ихтиролар учун патентларни таққослаш орқали таҳлил қилинди. Таҳлиллар натижалари 1.1-расмда кўрсатилган.



1.1-расм. Россия, АҚШ ва Украина мамлакатларининг патент маълумотлар базалари асосида қуритиш қурилмаларининг патентларини таққослаш диаграммаси.

Ўзбекистонда тадқиқотчилар томонидан ўтказилган илмий ва патент тадқиқотларини таққослаш натижалари қуйидаги 2-расмда келтирилган.



1.2-расм. Ўзбекистон патент базаси асосида қуритиш қурилмаларининг патентларини таққослаш диаграммаси.

Дон ва мойли уруғларни қуритиш қурилмалари кўрсаткичларини таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, уларнинг барчаси ҳам афзаллик ва камчиликларга эга. Қуритиш аппаратининг асосий турини танлаш ва унинг асосида дон ва мойли уруғларни қуритиш учун барча талабларга жавоб берадиган қурилмани яратиш учун олинган маълумотлар 1.2-жадвалда умумлаштирилган.

1.2-жадвал.
Дон қуритиш қурилмалари хусусиятларини қиёсий таққослаш

Қурилманинг номланиши ва хусусияти	Қўчма ҳолатда фойдаланиш	Универсаллиги	Комбинацияланиш имконияти	Жараёнини тўлиқ автоматлаштириш имконияти	Турли сочилувчан материалларни қуритиш имконияти	Асосий қуриткич сифатида фойдаланиш имконияти	Қуритилаётган материални киздириш усули		
							Конвектив	Контактли	Нурли
Шахтали куриткич	+	-	+	+	-	+	+	-	-
Конвейерли куриткич	+	-	+	+	+	+	+	-	+
Мавхум қайнаш қатламли куриткич	+	-	-	-	-	+	+	-	+
Пневматик куриткич	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Қуёш куриткичи	+	-	+	-	-	-	+	+	+
ИҚ нур куриткичи	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Барабанли куриткич	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Белгиларни жалвалдаги белгиланиши: - ёқламайди, + ёқлайди.

Уруғ ва донларни қуритиш қурилмалари ҳамда технологиялари таҳлили бўйича [123] да ҳам батафсил маълумотлар келтирилган.

Юқоридаги таҳлиллардан кўриниб турибдики, талабларга энг яқин жавоб берадиган қуритгичнинг тури барабанли қуритгичдир. Бирок, ушбу турдаги қуритгич ҳам қўйилган талабларга тўлиқ жавоб бермайди. Ўтказилган таҳлил ушбу қуриткични такомиллаштириш зарурлигини кўрсатди. Қуриткичларнинг мавжуд камчиликларни бартараф этиш ва янги замонавий қуритгични яратиш учун бошқа қуритгичларнинг муайян афзалликларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

1.4.-§. Кунгабоқар уруғларини барабанли қуритгичда қуритиш жараёнини моделлаштириш

Технологик жараёнини оптималлаштириш ёки уни бошқариш мақсадида сочилувчан материалларни қуритиш жараёнига, шу жумладан донларни қуритишга, ушбу жараёни математик моделлаштиришга тааллуқли жуда кўплаб илмий ишлар қилинган. Аммо шуни таъкидлаш керакки, барабан типигаги аппаратларда қуритиш жараёнини моделлаштириш ва бошқаришга бағъишланган илмий тадқиқотлар, афсуски, унчалик кўп эмас. Бундан ташқари, кунгабоқар уруғларини қуритиш учун мўлжалланган қуритиш қурилмаларининг алоҳида турлари амалда йўқ, ушбу жараён дон қуритиш учун мўлжалланган қурилмаларда амалга оширилади. Шунинг учун нафақат иссиқлик масса алмашиниш жараёни, балки қуритилаётган материалнинг илгариланма ҳаракати содир бўладиган барабан типигаги қурилмада кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнининг математик тавсифини ишлаб чиқиш долзарб масала ҳисобланади.

Қуритиш қурилмасининг математик модели нафақат жараённинг ҳар бир ондаги ҳолатини башорат қилиб туриши, балки қуритилаётган материал заррачаларининг барабандаги ўртача бўлиш вақтини аниқлашга имкон берувчи барабандаги қуритилаётган материал тақсимланишини, иссиқлик узатишнинг ҳажмий коэффициентини ўрнатишни, шунингдек, қурилманинг умумий иссиқлик юкламасини ҳам башорат қилиши керак. Мазкур катталиклар қийматини билиш уларнинг қуритиш қурилмаси барабанининг габарит ўлчамларига ва технологик жараёни бориши шартларига боғлиқ

бўлган муносадини аниқлаш имконини беради. Бироқ, бунинг аналитик тавсифини ишлаб чиқиш ва ҳал қилиш алгоритмининг тузиш мураккаб масала бўлиб кўринади. Шунинг учун кўпинча ушбу катталикларни аниқлашга имкон берувчи тенгламалар эмпирик хусусиятга эга бўлади.

Барабан типигаги қуриштиш қурилмасининг моделини шартли равишда икки қисмдан иборат деб тасаввур қилиш мумкин, улардан бирида қуриштилаётган материал ва қуриштиш агенти ўртасидаги динамик жараёни тавсифланса, иккинчисида эса жиҳоз, қуриштилаётган материалнинг барабандаги тақсимланиш вақти ва иссиқлик узатиш тавсифланади. Моделнинг иккала қисмига кирувчи тенгламаларнинг қўшма ечими барабанли қуриткичда қуриштиш жараёни қандай кетаётганини баҳолаш ва вақтнинг исталган онда тизимнинг ҳолатини башоратлаш имконини беради.

1.4.1. -§. Кунгабоқар уруғларининг барабанли қуриткичда бўлиш вақтига ва унинг унумдорлигига таъсир қилувчи омиллар моделлари

Қуриштиш агентининг ҳарорати, намлиги ва қуриштиладиган материал қатламидан ўтиш тезлиги кунгабоқар уруғларини қуриштиш жараёнининг жадаллигини аниқлайди. Кунгабоқар уруғлари сиртидаги буғланиш намликнинг эркин сиртдан буғланишига ўхшаш тарзда содир бўлади: намлик ҳароратининг ошиши билан унинг атроф-муҳитга ўтиш тезлиги ошади. Уруғ юзасидан буғланган намлик ўрнини уруғ ядросидан келаётган намлик эгаллайди [53]. Уруғнинг намлиги камайиши билан намликни ўтказувчи капиллярлар ҳам тораяди, бу эса ички диффузияни олдини олади. Уруғнинг ҳарорати ошиши билан намлик ҳарорати ҳам ошади, бу эса унинг зичлиги ва қовушқоқлигини пасайишига олиб келади. Бу ички диффузия тезлигининг ошишига олиб келади. Қуриткич конструкциясининг ва қуриштиш технологик жараёнининг оптималлиги технологик жараёнда сарфланадиган иссиқлик миқдорини аниқлайди.

Барабан типигаги қурилмаларда қуриштиш жараёнининг самарадорлиги қуриткич томонидан қуриткичнинг ички ҳажмининг бирлигига кунгабоқар

уруғига узатиладиган иссиқлик миқдори билан ифодаланади. Узатилаётган иссиқлик миқдори иссиқлик берилаётган сирт юзасига боғлиқ бўлади. Барабанли қуритиш аппаратлари 20-25% гача қуритиладиган материал билан тўлдирилиши мумкин. Ушбу тўлдирилиш даражаси барабанли қуриткичдаги қуритиш жараёнининг самарадорлигини белгиламайди. Қуритиш барабанига юборилган қуритувчи ҳаво барабан куракчаларидан тушаётган материалларга, шунингдек куракчаларда қолаётган материалларга тегиб ўтади деб фараз қилиш мумкин. Шунда материалларнинг қуритувчи ҳаво билан ўзаро алоқа қиладиган ҳажми қуритиш барабани ички ҳажмининг 2 % га яқин қисмини ташкил қилади. Демак, биз кўраётган ушбу кўрсаткич барабанли қуритиш аппаратининг самарадорлигини англатади [124, 125].

Барабан типдаги қуритиш аппаратини материал билан тўлдирилиш даражаси аппаратнинг қувватини оширмайди, шу сабабли тўлдиришнинг мақбул даражаси тушунчасидан фойдаланиш мумкин:

$$\xi_c = \left(\frac{V_\kappa}{V_\sigma} \right) \cdot 100\% \quad (1.1)$$

бу ерда ξ_c - барабанни тўлдиришнинг самарали даражаси, %;

V_κ – уруғларни қуритиш агенти билан контаклашувчи ҳажми, м³;

V_σ – барабаннинг ички ҳажми, м³.

Кўрсатилган омиллардан ташқари, аппаратдаги уруғларнинг ўтказиш қобиляти ва бўлиш вақти қуритиш қурилмасининг самарадорлигига кучли таъсир кўрсатади.

[126] ишда барабан типдаги қурилмада қуритилаётган материалнинг бўлиш вақтини аниқлаш учун қуйидаги тенглама келтирилган:

$$\tau = L \frac{\left[\sqrt{8(R-a)/\pi g} + (2\pi - \arccos(R-a)/R)/2\omega \right] \pi g d \rho}{3\nu^2 k \rho_\sigma (R-a)}, \quad (1.2)$$

бу ерда L – барабанли қуритиш аппаратининг умумий узунлиги, м;

R – қуритиш барабани радиуси, м; a – куракча кенглиги, м; g – эркин

тушиш тезланиши, м/с^2 ; ω – қуритиш барабан бурчак тезлиги, рад/с ;
 v – қуритувчи ҳавонинг тезлиги, м/с ; ρ_z – қуритувчи ҳавонинг зичлиги,
 кг/м^3 ; k – мутаносиблик коэффиценти;

муаллифлар қурилманинг ўтказиш қобилиятини қуйидаги формула
 бўйича аниқлаган:

$$Q = \frac{3a^2 v^2 k z n (R - a) \rho_z}{\pi g d \rho}, \quad (1.3)$$

бу ерда z - куракчалар сони; n - барабаннинг айланиш частотаси, с^{-1} .

Барабан типдаги қурилмаларда сочилувчан материалларни қуритиш бўйича тадқиқотлар [125, 127-131] таҳлили шуни кўрсатадики, қуритилган материалнинг дастлабки намлиги, унинг талаб қилинадиган охирги намлиги, шунингдек қуритиш режимининг мақбуллиги (оптималлиги) аппаратдаги материалнинг бўлиш вақтига сезиларли таъсир кўрсатади.

Кунгабоқар уруғларининг намлиги турли хил омилларга (шу жумладан об-ҳаво шароитларига) қараб 15÷50% оралиқларда ўзгаради. Шунинг учун маҳсулотнинг намлиги бўйича белгиланган кўрсаткичларга эришиш учун уруғларнинг аппаратда бўлиш вақтини ростлаш зарурати туғилади. Барабан типдаги қуритгичларда қуритилиши керак бўлган материалнинг аппаратда бўлиш вақтини барабаннинг айланиш бурчак тезлигини ўзгартириш ёки қуритиш агенти узатиш тезлигини ўзгартириш орқали бошқариш мумкин. Бироқ, ушбу иккала кўрсаткич ҳам қуритиш вақтини кўпайтиради ва интенсивлик кўрсаткичини камайтиради. Аппаратда уруғларнинг бўлиш вақтини ростлашнинг бу усулларида фарқли ўлароқ, барабаннинг мусбат ёки манфий томонга оғиш бурчагини ростлаш жараён жадаллигини камайтирмайди.

[126] иш муаллифлари аппаратдаги материалнинг бўлиш вақтини аниқлаш учун қуйидаги тенгламани таклиф этдилар:

$$\tau = L \frac{\sqrt{8(R-a)/\pi g \cos \Phi} + [2\pi - \arccos((R-a)/R)]/2\omega}{3v^2 k \rho_z (R-a)/\pi g d \rho \cos \Phi \pm 4/\pi(R-a)tg\Phi}, \quad (1.4)$$

бу ерда Φ – барабанни горизонтга нисбатан оғиш бурчаги, град;

Ҳажмий ўтказиш қобилияти Q ($\text{м}^3/\text{с}$) ни аниқлаш учун қуйидаги тенглама таклиф этилди:

$$Q = \left[\frac{3v^2 \rho_z k(R-a)}{\pi g d \rho \cos \Phi} \pm \frac{4}{\pi} (R-a)tg\Phi \right] a^2 zn \quad (1.5)$$

Охирги иккита тенгламани таҳлил қилиб, мусбат бурилиш бурчаги уруғларнинг аппаратдаги бўлиш вақтини ва бир ўтишдаги намлик йўқотилишини камайтиради, аммо қурилма унумдорлигининг ошишига олиб келади. Аммо асосий вазифа хом ашёнинг бир ўтишида намликни йўқотишни кўпайтиришдир. Ушбу муаммони ҳал қилиш учун манфий оғиш бурчагини ўрнатиш керак. Шу билан бирга, бир ўтишда юқори намлик йўқотилиши аппаратдаги уруғларнинг бўлиш вақтини кўпайтириш ва қурилма унумдорлигини камайтириш орқали эришилади.

Турли хил ишлар [132-135] муаллифлари қурилган материалнинг аппаратда бўлиш вақтини ва унинг ҳажмий ўтказиш қобилиятини аниқлаш учун турли хил эмпирик моделларни, шунингдек, фазалар орасидаги алоқа юзасини ошириш, қуришти агентли тезлиги ва қуриштилаётган материал қатламини ўзгартириш ва бошқалар орқали қурилма унумдорлигини ошириш усуллари таклиф қилдилар.

Бироқ, муаллифлар томонидан олинган боғлиқликлар эмпириклиги туфайли барча барабан типдаги қурилмалар учун ишлатилиши мумкин эмас. Аппаратдаги материалнинг бўлиш вақтини текис ростлашнинг энг мақбул (оптимал) усули барабаннинг айланиш частотасини бошқариш деб ҳисоблаш мумкин.

Биринчи боб бўйича хулосалар

1. Донли ва мойли уруғларни қуритишнинг усул ва қурилмалари таҳлили шуни кўрсатдики, кунгабоқар уруғларини қуритишда энг кенг фойдаланиладиган усул бу конвектив қуритиш усули ҳисобланади ва ушбу усулдан фойдаланиш катта самара беради.

2. Қуритиш қурилмаларини таҳлил қилиш натижасида кунгабоқар уруғларини қуритиш учун махсус мосламанинг йўқлиги ва бунинг учун барабанли қуритиш қурилмасини ишлатилиши аниқланди. Ўтказилган таҳлил ушбу қуриткични такомиллаштириш зарурлигини кўрсатди.

3. Қуритиш қурилмаларининг янги энергия тежамкор, қуритиш самарадорлиги юқори бўлган конструкцияларини ишлаб чиқишда бир нечта қуритиш усулларида фойдаланган ҳолда комбинациялашган қуриткич турларини лойиҳалашга эътибор қаратиш лозим деб топилди.

4. Намликнинг тарқалиши, иссиқлик ўтказувчанлиги ва намликни узатишни акс эттирувчи коэффициентларни тавсифлаш қийин ва кўпинча ноаниқ боғлиқликда бўлиб, бу иссиқлик узатиш ва намлик узатишнинг маълум дифференциал тенгламаларини аналитик ечишнинг амалий имконсизлигига олиб келади.

5. Тажрибалардан коэффициентлар қийматлари аниқланадиган қуритиш жараёнини ҳисоблаш усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

II-БОБ. БАРАБАН ТИПИДАГИ КОМБИНАЦИЯЛАШГАН АППАРАТДА КУНГАБОҚАР УРУҒЛАРИНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

2.1. Барабан типдаги қуритиш аппаратида иссиқлик ва масса узатиш жараёнларини моделлаштириш.

Қуритиш жараёнининг математик модели қуйидаги қўйимларга асосан тузилган:

- иссиқлик ва масса узатиш коэффициентлари ўзгармас;
- ўқ йўналишидаги намлик диффузияси аҳамиятсиз даражада кичик;
- радиацион иссиқлик узатиш йўқ;
- ўқ йўналишда 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.

2.1.1. Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг моддий баланс тенгламаси.

Қуритиш мосламасини узунлик бўйича элементар ячайкаларга ажратамиз ҳамда l ва $l + \Delta l$ кесимлари орасида жойлашган элементни кўриб чиқамиз.

l кесимдаги қуритилаётган кунгабоқар уруғлари $v_m(l)$ тезлик билан ҳаракатланади, унинг массавий сарфи $g_m(l)$ ни ташкил этади. $l + \Delta l$ кесимдаги тезлик $v_m(l + \Delta l)$ катталиқ билан, қуритилаётган кунгабоқар уруғлари масса сарфи эса $g_m(l + \Delta l)$ билан аниқланади. У ҳолда ушбу элементар қисмдаги қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг массасини қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$m_m(l) = \frac{g_m(l)}{v_m(l)} \Delta l, \quad (2.1)$$

бу ерда $g_m(l)$ – куритилаётган кунгабоқар уруғлари сарфи, кг/с;

$v_m(l)$ – куритилаётган кунгабоқар уруғларининг чизиқли тезлиги, м/с.

Куритилаётган кунгабоқар уруғлари ва иссиқлик агентининг алоқаси натижасида масса алмашинуви содир бўлади, бу куритиш қурилмасининг бирлик қисмида куритилаётган кунгабоқар уруғларидан куритиш агентига вақт бирлигида намлик ўтказиш жадаллиги билан тавсифланади. Δl узунликдаги кесмада вақт бирлигида куритилаётган кунгабоқар уруғларидан куритиш агентига ўтувчи намлик миқдори қуйидаги тенглама билан аниқланиши мумкин:

$$g_{mg} = r \Delta l. \quad (2.2)$$

l кесмадаги массавий сарф тенграмасини Тейлор қаторига ёйилишига асосланиб, $l + \Delta l$ ораликда куритилаётган кунгабоқар уруғларининг массавий сарфини қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$g_m(l + \Delta l) = g_m(l) + \frac{\partial g_m(l)}{\partial l} \Delta l. \quad (2.3)$$

$l + \Delta l$ ораликдаги фазалар контактлашуви натижасида куритилаётган материал массаси ўзгаради. Бу ўзгариш қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$\frac{\partial m_m}{\partial t} = g_m(l) - g_m(l + \Delta l) - g_{mg}. \quad (2.4)$$

(2.4) тенгламага функцияларнинг тегишли қийматларини қўйгандан сўнг ва ўзгартиришлардан кейин, моддий баланснинг умумий тенграмасини оламиз:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{g_m}{v_m} \right) + \frac{\partial g_m}{\partial l} = -r. \quad (2.5)$$

Куритилаётган кунгабоқар уруғларининг намлиги куритиш аппарати узунлиги бўйлаб камаяди, шунинг учун куритилаётган материал ва газсимон муҳитга ўтаётган намлик учун алоҳида балансларни тузиш керак. l ва $l + \Delta l$

кесимлар орасидаги элементар қисмдаги қуритилаётган кунгабоқар уруғлари массасини қуйидаги тенглама орқали аниқлаш мумкин:

$$m_k(l) = \frac{g_m(l)}{v_m(l)} \varphi_x(l) \Delta l. \quad (2.6)$$

Бирлик улушларда ифодаланган қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг намлиги φ_x орқали белгиланади.

$$g_k(l) = g_m(l) \varphi_x(l). \quad (2.7)$$

У ҳолда ушбу кесимдаги қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг массавий сарфи қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$g_k(l + \Delta l) = g_m(l + \Delta l) \varphi_x(l + \Delta l) = g_m(l) \varphi_x(l) + \frac{\partial}{\partial l} g_m(l) \varphi_x(l) \Delta l. \quad (2.8)$$

Қуритилаётган кунгабоқар уруғларидан газ фазасига вақт бирлигида ўтаётган намлик миқдори қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$g_{kg} = rk(l) \Delta l, \quad (2.9)$$

бу ерда $k=1$ (ушбу қиймат намлик концентрациясини ифодалаганлиги сабабли).

l ва $l + \Delta l$ кесимлар орасидаги қуритилаётган кунгабоқар уруғлари массасини вақт бўйича ўзгариши қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$\frac{\partial m_k}{\partial t} = g_k(l) - g_k(l + \Delta l) - g_{kg}. \quad (2.10)$$

(2.5), (2.7)-(2.9) тенгламалардан олинган катталикларни (2.10) тенгламага қўйгандан сўнг ва ўзгартиришлардан кейин қуритиш соҳасининг моддий балансига эга бўламиз:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{g_m}{v_m} \varphi_x + \frac{\partial}{\partial l} g_m \varphi_x = -r. \quad (2.11)$$

(2.11) тенгламадаги ҳосилаларни дифференциаллаш уни қуйидаги

кўринишга олиб келади:

$$\varphi_x \frac{\partial}{\partial t} \frac{g_m}{v_m} + \frac{g_m}{v_m} \frac{\partial}{\partial t} \varphi_x + \varphi_x \frac{\partial}{\partial l} g_m + g_m \frac{\partial}{\partial l} \varphi_x = -r. \quad (2.12)$$

(2.5) тенгламани ҳисобга олган ҳолда (2.12) тенглама

$$\frac{1}{v_m} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = \frac{(\varphi_x - 1)}{g_m} r, \quad (2.13)$$

кўринишга ўзгаради.

Қуритиш тезлигини R_v билан ифодалаб, (2.13) тенгламани қуйидаги шаклда ёзиш мумкин (2.15):

$$R_v = -\frac{(\varphi_x - 1)}{g_m} r v_m; \quad (2.14)$$

$$\frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v. \quad (2.15)$$

2.1.2. Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг иссиқлик баланс тенгламаси.

l ва $l + \Delta l$ кесимлари билан чегараланган қуритиш аппаратининг ячейкасини яна кўриб чиқамиз. Ўрганилаётган ячейкадаги қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг иссиқлик миқдори қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q = \frac{g_m}{v_m} C_m T_m \Delta l. \quad (2.16)$$

Ушбу формулада:

Q – иссиқлик миқдори, Ж;

C_m –кунгабоқар уруғларининг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/кг·К;

T_m - қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг ҳарорати, $^{\circ}\text{K}$.

Ўрганилаётган ячейкага иссиқликнинг келиши ва ундан иссиқликни олиб ташлаш учун мувозанат тенгламаларини тузамиз.

Материалнинг l кесимига киритилган иссиқликнинг миқдорий

ифодасини қуйидаги шаклда ёзиш мумкин:

$$Q(l) = g_m C_m T_m. \quad (2.17)$$

Ўрганилаётган ячейкага қуритилаётган кунгабоқар уруғлари билан бирга кираётган иссиқликдан ташқари, иссиқлик агентининг солиштирма иссиқлиги Q_m ҳам берилади.

Иссиқликнинг бир қисми қуритилаётган кунгабоқар уруғлари билан бирга $l + \Delta l$ кесим орқали чиқариб ташланади. Унинг миқдори (2.18) тенглама билан аниқланиши мумкин:

$$Q(l + \Delta l) = g_m C_m T_m + \frac{\partial}{\partial l} g_m C_m T_m \Delta l. \quad (2.18)$$

Қуритилаётган кунгабоқар уруғларидан чиқариладиган буғ оқими таркибидаги солиштирма иссиқлик (2.19) тенглама билан аниқланади.

$$Q_v = r c_v T_m; \quad (2.19)$$

бу ерда c_v – ажратиб чиқарилган сув буғининг иссиқлик сиғими, Ж/кг·К.

Юқорида келтирилган тенгламаларга асосланиб, l ва $l + \Delta l$ кесимлари билан чегараланган элементар ҳажмдаги иссиқликнинг миқдорий ўзгариш тенграмасини келтириб чиқариш мумкин:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = Q(l) - Q(l + \Delta l) + Q_m \Delta l - Q_v \Delta l. \quad (2.20)$$

Ушбу тенгламага (2.16)-(2.19) тенгламалар орқали аниқланган катталикларнинг қийматларини қўйгандан сўнг ва баъзи ўзгаришларни амалга оширгандан кейин, (2.20) тенграмани қуйидаги шаклда асосий кўриниш сифатида қайта ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{g_m}{v_m} C_m T_m + \frac{\partial}{\partial l} g_m C_m T_m = Q_m - Q_v. \quad (2.21)$$

Қуритилиши керак бўлган кунгабоқар уруғининг иссиқлик сиғимини фақат унинг таркибий функцияси деб фараз қилиб, дифференциал тенглама сифатида қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\frac{1}{v_m} \frac{\partial C_m}{\partial t} + \frac{\partial C_m}{\partial l} = \frac{\partial C_m}{\partial \varphi_x} \left(\frac{1}{v_m} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} \right). \quad (2.22)$$

Чегараланган ҳажмдаги иссиқликнинг миқдорий ўзгариши асосий тенгламасини дифференциаллаганимиздан сўнг, қуйидагига эга бўламиз:

$$T_m \frac{\partial}{\partial t} \frac{g_m}{v_m} C_m + C_m \frac{g_m}{v_m} \frac{\partial}{\partial t} T_m + T_m \frac{\partial}{\partial l} g_m C_m + g_m C_m \frac{\partial}{\partial l} T_m = Q_m - Q_v. \quad (2.23)$$

(2.23) тенгламанинг чап қисмидаги биринчи ва учинчи ташкил этувчилар қўшимча дифференциаллангандан сўнг уни қуйидаги кўринишда қайта ёзиш мумкин:

$$T_m \left[g_m \left(\frac{1}{v_m} \frac{\partial C_m}{\partial t} + \frac{\partial C_m}{\partial l} \right) + C_m \left(\frac{\partial}{\partial t} \frac{g_m}{v_m} + \frac{\partial}{\partial l} g_m \right) \right]. \quad (2.24)$$

Бу тенгламага (2.11) ва (2.22) тенгламалардан олинган катталикларнинг қийматларини қўйиб, уни қуйидагича қайта ёзиш мумкин:

$$T_m \left[g_m \frac{\partial C_m}{\partial \varphi_x} \left(\frac{1}{v_m} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} \right) - C_m r \right]. \quad (2.25)$$

(2.14, 2.15) тенгламаларни ҳисобга олиб, охириги тенглама қуйидаги кўринишга ўзгаради:

$$T_m \left[\frac{\partial C_m}{\partial \varphi_x} (\varphi_x - 1) r - C_m r \right]. \quad (2.26)$$

(2.19), (2.23)-(2.26) тенгламалардан олинган қийматларни (2.23) тенгламага қўйсақ, унинг янги шаклига эга бўламиз:

$$\frac{1}{v_m} \frac{\partial T_m}{\partial t} + \frac{\partial T_m}{\partial l} = \frac{1}{g_m C_m} \left\{ Q_m - \left[\left(c_v + \frac{\partial C_m}{\partial \varphi_x} (\varphi_x - 1) - C_m \right) T_m \right] r \right\}. \quad (2.27)$$

Буғланиш иссиқлигини

$$L = -\frac{c_v T_m}{\varphi_x - 1} - T_m \frac{\partial C_m}{\partial C_m} + \frac{C_m T_m}{\varphi_x - 1}, \quad (2.28)$$

орқали ифодалаб, (2.27) тенгламани анча қулайроқ кўринишга келтириш

мумкин:

$$\frac{\partial C_m T_m}{\partial t} + v_m \frac{\partial C_m T_m}{\partial l} = \frac{Q_m v_m}{g_m} - LR_v. \quad (2.29)$$

2.1.3. Қуритувчи газ иссиқлик оқимининг моддий баланс тенгламаси.

Қуритиш аппаратида ажратилган, намликни кунгабоқар уруғларидан қуритилаётган қиздирилган газга ўтиши содир бўладиган, l ва $l + \Delta l$ кесимлари орасида жойлашган элементар ҳажмни яна кўриб ўтамиз. Намликнинг қуритилаётган кунгабоқар уруғларидан қуритаётган газга ўтиши билан газнинг массаси ошади ва қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг массаси камаяди. Ушбу жараёни қуйидаги дифференциал тенглама шаклида тасвирлаш мумкин:

$$\frac{\partial m_g}{\partial t} = g_g(l) - g_g(l + \Delta l) - r\Delta l - f\Delta l, \quad (2.30)$$

бу ерда g_g - (2.31) тенглама билан аниқланадиган қуритаётган газнинг массавий сарфи:

$$g_g(l + \Delta l) - g_g(l) = r\Delta l + f\Delta l, \quad (2.31)$$

бу ерда f - иссиқлик оқимининг жадаллиги.

Элементар қисмдаги иссиқлик оқимининг жадаллиги ўзгармагани учун f ни 0 га тенг деб олиш мумкин.

Дифференциаллаш ва тегишли ўзгартишлардан сўнг биз қуритаётган газ оқими учун моддий баланс тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial \phi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \phi_y}{\partial l} = R_v \left(\frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} \right), \quad (2.32)$$

бу тенгламада ρ_{Lm} – қуритилаётган материалнинг чизиқли зичлиги, ρ_{Lg} – қуритувчи газнинг чизиқли зичлиги, кг/м, ϕ_y – қуритувчи газ намлиги.

2.1.4. Қуритувчи газ иссиқлик оқимининг иссиқлик баланс тенгламаси.

Иссиқлик газ оқими барабан ўқ йўналиши бўйича берилади. Бу йўналиш бўйича газ оқими иссиқлик ўзгаришларини барабанда ажратилган l ва $l + \Delta l$ ораликда жойлашган элементар кесимда кўриб ўтамиз. Қизиган газ билан бирга берилаётган иссиқлик миқдори қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$Q_g(l) = g_g(l)C_g(l)T_g(l), \quad (2.33)$$

бу ерда g_g – газ сарфи; C_g – газнинг иссиқлик сиғими, Ж/кг·К; T_g – материал ҳарорати, К.

Газ билан бирга чиқиб кетадиган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q_g(l + \Delta l) = g_g(l + \Delta l)C_g(l + \Delta l)T_g(l + \Delta l). \quad (2.34)$$

Калорифердан ажралиб чиққан иссиқлик миқдори элементар кесим учун $Q_0\Delta l$, материалга ютилаётган иссиқлик миқдори $Q_m\Delta l$ бўлади. материалдан ажралиб чиқаётган буғ ўзи билан $Q_v\Delta l$ иссиқлик миқдорини олиб чиқиб кетади. Иссиқликнинг қолган қисми $Q_n\Delta l$ эса атроф муҳитга чиқиб кетади. (2.34) тенгламага Тейлор қаторига ёйишни қўллаб газ йўли учун иссиқлик баланс тенгламасини қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$-\frac{\partial}{\partial l} g_g C_g T_g = Q_0 - Q_m + Q_v - Q_n. \quad (2.35)$$

Калорифердан ажралиб чиққан иссиқлик миқдорини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$Q_0 = q_0 \cdot f, \quad (2.36)$$

q_0 - калорифернинг иссиқлик чиқариш қобиляти.

Газ таркиби ва ҳароратига боғлиқ бўлган иссиқлик сиғими учун қуйидаги дифференциал боғлиқликни тузиш мумкин:

$$\frac{\partial}{\partial l} C_g T_g = T_g \left(\frac{\partial C_g}{\partial \varphi_y} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} \right) + \left(C_g + T_g \frac{\partial C_g}{\partial T_g} \right) \frac{\partial T_g}{\partial l}. \quad (2.37)$$

(2.36) ва (2.37) ифодаларни инобатга олиб, (2.35) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial T_g}{\partial l} = \frac{Q_m + Q_n + q_1 r + q_2 f}{g_g \left(C_g + T_g \frac{\partial C_g}{\partial T_g} \right)}, \quad (2.38)$$

бу ерда

$$q_1 = \left[C_g - \frac{\partial C_g}{\partial \varphi_y} (\varphi_y - 1) \right] T_g - c_v T_m, \quad q_2 = \left[-C_g + \frac{\partial C_g}{\partial \varphi_y} (\varphi_y - b) \right] T_g + q_0. \quad (2.39)$$

Қуритиш зонаси учун $f = 0$, q_1 катталиқ эса ажралиб чиқаётган газни материал ҳароратидан қиздирувчи газ ҳароратигача қиздириш учун сарфланадиган иссиқликни ифодалайди.

Барабаннинг l ва $l + \Delta l$ кесимлари орасидаги элементар ҳажмнинг иссиқлик миқдори ўзгаришини ҳисобга олиб ҳамда материал иссиқлик баланси тенгламаси натижасида деб фараз қилиб (2.38) тенгламанинг ўнг томонида қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{\partial C_g T_g}{\partial t} + v_g \frac{\partial C_g T_g}{\partial l},$$

бу ерда v_g - газнинг ўқ йўналишидаги тезлиги, м/с.

Атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқликни эътиборга олмаса бўладиган даражада деб ҳисобланса газ йўли учун иссиқлик баланс тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$\frac{\partial C_g T_g}{\partial t} + v_g \frac{\partial C_g T_g}{\partial l} = - \frac{Q_g v_g}{g_g} - L_1 R_v \left(\frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} \right), \quad (2.40)$$

бу ерда $L_1 = \left(\frac{C_g T_g}{\varphi_y - 1} - \frac{c_v T_g}{\varphi_y - 1} - T_g \frac{\partial C_g}{\partial \varphi_y} \right) / \left(C_g + T_g \frac{\partial C_g}{\partial T_g} \right).$

Қуритиш мосламаси узунлиги бўйича элементар ячейкаларга бўлинди ва l ва $l + \Delta l$ кесимлари орасида жойлашган элемент кўриб чиқилди. Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг ҳаракат тезлиги ва унинг элемент чегараларидаги масса сарфига асосланган ҳолда ҳар бир ячейка учун қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг массаси, қуритилаётган материалдан вақт бирлигида қуритиш агентига ўтадиган намлик миқдори,

куритилаётган кунгабоқар уруғлари массасининг вақт бўйича ўзгариши ҳисоблаб чиқилди. Олинган нисбатлар кунгабоқар уруғлари учун умумий моддий балансни тузишга имкон берди.

$$\frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v. \quad (2.41)$$

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

$$\frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{Lm} / \rho_{Lg}). \quad (2.42)$$

Сўнг, ўрганилаётган ячейкага иссиқликнинг келиши ва ундан иссиқликнинг чиқиши баланси тенгламаси асосида ўрганилаётган ячейкадаги қуритилаётган кунгабоқар уруғлари таркибидаги иссиқлик миқдори аниқланди ва кунгабоқар уруғларининг иссиқлик сиғими фақат унинг таркибига боғлиқ бўлиб, иссиқлик баланси қуйидагича тузилди:

$$\frac{\partial (C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial (C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lm}} (T_g - T_m) - L R_v. \quad (2.43)$$

Қуритиш агенти ўрганилаётган ячейка 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.

$$\frac{\partial (C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial (C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lg}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} R_v. \quad (2.44)$$

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 донларини ўқ йўналишидаги тезлиги; v_g – қуритувчи агентнинг ўқ йўналишидаги тезлиги; C_m – кунгабоқар донларининг солиштира иссиқлик сиғими; C_g – қуритувчи газ солиштира иссиқлик сиғими; ρ_{Lm} – кунгабоқар донларининг чизиқли зичлиги; ρ_{Lg} – қуритиш

газининг чизикли зичлиги; V_v – барабаннинг солиштира сифими; λ_v – иссиқлик узатиш солиштира коэффициентлари; $L_m=L$ – буғланиш иссиқлиги; R_v – қуритиш тезлиги.

(2.41), (2.42), (2.43) ва (2.44) тенгламалар қуритиш жараёнининг математик моделини ифодалайди.

Модел таркибидаги параметрлар қийматларининг бир қисми адабиётдан, қолгани ўтказилган тажрибадан олинган ёки ҳисоблаб чиқилган. Атмосфера ҳавосининг солиштира иссиқлик сифими $C_g=1.005\text{кЖ/кг}\cdot\text{К}$, кунгабоқар уруғи учун эса $C_m=1,51\text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$. Иссиқлик узатишнинг солиштира коэффициентлари $\lambda_v=0.27\text{кЖ/м}^3\cdot\text{К}\cdot\text{с}$, қуритиш газининг ўқ йўналишидаги тезлиги $v_g=0.5\text{м/с}$, барабаннинг ички диаметри эса 0.3м . – қуритиш барабанининг солиштира сифими $V_v=0.06\text{м}^3/\text{м}$, $\rho_{Lm}=4.17\text{ кг/м}$, $\rho_{Lg}=0.057\text{ кг/м}$, $L=2261\text{кЖ/кг}$, $v_m=2\cdot 10^{-3}\text{м/с}$.

Олинган умумий аналитик модел хусусий ҳосилаларни дифференциал тенгламалардан иборат. Бундан ташқари қуритиш тезлиги R_v нинг

$$R_v = \frac{\lambda_v V_v (T_g - T_m) / \rho_{Lm}}{C_v (T_{dp} - T_m) + L}, \quad (2.45)$$

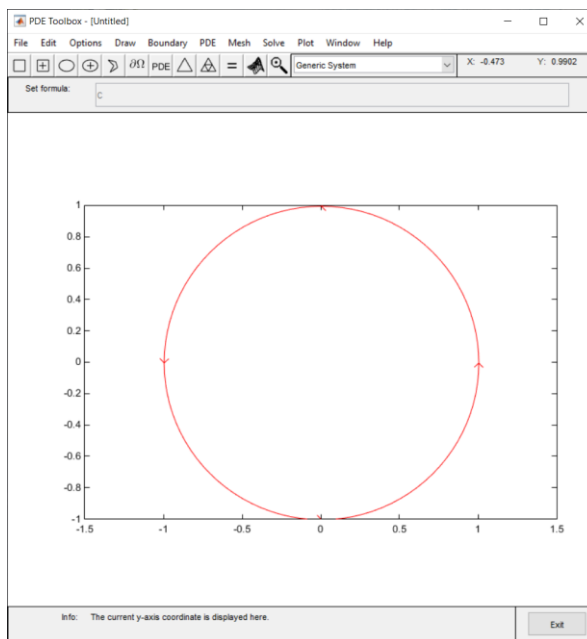
ифодасида манфий биринчи даражадаги материалнинг ҳароратининг мавжудлиги ҳосил бўлган дифференциал тенгламаларни нозикли қилади. Бу ерда C_v - сувнинг солиштира иссиқлик сифими, $\text{Ж/кг}\cdot\text{К}$; T_{dp} - қуритувчи ҳавонинг шудринг нуқтаси, К .

Айланма барабанли қуриткичда амалга ошадиган қуритиш жараёнининг мавжуд мураккаб нозикли математик моделини аналитик ечимга эга бўлган чизикли моделга монанд ҳолда ўзгартириш масаласи [136] диссертацияда кўриб ўтилган. [133] да сочилувчан ва дон кўринишидаги материалларга иссиқлик билан ишлов беришнинг аралаш режимида ишловчи барабанли қуриткичда қуритиш жараёнига оид экспериментал маълумотларни математик қайта ишлаш орқали қуриткичнинг конструктив параметрларини, унумдорлигини ҳамда қуритиш жараёнининг оптимал

технологик параметрларини ҳисобловчи критериал тенгламаси олинган. Бундан ташқари саноатнинг турли тармоқларида айланувчи барабанли куриткичларда куритиш жараёнини моделлаштиришда тизимли ёндашув амалга оширилган бўлиб, бу орқали алоҳида идеаллаштирилган моделларни ўзаро боғлаш мумкин [137-139]. Бундай модели тизим куритиш жараёнини масса, иссиқлик алмашинув параметрлари, техник ҳамда иқтисодий хусусиятлардан келиб чиқиб оптималлаштириш имконини яратади.

Юқорида келтирилган (2.41), (2.42), (2.43), (2.44) масса ва иссиқлик алмашинув тенгламаларини мос равишда биринчи ва иккинчи тенгламалар системасига келтириб оламиз.

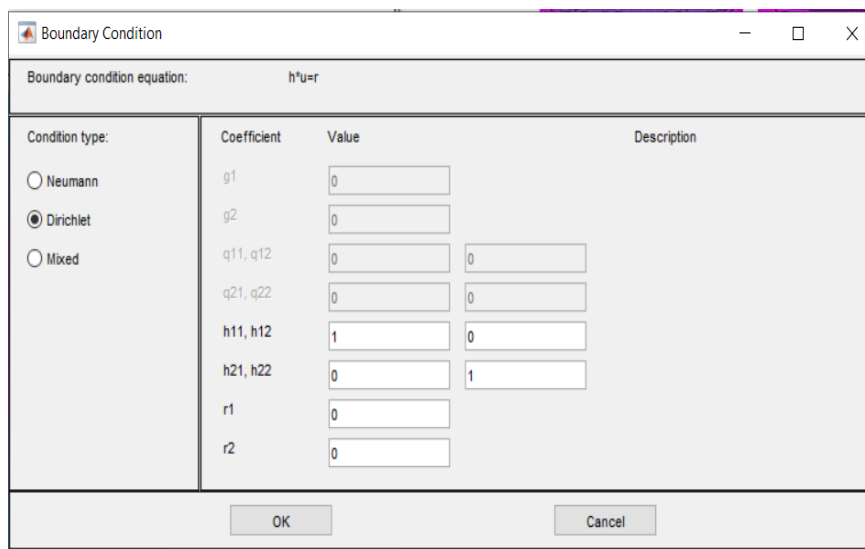
Куритиш жараёнининг математик моделини ифодаловчи тенгламалар системасини ечиш учун PDE Toolbox дастурий пакетидан фойдаланилган. Унинг таркибига киритилган функциялар ихтиёрий ўлчамдаги дифференциал тенгламалар системасини ечиш имконини беради. PDE Toolbox муҳити фақат иккинчи тартибли система билан ишлайди. 2.1-расмда Матлабдаги PDE Toolbox муҳити ойнаси рухсат этилган ечимлар майдонини чегараловчи доира билан кўрсатилган.



2.1-расм. Матлабдаги PDE Toolbox муҳити.

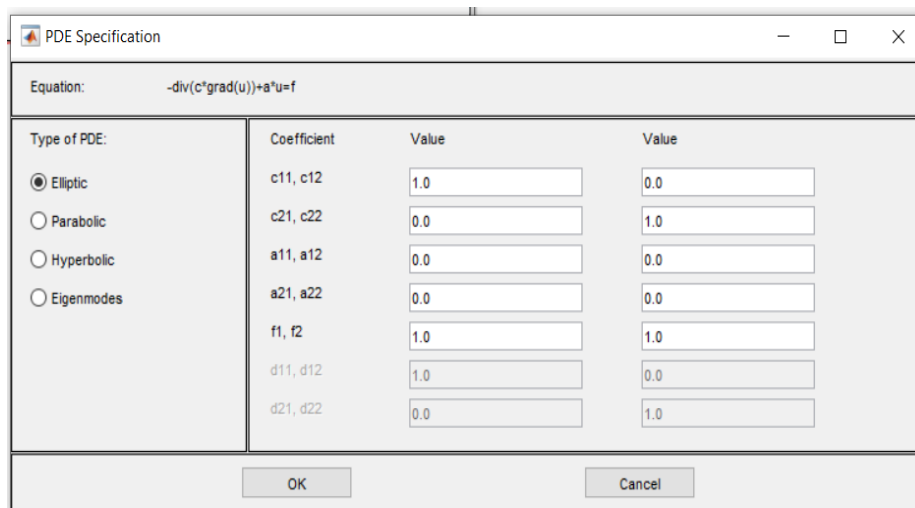
Муҳитнинг ечими $(u_1(x, y), u_2(x, y))$ вектор-функциялардир. Ечимни

аниқ аниқлаш учун чегара шартларини ўрнатиш керак. Dirichle шартлари чегаранинг турли қисмларида ўрнатилиши мумкин (2.2-расм).



2.2-расм. Dirichle шартларини ўрнатиш.

Options менюсининг Application пастки менюсида Generic System параметрларини танлаб, тенгламалар системамизни ечиш учун PDE Toolbox муҳитини созлаймиз. Сўнг, PDE Specification мулоқот ойнасида тенгламалар системасининг коэффицентларини ўрнатамиз (2.3-расм).



2.3-расм. PDE Specification мулоқот ойнаси

PDE Toolbox муҳитининг хусусияти шундаки, у иккинчи тартибли системалар билан ишлай олади:

$$\begin{aligned} -\nabla \cdot (c_{11} \nabla u_1) - \nabla \cdot (c_{12} \nabla u_2) + a_{11} u_1 + a_{12} u_2 &= f_1; \\ -\nabla \cdot (c_{21} \nabla u_1) - \nabla \cdot (c_{22} \nabla u_2) + a_{21} u_1 + a_{22} u_2 &= f_2; \end{aligned} \quad (2.46)$$

Ушбу муҳитда қуритилаётган материал ва қуритувчи ҳавонинг моддий

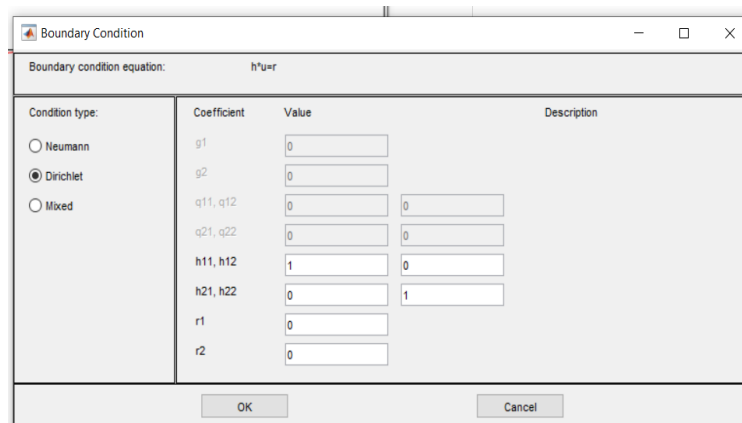
ҳамда иссиқлик баланси дифференциал тенгламалари системасини ечамиз:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi_x}{\partial t} + v_m \frac{\partial \varphi_x}{\partial l} = -R_v \\ \frac{\partial \varphi_y}{\partial t} + v_g \frac{\partial \varphi_y}{\partial l} = R_v (\rho_{Lm} / \rho_{Lg}) \end{cases}; \quad (2.47)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial (C_m T_m)}{\partial t} + v_m \frac{\partial (C_m T_m)}{\partial l} = \frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lm}} (T_g - T_m) - LR_v \\ \frac{\partial (C_g T_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial (C_g T_g)}{\partial l} = -\frac{\lambda_v V_v}{\rho_{Lg}} (T_g - T_m) - L_m \frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}} R_v \end{cases}. \quad (2.48)$$

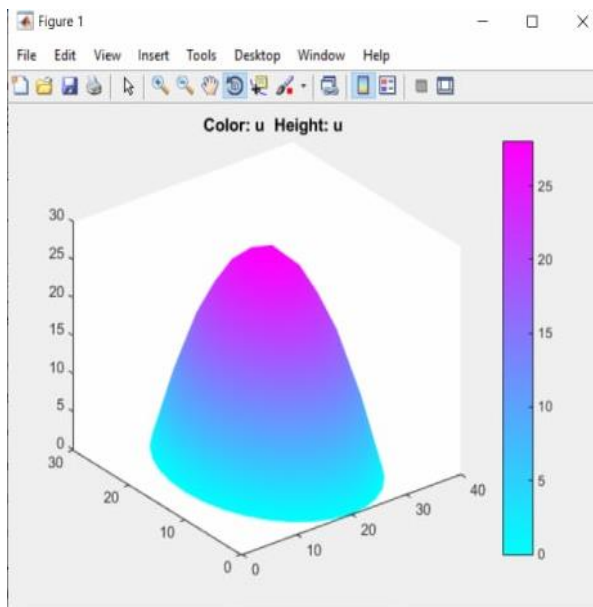
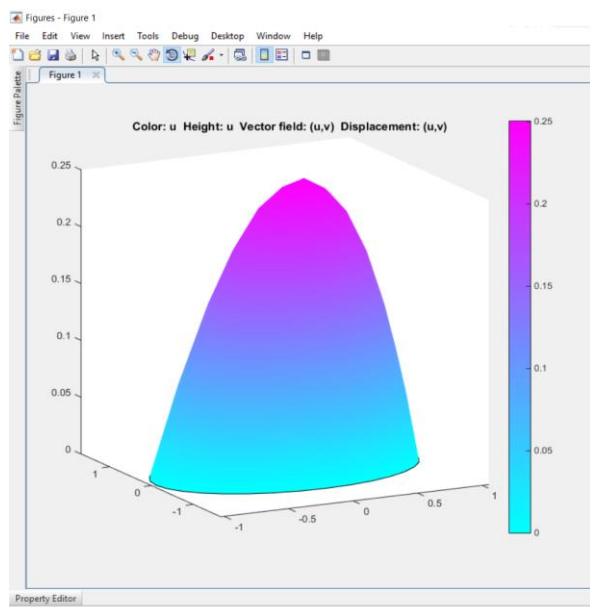
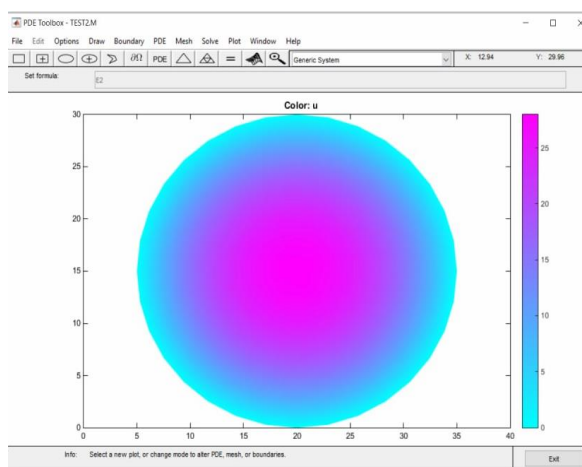
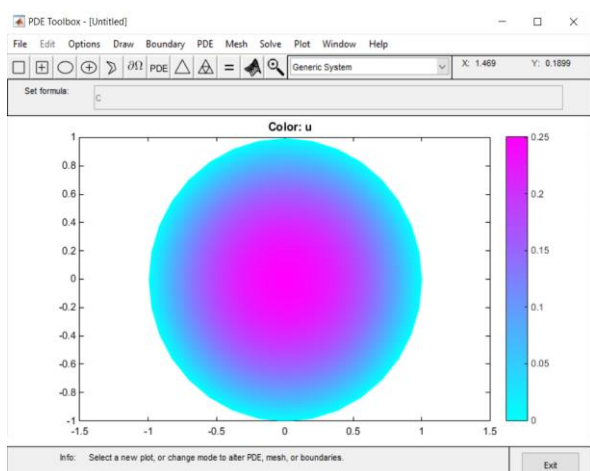
Аввал, PDE Toolbox муҳитида ҳал қилинадиган муаммонинг турини танлаймиз – Generic System ва тизимнинг коэффицентлари ўрнатилиши керак бўлган PDE Specification ойнасини очамиз. Бизнинг ҳолатда биринчи тенгламалар системаси (2.47) учун $c_{11}=1$, $c_{12}=0$, $a_{11}=0$, $a_{12}=0$, $f_1=1$, $c_{21}=0$, $c_{22}=1$, $a_{21}=0$, $a_{22}=0$, $f_2=1$ ни ўрнатишимиз керак. Иккинчи тенгламалар системаси (2.48) 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. Ушбу қийматлар $R_v=1$ и $R_v(\frac{\rho_{Lm}}{\rho_{Lg}})=1$ бўлган системага мос келади.

Boundary Condition ойнаси юқорида санаб ўтилган шартларнинг учта туридан бирини танлаш учун Neumann, Dirichlet ва Mixed ҳамда чегаравий шартлар коэффицентларни ўрнатиш учун кириш қаторларини ўз ичига олади. Чегарадаги изланган функцияларни нол қийматларига $h_{11}=1$, $h_{12}=0$, $r_1=0$ и $h_{21}=0$, $h_{22}=1$, $r_2=0$ параметрли Dirichlet шартлари мос келади (2.4-расм).



2.4-расм. Boundary Condition да шарт турларини ўрнатиш

Майдоннинг триангуляциясини ўрнатамиз ва масалани ечамиз. PDE Toolbox ойнасида ранг билан тўлган ва ўнг томонида ранглар палитраси бўлган контур графигини оламиз.



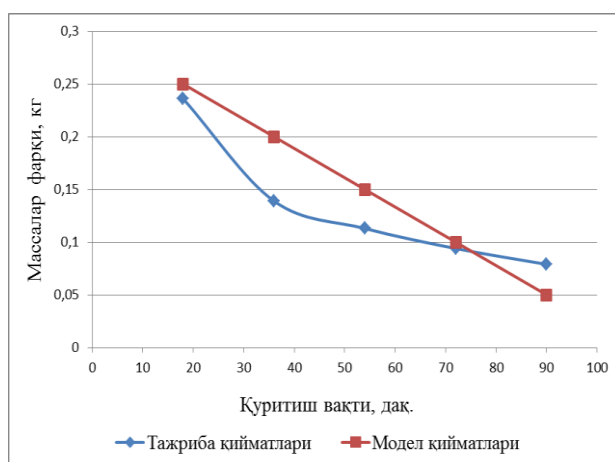
а)

б)

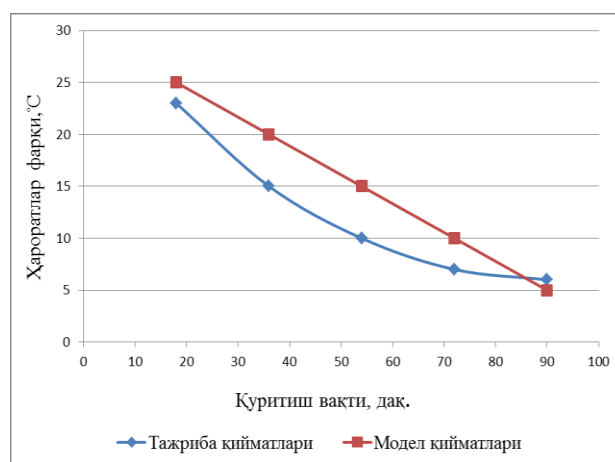
2.5-расм. Тенгламалар системасининг график кўринишидаги ечимлари:

а – моддий баланс биринчи тенгламалар системасининг ечими, б – иссиқлик биланс иккинчи тенгламалар системасининг ечими

Графиклардан кўриниб турибдики, тенгламанинг биринчи системаси (2.47) учун энг катта ечимлар сони $0.05 \div 0.25$ ораликда, иккинчи тенгламалар системаси (2.48) учун ечимлар сони $5 \div 25$ ораликда бўлади.



а)



б)

2.6-расм. Аналитик модел ва таҷриба қийматларини таққослаш графиги: а – масса алмашилиш жараёни, б – иссиқлик алмашилиш жараёни.

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, қуритиш учун турли қурилмалар ва технологик режимларнинг қўлланилиши билан мураккаблашади. Шунинг учун таҷриба асосида керакли коэффициентлар аниқланадиган эмпирик моделлаштириш усулига ўтишга қарор қилинди.

2.2. Барабан типдаги комбинациялашган қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларининг қуритилиш жараёнини эмпирик моделлаштириш.

Дон қуриткич аппаратлари турлича бўлиб, уларда жараённи тўғри ташкил этиш, кириш параметрлари ўзгаришига боғлиқ ҳолда маҳсулотнинг чиқишдаги ўзгаришларини башоратлаш ҳамда осон лойиҳалаш мақсадида математик моделлаштириш амалга оширилди. Барабан типдаги қуриткичларда асосан конвектив ва контактли қуритиш усуллари

қўлланилади [140]. Кириш параметрлари сифатида олинадиган қуриткичга кирувчи ҳаво ҳарорати, ҳаво тезлиги, қуритиш ҳавоси ва қуритилувчи маҳсулотнинг нисбий намлиги, барабанни айланиш тезлиги ҳамда маҳсулотни барабанга узатиш тезлиги каби катталиклар қуриткичда иссиқлик узатиш жараёнига бевосита таъсир кўрсатади.

Мазкур математик модел барабанли қуриткич устида олиб борилган тажриба асосида тузилган. Моделда қуёшнинг кун давомидаги фаоллиги алоҳида инобатга олинган. Қуриткичда кунгабоқар уруғларини қуритиш бўйича тажрибалар ўтказилган ва тажрибадан олинган натижалар диссертациянинг 3 чи бобида батафсил баён қилинган.

Тажриба қуриткичида қуритиш жараёни 80°C, 90°C ва 100°C ҳароратларда амалга оширилди. Тажриба ўтказиш учун 2 кг дан кунгабоқар уруғлари олинган бўлиб, дастлабки намликлари 38%÷46% оралиқни ташкил этди. Қуритиш жараёнида қуёшнинг фаоллиги ҳам инобатга олиниб, қуёш коллекторидаги қизиган ҳаво ҳарорати қийматининг ўзгариши билан баҳоланади. Бунга кўра коллектордаги ҳаво ҳарорати 55÷65 °C оралиғида ўзгаради. Қуёшнинг иссиқлик энергияси таъсирида айланувчи барабаннинг кўпроқ қизиши содир бўлади, бу билан контактли қуритиш амалга ошади. Қуёш коллекторидаги нисбатан қизиган ҳаво электрокалориферда тегишли қуритиш ҳароратларигача қиздирилади. Қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг қуриткич чиқишидаги намлик ўзгариши қуритиш ҳарорати, уруғларнинг дастлабки намлиги, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати каби кириш омилларининг таъсирларига боғлиқ.

Барабан типига қуритиш қурилмасида қуритиш жараёнининг модели 2.1-параграфда келтирилган қўйимлар асосида қурилган.

Тажриба қуриткичига қуритиш учун солинган кунгабоқар уруғлари бир партия қуриб тушиши учун маълум вақт сарф бўлади. Бу кунгабоқар уруғларини қуритишдаги битта босқич ҳисобланади. Сақлаш учун мос намликка эришиш учун қуритиш жараёни 5 та босқичда амалга оширилган бўлиб, ҳар бир босқичнинг давомийлиги 18 дақиқани ташкил этади, жами

қуритиш давомийлиги 90 дақиқа. Бу кўрсаткич ҳам кириш омили сифатида олинган.

Математик модел ҳар бир қуритиш ҳарорати учун ишлаб чиқилди. Кириш омиллари:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}, ^\circ\text{C}$;
- 2) кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлиги $\varphi_0, \%$;
- 3) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}, ^\circ\text{C}$;
- 4) кунгабоқар уруғларини қуритиш босқичи давомийлиги τ , дақ;

Тажриба иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш асосида ўтказилди.

Ушбу тадқиқот тажрибасини ўтказишдан мақсад қуритиш агентининг ҳарорати, кунгабоқар уруғлари бошланғич намлиги, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини масса йўқотилиш даражасига, қуритиш барабанидан чиқаётган кунгабоқар уруғлари намлиги ўзгаришига, қуритиш агентининг ҳарорати, тезлиги ва қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини тажриба қуриткичининг электр энергия сарфига таъсирини ўрганишдир. Тажриба мақсадидан келиб чиқиб юклаш бункеридаги кунгабоқар уруғлари сарфи ва қуритиш барабанининг айланишлар сонини мос қийматда ўзгармас қилиб ўрнатамиз.

2.2.1. Қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларини масса йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Кунгабоқар уруғларини қуритиш ўртача 80°C , 90°C ва 100°C қуритиш ҳароратларида амалга оширилди. Жараёни дастлаб 80°C қуритиш ҳароратида кўриб ўтамиз ва мос математик моделни ишлаб чиқамиз.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 80°C ҳароратда қуритишда масса йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Кирувчи омиллар сифатида қуйидагилар олинган:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи $78 \div 82^\circ\text{C}$.

2) кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлиги, унинг ўзгариш оралиғи $38 \div 46\%$.

3) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи $55 \div 65^\circ\text{C}$.

4) кунгабоқар уруғларини қуритиш даври, унинг ўзгариш оралиғи $36 \div 72$ дақ.

Биринчи кириш омили учун қуйидагиларни ҳисоблаймиз:

$$x_1^{\max} = 82^\circ\text{C} \quad x_1^{\min} = 78^\circ\text{C}$$

Ўрта қиймат ва ўзгариш оралиғи (қадами)ни ҳисоблаймиз:

$$x_1^0 = \frac{x_1^{\max} + x_1^{\min}}{2} = \frac{82^\circ\text{C} + 78^\circ\text{C}}{2} = 80^\circ\text{C};$$

$$\Delta x = \frac{x_1^{\max} - x_1^{\min}}{2} = \frac{82^\circ\text{C} - 78^\circ\text{C}}{2} = 2^\circ\text{C}.$$

Кириш омилини қуйидаги формула орқали кодлаймиз:

$$x_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i}. \quad (2.49)$$

Қолган кириш омиллари учун ҳам юқоридаги ҳисоб ишларини амалга оширамиз.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларининг масса йўқотилиш жараёни нозизиқли тавсифга эга, яъни параболик эгри чизиқни ифодаловчи ташкил этувчига эга. Шунинг учун, тажрибани иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш асосида ўтказамиз. Ушбу усул ишончилиги ва мантиқийлиги жиҳатидан иккинчи тартибли ортогонал марказий композицион тажриба усулидан фарқ қилади [141].

Кириш омиллари тўртта бўлганлиги боис “юлдузча” елка қиймати қуйидагича бўлади:

$$\alpha = 2^{\frac{k}{4}} = 2^{\frac{4}{4}} = 2.$$

Бу ерда k – кириш омиллар сони. Ҳар бир омил бўйича $-\alpha$ ва $+\alpha$ қийматлар мавжуд.

Юқоридаги кириш омилларини масса йўқотилиш даражаси M га таъсирини моделлаштирамиз.

Кириш омиллари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари 2.1-жадвалда келтирилган.

2.1-жадвал.

Омиллар чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаш-тирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, °C	X_1	76	78	80	82	84	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, ф0%	X_2	34	38	42	46	50	4
Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, °C	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дак.	X_4	18	36	54	72	90	18

Чиқувчи омилнинг тажрибавий натижалари ҳамда дисперциялари 3-илова 2.2-жадвалда келтирилган.

Режалаштирилган тажриба матрицаси асосида ҳар бир шароитда уч марта такроран тажрибалар ўтказилди. Ўтказиладиган тажрибаларнинг умумий сони қуйидаги формула орқали топилади:

$$N = 2^k + 2k + n_0 = 2^4 + 8 + 7 = 31$$

бу ерда, N – тажрибалар сони; k – омиллар сони; n_0 – ўрта қийматлардаги тажрибалар сони.

Тажриба ўтказиш натижасида олинган такрорий қийматларнинг ўрта арифметиғи аниқланди. Масса йўқотилиш даражасининг ўрта арифметиғи қийматлари 3-илова 2.2-жадвалга киритилган.

Регрессия моделига эга бўлиш учун матрица бўйича режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицасини тузилган (3-илова 2.2-жадвал).

Тажриба қуриткичининг иккинчи тартибли математик модели қуйидаги регрессион тенглама кўринишига эга бўлади:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (2.50)$$

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

Тажриба қуриткичида тадқиқот ўтказиш орқали ушбу регрессия коэффициентларини аниқлаймиз.

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

$$\begin{aligned}
 b_0 &= C_1 \sum_{u=1}^{31} y_u - C_2 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u; \\
 b_i &= C_3 \sum_{u=1}^{24} x_{iu} y_u; \\
 b_{ij} &= C_4 \sum_{u=1}^{16} x_{iu} x_{ju} y_u; \\
 b_{ii} &= C_5 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u + C_6 \sum_{i=1}^4 \sum_{u=1}^{24} x_{iu}^2 y_u - C_2 \sum_{u=1}^{31} y_u;
 \end{aligned} \tag{2.51}$$

бу ерда C_i коэффициентлар ёрдамчи коэффициентлардир.

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

Жадвалдан фойдаланган ҳолда регрессия коэффициентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматларни ҳисоблаймиз (3-илова 2.2-жадвал):

$$\begin{aligned}
 \sum x_{1u} \bar{y}_u &= -0,517; & \sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u &= 0,063; \\
 \sum x_{2u} \bar{y}_u &= -1,205; & \sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u &= -0,563; \\
 \sum x_{3u} \bar{y}_u &= -0,4; & \sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u &= -0,073; \\
 \sum x_{4u} \bar{y}_u &= -2,365; & \sum x_{1u}^2 \bar{y}_u &= 34,871; \\
 \sum x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u &= -0,083; & \sum x_{2u}^2 \bar{y}_u &= 35; \\
 \sum x_{1u} x_{3u} \bar{y}_u &= 0,067; & \sum x_{3u}^2 \bar{y}_u &= 35,527; \\
 \sum x_{1u} x_{4u} \bar{y}_u &= -0,105; & \sum x_{4u}^2 \bar{y}_u &= 35,543.
 \end{aligned}$$

Топилган қийматлар асосида (2.51) формула бўйича регрессия коэффициентлари қуйидаги қийматларни қабул қилади:

$b_0=1,38$; $b_1=-0,02$; $b_2=-0,05$; $b_3=-0,017$; $b_4=-0,1$; $b_{12}=-0,005$; $b_{13}=0,004$; $b_{14}=-0,007$; $b_{23}=0,004$; $b_{24}=-0,04$; $b_{34}=-0,0046$; $b_{11}=0,02$; $b_{22}=0,02$; $b_{33}=0,04$; $b_{44}=0,04$.

Ҳисобланган қийматлардан келиб чиқиб регрессия тенгламаси қуйидагича кўринишда бўлади:

$$y = 1,38 - 0,02x_1 - 0,05x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,005x_1x_2 - 0,004x_1x_3 - 0,007x_1x_4 - 0,004x_2x_3 - 0,04x_2x_4 - 0,0046x_3x_4 + 0,02x_1^2 + 0,02x_2^2 + 0,04x_3^2 + 0,04x_4^2. \quad (2.52)$$

Оптималлаштириш параметри дисперсиясини режалаштириш марказидаги тажрибалар натижалари асосида қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^7 (y_i - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1}; \quad (2.53)$$

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

(2.52) формуладаги регрессия коэффицентларининг Стьюдент меъзони асосида аҳамиятлилиги қуйидаги формула бўйича текширилади:

$$\varepsilon(b_i) = t(P; f_i) \cdot S_{bi}, \quad (2.54)$$

бу ерда t – Стьюдент меъзони $t(P; f_i)$.

S_{bi} – регрессия коэффицентини аниқлашдаги ўртача квадратик ҳато.

(2.52) формуладаги $\varepsilon(b_i)$ коэффицентларнинг S_{bi} га нисбати бўйича ҳисобланган қийматлари Стьюдент меъзони асосида жадвалдан олинган $t(P; f_i)$ нинг қийматига тенг ва ундан катта бўлса, у ҳолда коэффицентлар аҳамиятли ҳисобланади, аксинча ҳолатда эса коэффицентлар аҳамиятсиз ҳисобланиб, кейинги ҳисоб ишларида тенгламадан тушиб қолдирилади.

Тегишли ҳисоблашлардан сўнг (2.52) формула қуйидаги кўринишга келди:

$$y = 1,38 - 0,02x_1 - 0,05x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,04x_2x_4 + 0,02x_1^2 + 0,02x_2^2 + 0,04x_3^2 + 0,04x_4^2. \quad (2.55)$$

Ушбу топилган регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари 3-илованинг 2.3-жадвалида келтирилган.

Олинган регрессия тенгламасини Фишер меъзони асосида монандликка текширишдан олдин монандлик дисперсияси ҳисобланди:

$$S^2_{\text{мон}} = \frac{\sum_{i=1}^{31} (\bar{y}_u - y_{\text{хис}})^2 - \sum_{i=1}^7 (y_u - \bar{y}_0)}{N - k' - (n_0 - 1)}. \quad (2.56)$$

Фишер меъзонининг ҳисобий қиймати F_x топилган сўнг $F(P, f_1, f_2)$ асосида жадвалдан мос қиймат $F_{\text{ж}}$ билан солиштирилади. Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламиз:

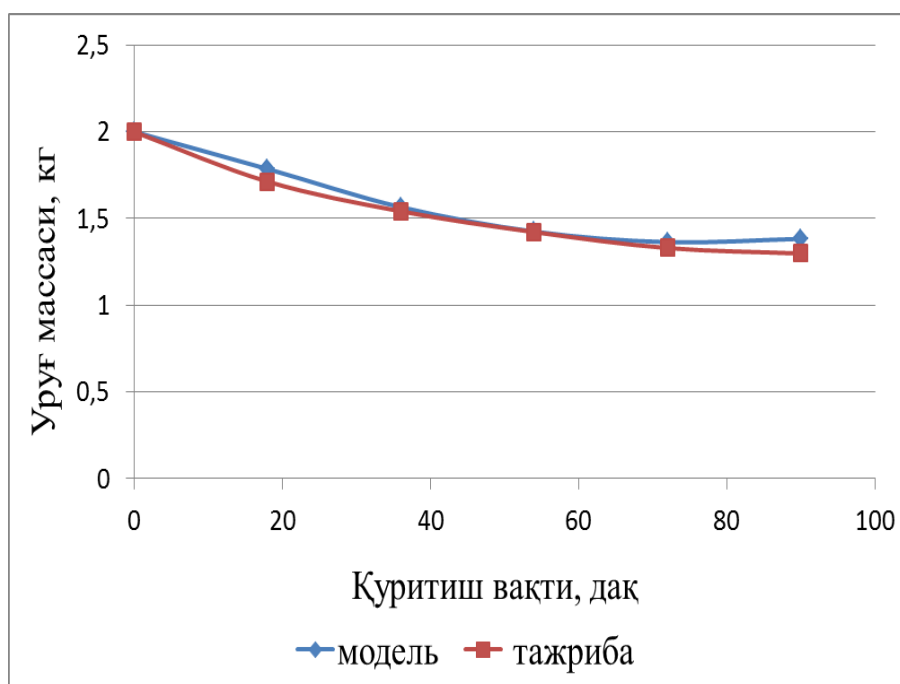
$$F_{\text{ж}} [P_{\text{д}} = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 10 - (7 - 1) = 15] = 2,79$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{ж}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 2,76 < 2,79 = F_{\text{ж}}$ шарт бажарилди. Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

Маълумки, топилган регрессион тенглама кириш омилларининг кодланган шаклларида иборат бўлиб, уларни ҳақиқий қийматларига ўзгартирилганда қуйидаги ифода ҳосил бўлди:

$$M_{80} = 42,32 - 0,81 \cdot T_{\text{ка}} - 0,0875 \cdot \varphi_0 - 0,1954 \cdot T_{\text{кк}} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 T_{\text{ка}}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0016 \cdot T_{\text{кк}}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2. \quad (2.57)$$

Ушбу топилган формула тажриба қуриткичида кунгабоқар уруғларининг қуритиш ҳарорати ўртача 80°C бўлган режими учун масса бериш жараёнининг эмпирик математик модели ҳисобланади. Эмпирик модель асосида кириш омиллари ўрта қийматлари орқали масса ўзгариши ва тажрибада олинган қийматлар 4-илова 2.4-жадвалда сон жиҳатдан таққосланган. Масса ўзгариш қийматларининг таққослаш графиги 2.7-расмда келтирилган.



2.7-расм. Масса ўзгариш қийматларининг таққослаш графиги (қуритиш ҳарорати 80°C).

Графикдан кўриниб турибдики, тажриба ва моделдан олинган қийматлар бир-бирига жуда яқин. Моделни монандлигини ва таққослаш графигидаги мутаносибликни ҳисобга олган ҳолда олинган эмпирик моделдан фойдаланиш мумкин.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 90°C ҳароратда қуритишда масса йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларининг масса йўқотилиш жараёнини 90°C қуритиш ҳароратида кўриб ўтамыз ва масса ўзгаришининг эмпирик математик моделини ишлаб чиқамиз.

Кирувчи омиллар:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи 88÷92°C.
- 2) кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлиги, унинг ўзгариш оралиғи 38 ÷ 46%.
- 3) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи 55 ÷ 65°C.

4) кунгабоқар уруғларини қуритиш даври, унинг ўзгариш оралиғи $36 \div 72$ дақ.

Барча кириш омиллари учун ҳисоблаш учун қулай бўлган кодланган кўринишга ўтказиб олинади. Кириш омилларининг чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари 2.5-жадвалда келтирилган.

2.5-жадвал

Омиллар чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаш-тирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, °С	X_1	86	88	90	92	94	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, %	X_2	34	38	42	46	50	4
Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, °С	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дақ.	X_4	18	36	54	72	90	18

Масса йўқотилиш даражасининг ўрта арифметиги қийматлари 3-илова 6-жадвалга киритилган.

Регрессия моделига эга бўлиш учун матрица бўйича режалаштирилган марказий композицион тажриба ўтказилди (3-илова 2.6-жадвал).

Тажриба қуриткичининг иккинчи тартибли эмпирик математик модели (2.50) тенглама кўринишида бўлади. Тенгламадаги коэффицентлар (2.51) формула асосида ҳисоблаб топилади. C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 ёрдамчи коэффицентлар ўзгармас.

3-илова 2.6-жадвалдан фойдаланиб регрессия коэффицентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматлар ҳисобланди:

$$\sum x_{1u} \bar{y}_u = -0,461;$$

$$\sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u = -0,015;$$

$$\sum x_{2u} \bar{y}_u = -1,513;$$

$$\sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u = -0,321;$$

$$\sum x_{3u} \bar{y}_u = -0,405;$$

$$\sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u = 0,029;$$

$$\sum x_{4u} \bar{y}_u = -2,639;$$

$$\sum x_{1u}^2 \bar{y}_u = 33,419;$$

$$\begin{aligned}\sum x_{1u}x_{2u}\bar{y}_u &= -0,031; & \sum x_{2u}^2\bar{y}_u &= 33,391; \\ \sum x_{1u}x_{3u}\bar{y}_u &= 0,035; & \sum x_{3u}^2\bar{y}_u &= 33,435; \\ \sum x_{1u}x_{4u}\bar{y}_u &= 0,025; & \sum x_{4u}^2\bar{y}_u &= 34,051.\end{aligned}$$

Ҳисобланган қийматлар асосида (2.51) формула орқали регрессия коэффицентлари ҳисобланди:

$$b_0=1,326; b_1=-0,02; b_2=-0,06; b_3=-0,017; b_4=-0,1; b_{12}=-0,002; b_{13}=0,002; b_{14}=0,0016; b_{23}=-0,001; b_{24}=-0,02; b_{34}=0,002; b_{11}=0,02; b_{22}=0,02; b_{33}=0,04; b_{44}=0,04.$$

Ҳисобланган коэффицентлар тенгламага қўйилгандан сўнг қуйидаги кўринишга келади:

$$\begin{aligned}y &= 1,326 - 0,02x_1 - 0,06x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,002x_1x_2 + 0,002x_1x_3 \\ &+ 0,0016x_1x_4 - 0,001x_2x_3 - 0,02x_2x_4 + 0,002x_3x_4 + 0,02x_1^2 + 0,02x_2^2 + \\ &+ 0,02x_3^2 + 0,04x_4^2.\end{aligned}\quad (2.58)$$

Оптималлаштириш параметри дисперсияси (2.53) формула асосида ҳисоблаб топилган. (2.58) формуладаги коэффицентлар (2.54) асосида Стьюдент меъзонига текширилди ва аҳамиятсиз коэффицентлар тенгламадан чиқариб юборилди. Сўнг (2.58) тенглама қуйидаги кўринишга келди:

$$\begin{aligned}y &= 1,326 - 0,02x_1 - 0,06x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,02x_2x_4 + 0,02x_1^2 + \\ &+ 0,02x_2^2 + 0,02x_3^2 + 0,04x_4^2.\end{aligned}\quad (2.59)$$

Топилган ушбу регрессия тенгламасини ҳисобланган чиқиш қийматлари 3-иловининг 2.7-жадвалида келтирилган.

Монандлик дисперсияси (2.56) формула асосида топилгандан сўнг тенглама Фишер меъзони бўйича тажриба қийматларига монанд эканлиги аниқланди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = \frac{0,0023}{0,001} = 2,3.$$

Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламыз:

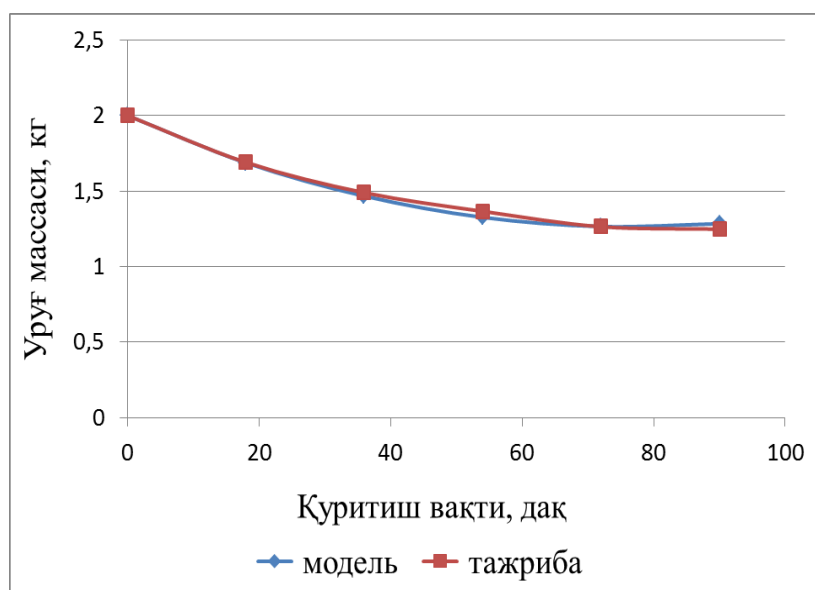
$$F_{\text{жс}} [P_D = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 10 - (7 - 1) = 15] = 2,79.$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{жс}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 2,3 < 2,79 = F_{\text{жс}}$ шарт бажарилди. Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

Тенглама кириш омилларининг кодланган кўринишидан иборат бўлганлиги сабабли, уларни ҳақиқий қийматларига ўзгартирилди ва қуйидаги ифода келиб чиқди:

$$M_{90} = 48,046 - 0,91 \cdot T_{\text{ка}} - 0,09 \cdot \varphi_0 - 0,0994 \cdot T_{\text{кк}} + 0,004636 \cdot \tau - 0,00056 \cdot \varphi_0 \cdot \tau + 0,005 \cdot T_{\text{ка}}^2 + 0,00125 \cdot \varphi_0^2 + 0,0008 \cdot T_{\text{кк}}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2. \quad (2.60)$$

Демак, (2.60) тенглама тажриба қуриткичида кунгабоқар уруғларининг қуритиш ҳарорати ўртача 90°C бўлган режими учун масса йўқотилиш жараёнининг эмпирик математик модели ҳисобланади. Модель ва тажриба асосида топилган масса ўзгариш қийматлари 4-илова 2.8-жадвалда келтирилган бўлиб, қийматларнинг таққослаш графиги 2.8-расмда тасвирланган.



2.8-расм. Масса ўзгариш қийматларининг таққослаш графиги (қуритиш ҳарорати 90°C).

Монандлик меъзониға ва расмдаги график тасвирга кўра ҳосил бўлган тенглама тўла эмпирик модель бўла олади.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 100°C ҳароратда қуритишда масса йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнини 100°C қуритиш ҳароратида кўриб ўтамиз ва масса ўзгаришининг эмпирик математик моделини ишлаб чиқамиз.

Кирувчи омиллар:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи $98 \div 102^{\circ}\text{C}$.
- 2) кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлиги, унинг ўзгариш оралиғи $38 \div 46\%$.
- 3) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, унинг ўзгариш оралиғи $55 \div 65^{\circ}\text{C}$.
- 4) кунгабоқар уруғларини қуритиш даври, унинг ўзгариш оралиғи $36 \div 72$ дақ.

Келтирилган кириш омилларини ҳисоблаш учун қулай ҳолда кодланган кўринишга ўзгартириб олинади. 2.9-жадвалда кириш омилларининг ўзгариш оралиқлари ва чегаралари келтирилган.

2.9-жадвал

Омиллар чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаш-тирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, °C	X_1	96	98	100	102	104	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, %	X_2	34	38	42	46	50	4
Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, °C	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дақ.	X_4	18	36	54	72	90	18

3-илова 2.10-жадвалда масса йўқотилиш даражасининг ўрта арифметиғи қийматлари киритилган.

Регрессия моделига эга бўлиш учун матрица бўйича режалаштирилган марказий композицион тажриба ўтказилади (3-илова 2.10-жадвал).

Эмпирик модель (2.50) тенглама кўринишида бўлиб, коэффициентлар (2.51) формула орқали ҳисобланади. $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ёрдамчи коэффициентлар ўзгармасдир.

3-илова 2.10-жадвалдан фойдаланган ҳолда регрессия коэффициентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматларни ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} \sum x_{1u} \bar{y}_u &= -0,506; & \sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u &= 0,026; \\ \sum x_{2u} \bar{y}_u &= -1,538; & \sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u &= -0,324; \\ \sum x_{3u} \bar{y}_u &= -0,406; & \sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u &= 0,034; \\ \sum x_{4u} \bar{y}_u &= -2,374; & \sum x_{1u}^2 \bar{y}_u &= 32,552; \\ \sum x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u &= -0,024; & \sum x_{2u}^2 \bar{y}_u &= 32,552; \\ \sum x_{1u} x_{3u} \bar{y}_u &= 0,05; & \sum x_{3u}^2 \bar{y}_u &= 32,556; \\ \sum x_{1u} x_{4u} \bar{y}_u &= 0,044; & \sum x_{4u}^2 \bar{y}_u &= 33,344. \end{aligned}$$

Ҳисобланган қийматлар асосида регрессия коэффициентлари қуйидагича:

$$\begin{aligned} b_0 &= 1,3; \quad b_1 = -0,02; \quad b_2 = -0,06; \quad b_3 = -0,017; \quad b_4 = -0,1; \quad b_{12} = -0,0015; \quad b_{13} = 0,00315; \\ b_{14} &= 0,0028; \quad b_{23} = 0,0016; \quad b_{24} = -0,02; \quad b_{34} = 0,002; \quad b_{11} = 0,015; \quad b_{22} = 0,015; \quad b_{33} = 0,015; \\ b_{44} &= 0,04. \end{aligned}$$

Коэффициентлар қўйилгандан сўнг регрессия тенгламаси қуйидагича кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} y &= 1,3 - 0,02x_1 - 0,06x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,0015x_1x_2 + \\ &+ 0,003x_1x_3 + 0,0028x_1x_4 + 0,0016x_2x_3 - 0,02x_2x_4 + \\ &+ 0,002x_3x_4 + 0,015x_1^2 + 0,015x_2^2 + 0,015x_3^2 + 0,04x_4^2. \end{aligned} \quad (2.61)$$

Режалаштириш марказидаги тажриба натижалари асосида (2.53) формула орқали оптималлаштириш параметри дисперсиясини ҳисобланади. Кейинги ҳисоблашлар учун тенглама коэффициентлари Стьюдент меъзонига

текширилди, аҳамиятсиз коэффициентлар тенгламадан чиқариб юборилди ва тенглама қуйидаги кўринишга келди:

$$y = 1,3 - 0,02x_1 - 0,06x_2 - 0,017x_3 - 0,1x_4 - 0,02x_2x_4 + 0,015x_1^2 + 0,015x_2^2 + 0,015x_3^2 + 0,04x_4^2. \quad (2.62)$$

Топилган тенгламанинг ҳисобланган чиқиш қийматлари 3-илованинг 2.11-жадвалида келтирилган.

Олинган регрессия тенгламаси Фишер меъзони асосида монандликка текширилди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = \frac{0,0029}{0,0011} = 2,64.$$

Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламиз:

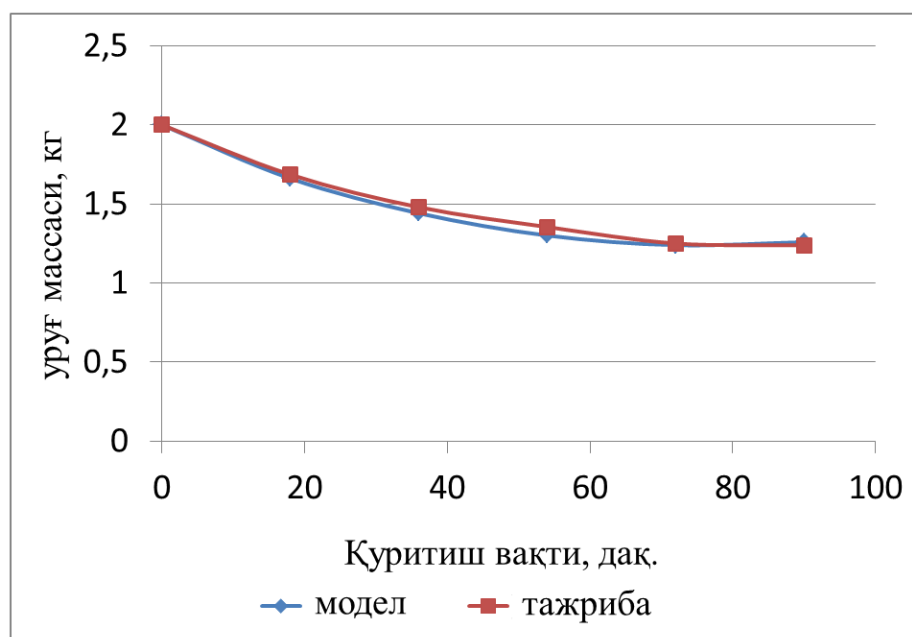
$$F_{\text{жс}} [P_{\text{д}} = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 10 - (7 - 1) = 15] = 2,79$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{жс}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 2,64 < 2,79 = F_{\text{жс}}$ шарт бажарилди. Демак, топилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

Топилган тенглама кириш омилларининг кодланган шаклларида иборат бўлганлиги учун ҳақиқий қийматларига ўзгартирилди. Тенглама қуйидагича ифодаланди:

$$\begin{aligned} M_{100} = & 44,479 - 0,76 \cdot T_{\text{ка}} - 0,07875 \cdot \varphi_0 - 0,07544 T_{\text{кк}} - \\ & - 0,007124 \cdot \tau - 0,00028 \cdot \varphi_0 \cdot T_{\text{кк}} + 0,00375 \cdot T_{\text{ка}}^2 + \\ & + 0,0009375 \cdot \varphi_0^2 + 0,0006 \cdot T_{\text{кк}}^2 + 0,000123 \cdot \tau^2. \end{aligned} \quad (2.63)$$

Топилган ушбу формула кунгабоқар уруғларини ўртача 100°C қуритиш ҳароратли режими учун масса йўқотилиш жараёнининг эмпирик математик модели ҳисобланади. Тажриба асосида олинган қийматлар билан модель ёрдамида ўрта қийматлар бўйича ҳисобланган масса ўзгаришлар қийматлари 4-илова 2.12-жадвалда келтирилган. Тажриба ва модель бўйича масса ўзгариш қийматларининг солиштириш графиги 2.9-расмда берилган.



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

Тенгламани монандликка текширгандан сўнг, юқоридаги графикдан ҳам кўриниб турибдики топилган регрессион тенглама фойдаланишга яроқли.

2.2.2. Қуриштиш аппаратида кунгабоқар уруғларини намлик йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Биз қуйида қуриштиш жараёнида кунгабоқар уруғларидан намликни йўқотилиш жараёнини ва уни моделлаштиришни кўриб ўтамиз. Тажриба учун турли бошланғич намликдаги 2кг дан кунгабоқар уруғлари олинди. Жараён 80°C, 90°C ва 100°C қуриштиш ҳароратларида амалга оширилди. Тажриба иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш асосида ўтказилди. Бу тажрибада ҳам кириш омиллари тўртта. Қуриткич чиқишидаги уруғлар намликларининг ўзгаришига таъсир қилувчи кириш омиллари 2.13-жадвалда келтирилган.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 80°C ҳароратда қуритишда намлик йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

2.13-жадвал

Омиллар чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаш-тирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{ка}$, °C	X_1	76	78	80	82	84	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, %	X_2	34	38	42	46	50	4
Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{кк}$, °C	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дақ.	X_4	18	36	54	72	90	18

Чиқувчи омилнинг тажрибавий натижалари ҳамда дисперциялари 3-илова 2.14-жадвалда келтирилган.

Режалаштирилган тажриба матрицаси асосида ҳар бир шароитда уч марта такроран тажрибалар ўтказилди. Ўтказиладиган тажрибаларнинг умумий сони қуйидаги формула орқали топилади:

$$N = 2^k + 2k + n_0 = 2^4 + 8 + 7 = 31$$

бу ерда, N – тажрибалар сони; k – омиллар сони; n_0 – ўрта қийматлардаги тажрибалар сони.

Тажриба ўтказиш натижасида олинган намлик ўзгаришининг такрорий қийматларининг ўрта арифметиги қуйидагича аниқланади:

$$\bar{Y} = \frac{Y_{i1} + Y_{i2} + Y_{i3}}{3}.$$

Намлик йўқотилиш даражасининг ўрта арифметиги қийматлари 3-илова 2.14-жадвалга киритилган.

Кириш омиллари табиий қийматларидан кодланган қийматларига ўтказилди.

Регрессия модели учун матрица бўйича режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси тузилди (3-илова 2.14-жадвал).

Тажриба қуриткичининг эмпирик математик модели (2.50) тенглама кўринишида бўлади. 2^4 режа асосида тенглама коэффициентлари (2.51) формула орқали топилади. Ёрдамчи ўзгармас коэффициентлар қиймати қуйидагича: $C_1=0,1432$; $C_2=0,0361$; $C_3=0,042$; $C_4=0,063$; $C_5=0,032$; $C_6=0,0038$.

3-илова 2.14-жадвалдан фойдаланган ҳолда регрессия тенгламаси коэффициентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматлар ҳисобланди:

$$\begin{array}{ll} \sum x_{1u} \bar{y}_u = -26,3 & \sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u = 2,9 \\ \sum x_{2u} \bar{y}_u = 55,1 & \sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u = -36,9 \\ \sum x_{3u} \bar{y}_u = -32,7 & \sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u = -10,9 \\ \sum x_{4u} \bar{y}_u = -119,9 & \sum x_{1u}^2 \bar{y}_u = 482,5 \\ \sum x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u = -12,3 & \sum x_{2u}^2 \bar{y}_u = 489,3 \\ \sum x_{1u} x_{3u} \bar{y}_u = -1,5 & \sum x_{3u}^2 \bar{y}_u = 484,1 \\ \sum x_{1u} x_{4u} \bar{y}_u = -1,3 & \sum x_{4u}^2 \bar{y}_u = 502,9 \end{array}$$

Тенгламанинг регрессия коэффициентлари қийматлари қуйидагича:

$$\begin{array}{l} b_0=17,87; \quad b_1=-1,1; \quad b_2=2,3; \quad b_3=-1,37; \quad b_4=-5; \quad b_{12}=-0,77; \quad b_{13}=-0,1; \\ b_{14}=-0,08; \quad b_{23}=0,18; \quad b_{24}=-2,3; \quad b_{34}=-0,7; \quad b_{11}=0,55; \quad b_{22}=0,77; \quad b_{33}=0,6; \quad b_{44}=1,2. \end{array}$$

Топилган коэффициентлар тенгламага қўйилгандан сўнг қуйидаги ифода ҳосил бўлди:

$$\begin{aligned} y = & 17,87 - 1,1x_1 + 2,3x_2 - 1,37x_3 - 5x_4 - 0,77x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - 0,08x_1x_4 + \\ & + 0,18x_2x_3 - 2,3x_2x_4 - 0,7x_3x_4 + 0,55x_1^2 + 0,77x_2^2 + 0,6x_3^2 + 1,2x_4^2. \end{aligned} \quad (2.64)$$

Оптималлаштириш параметри дисперсияси режалаштириш марказидаги тажриба натижалари асосида (2.53) формула ёрдамида ҳисобланди. Стьюдент меъзонига коэффициентлар текширилди ва аҳамиятсиз ҳисобланган коэффициентлар тенгламадан чиқариб ташланди. Натижада қуйидаги тенглама ҳосил бўлди:

$$y = 17,87 - 1,1x_1 + 2,3x_2 - 1,37x_3 - 5x_4 - 2,3x_2x_4 + x_4^2. \quad (2.65)$$

Топилган ушбу тенгламанинг ҳисобланган чиқиш омиллари 3-илова 2.15-жадвалда келтирилган.

Олинган регрессия тенгламасини Фишер меъзони асосида монандликка текширилди ва тенглама тажрибага монанд эканлиги исботланди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = \frac{5,84}{3,3} = 1,77.$$

Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламин:

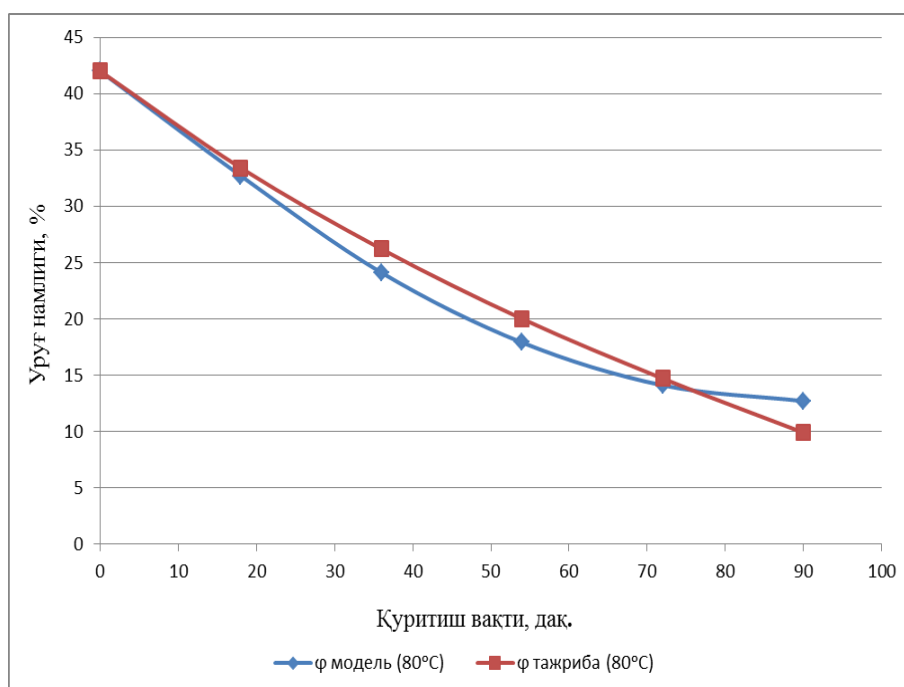
$$F_{\text{жс}} [P_{\text{д}} = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 7 - (7 - 1) = 18] = 2,66$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{жс}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 1,77 < 2,66 = F_{\text{жс}}$ шарт бажарилди. Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

(2.65) тенглама кириш омилларининг кодланган кўринишида бўлиб, ҳақиқий қийматларига ўзгартирилди. Тенглама қуйидаги кўринишда ифодаланди:

$$\varphi_{80} = 7,52 - 0,55T_{\text{ка}} + 2,3\varphi_0 - 0,274T_{\text{кк}} + 0,664\tau - 0,03194\varphi_0\tau + 0,0037\tau^2. \quad (2.66)$$

Мазкур формула кунгабоқар уруғларини ўртача 80°C қуритиш ҳароратида қуритишда намлик йўқотилиш жараёнининг эмпирик математик модели ҳисобланади. Модель асосида ўрта қийматлар бўйича ҳисобланган намлик йўқотилиш қийматлари ва тажрибада олинган қийматлар 4-илова 2.16-жадвалда берилган. Жадвал бўйича намлик йўқотилиш қийматларининг солиштириш графиги 2.10-расмда келтирилган.



2.10-расм. Тажриба ва модель бўйича намлик йўқотилиш қийматларининг солиштириш графиги (қуритиш ҳарорати 80°C).

Расмда тасвирланган солиштириш графиги модель қийматларини тажриба қийматларига қанчалик мос келишини кўрсатмоқда.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 90°C ҳароратда қуритишда намлик йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Қуритиш жараёни 90°C да ташкил этилганда қуриткич чиқишидаги кунгабоқар уруғлари намлиги йўқотилиш жараёнини моделлаштирамиз. Жараёнга таъсир қилувчи кириш омиллари, уларнинг чегаралари ва ўзгариш оралиқлари 2.17-жадвалда берилган.

2.17-жадвал

Кириш омиллари чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаштирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{ка}$, °C	X_1	86	88	90	92	94	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, %	X_2	34	38	42	46	50	4
Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{кк}$, °C	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дақ.	X_4	18	36	54	72	90	18

Чиқувчи омилнинг тажрибавий натижалари ҳамда дисперциялари ва намлик йўқотилиш даражасининг ўрта арифметици қийматлари 3-илова 2.18-жадвалда келтирилган.

Кириш омиллари табиий қийматларидан кодланган қийматларига айлантирилди.

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси тузилди (3-илова 2.18-жадвал).

3-илова 2.18-жадвалдан фойдаланган ҳолда регрессия коэффицентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматларни ҳисоблаб топилди:

$$\begin{aligned}\sum x_{1u} \bar{y}_u &= -27,8; & \sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u &= -20,6; \\ \sum x_{2u} \bar{y}_u &= 43,8; & \sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u &= -36,8; \\ \sum x_{3u} \bar{y}_u &= -24,2; & \sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u &= 0; \\ \sum x_{4u} \bar{y}_u &= -154,2; & \sum x_{1u}^2 \bar{y}_u &= 393; \\ \sum x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u &= -2; & \sum x_{2u}^2 \bar{y}_u &= 393,4; \\ \sum x_{1u} x_{3u} \bar{y}_u &= -2; & \sum x_{3u}^2 \bar{y}_u &= 393; \\ \sum x_{1u} x_{4u} \bar{y}_u &= -1,2; & \sum x_{4u}^2 \bar{y}_u &= 414,2.\end{aligned}$$

Тенгламанинг ҳисобланган регрессия коэффицентлари қуйидагича:

$$\begin{aligned}b_0 &= 14,4; & b_1 &= -1,2; & b_2 &= 1,8; & b_3 &= -1; & b_4 &= -6,5; & b_{12} &= -0,13; & b_{13} &= 0,1; \\ b_{14} &= -0,13; & b_{23} &= -0,08; & b_{24} &= -1,3; & b_{34} &= 0; & b_{11} &= 0,49; & b_{22} &= 0,5; & b_{33} &= 0,49; & b_{44} &= 1,2.\end{aligned}$$

Ҳисоблаб топилган коэффицентлар асосида қуйидаги тенглама шаклланди:

$$\begin{aligned}y &= 14,4 - 1,2x_1 + 1,8x_2 - x_3 - 6,5x_4 - 0,13x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - \\ &- 0,13x_1x_4 + 0,08x_2x_3 - 1,3x_2x_4 + 0,49x_1^2 + 0,5x_2^2 + 0,49x_3^2 + 1,2x_4^2.\end{aligned}\quad (2.67)$$

Оптималлаштириш параметри дисперсияси (2.53) формула орқали ҳисобланиб, тенглама коэффицентлари Стъюдент меъзонига текширилди ва аҳамиятсиз коэффицентлар тенгламадан чиқариб ташланди. Ҳосил бўлган тенглама қуйидагича:

$$y = 14,4 - 1,2x_1 + 1,8x_2 - x_3 - 6,5x_4 - 1,3x_2x_4 + 1,2x_4^2. \quad (2.68)$$

Мазкур тенглама бўйича ҳисобланган чиқиш омиллари 3-илова 2.19-жадвалда берилган.

(2.68) тенглама Фишер меъзони асосида монандликка текширилди ва монандлиги исботланди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = \frac{3,07}{4} = 0,77.$$

Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламитиз:

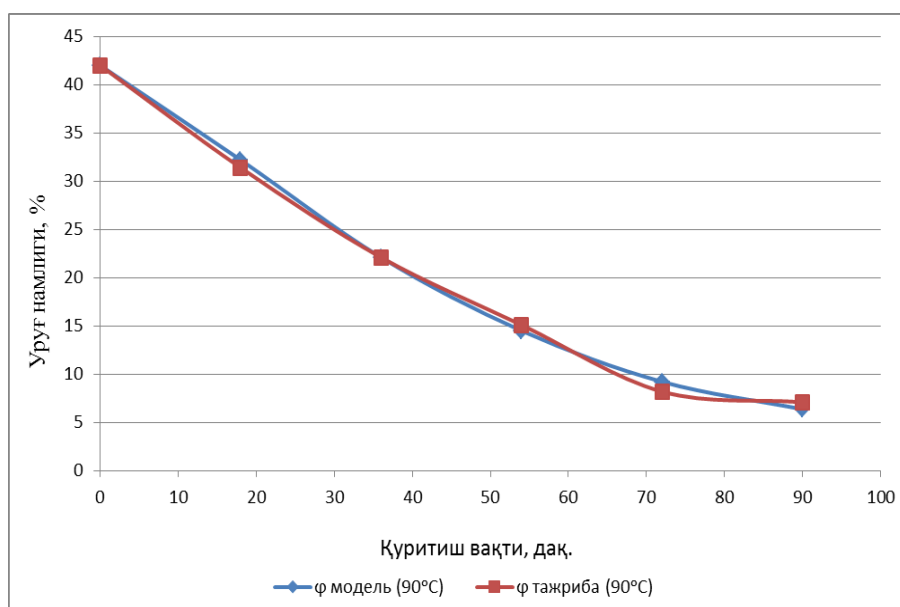
$$F_{\text{жс}} [P_{\text{д}} = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 7 - (7 - 1) = 18] = 2,66$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{жс}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 0,77 < 2,66 = F_{\text{жс}}$ шарт бажарилди. Демак, тузилган модел тенграмаси тажрибага монанд.

Тенглама кириш омилларининг кодланган кўринишидан иборат бўлиб, ҳақиқий қийматларига айлантирилди. Ҳақиқий қийматларига эга кириш омилларидан иборат тенглама қуйидагича ифодаланади:

$$\begin{aligned} \varphi_{90} = & 50,844 - 0,6T_{\text{ка}} + 1,425\varphi_0 - 0,2T_{\text{кк}} + 0,0038\tau - \\ & - 0,0182\varphi_0\tau + 0,00372\tau^2. \end{aligned} \quad (2.69)$$

Ушбу формула ўртача 90°C қуриштиш ҳароратида қунгабоқар уруғларини қуриштишда намлик йўқотилиш жараёнининг эмпирик математик модели ҳисобланади. Ўрта қийматлар бўйича модель асосида ҳисоблаб топилган намлик йўқотиш қийматлари ҳамда тажриба қийматлари 4-илова 2.20-жадвалда келтирилган. Жадвалдаги қийматларнинг таққослаш графиги 2.11-расмда берилган.



2.11-расм. Тажриба ва модель бўйича намлик йўқотилиш қийматларининг солиштириш графиги (қуритиш ҳарорати 90°C).

Расмда тасвирланган солиштириш графигидан ҳам кўриниб турибдики, топилган эмпирик модел тенгламаси тажрибага тўла мос келади ва фойдаланишга яроқли.

Қуриткичда кунгабоқар уруғларини 100°C ҳароратда қуритишда намлик йўқотилиш жараёнини моделлаштириш.

Қуритиш жараёни 100°C да ташкил этилганда қуриткич чиқишидаги кунгабоқар уруғлари намлиги йўқотилиш жараёнининг эмпирик моделини ишлаб чиқамиз. Қуритиш жараёнига таъсир қилувчи кириш омиллари, чегаралари ва ўзгариш оралиқлари 2.21-жадвалда берилган.

2.21-жадвал

Кириш омиллари чегаралари ва уларнинг ўзгариш оралиқлари

Омилнинг номи	Кодлаш-тирилган белгиси	Омилнинг ҳақиқий қиймати					Ўзгариш оралиғи
		-2	-1	0	+1	+2	
Қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}, ^\circ\text{C}$	X_1	96	98	100	102	104	2
Уруғнинг бошланғич намлиги, %	X_2	34	38	42	46	50	4
Куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}, ^\circ\text{C}$	X_3	50	55	60	65	70	5
Қуритиш даври, дақ.	X_4	18	36	54	72	90	18

Чиқувчи омилнинг тажрибавий натижалари ҳамда дисперциялари, намлик йўқотилиш даражасининг ўрта арифметици қийматлари 3-илова 2.22-жадвалда келтирилган.

Кириш омиллари ўзининг табиий қийматларидан кодланган қийматларига ўзгартирилди. Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси 3-илова 2.22-жадвалда берилган.

Мазкур жадвалдан фойдаланган ҳолда регрессия коэффицентларини аниқлаш учун қуйидаги қийматларни ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned}\sum x_{1u} \bar{y}_u &= -32,1; & \sum x_{2u} x_{3u} \bar{y}_u &= 1,1; \\ \sum x_{2u} \bar{y}_u &= 41,5; & \sum x_{2u} x_{4u} \bar{y}_u &= -22,3; \\ \sum x_{3u} \bar{y}_u &= -25,5; & \sum x_{3u} x_{4u} \bar{y}_u &= 0,3; \\ \sum x_{4u} \bar{y}_u &= -144,3; & \sum x_{1u}^2 \bar{y}_u &= 340,9; \\ \sum x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u &= -2,1; & \sum x_{2u}^2 \bar{y}_u &= 342,9; \\ \sum x_{1u} x_{3u} \bar{y}_u &= 2,9; & \sum x_{3u}^2 \bar{y}_u &= 341,3; \\ \sum x_{1u} x_{4u} \bar{y}_u &= -0,5; & \sum x_{4u}^2 \bar{y}_u &= 372,1.\end{aligned}$$

Ҳисобланган қийматлар асосида регрессия тенгламасининг коэффицентлари қуйидагича:

$$\begin{aligned}b_0 &= 13,83; & b_1 &= -1,3; & b_2 &= 1,7; & b_3 &= -1,1; & b_4 &= -6; & b_{12} &= -0,13; & b_{13} &= 0,18; \\ b_{14} &= -0,03; & b_{23} &= -0,07; & b_{24} &= -1,4; & b_{34} &= 0,02; & b_{11} &= 0,016; & b_{22} &= 0,08; & b_{33} &= 0,03; & b_{44} &= 1.\end{aligned}$$

Ҳисобланган қийматлардан келиб чиқиб регрессия тенгламаси қуйидагича кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned}y &= 13,83 - 1,3x_1 + 1,7x_2 - 1,1x_3 - 6x_4 - 0,13x_1x_2 + 0,18x_1x_3 - \\ &- 0,03x_1x_4 - 0,07x_2x_3 - 1,4x_2x_4 + 0,02x_3x_4 + 0,016x_1^2 + \\ &+ 0,08x_2^2 + 0,03x_3^2 + x_4^2.\end{aligned}\quad (2.70)$$

Оптималлаштириш параметри дисперсияси режалаштириш марказидаги тажрибалар натижалари асосида (2.53) формула бўйича ҳисобланди. (2.70)

тенгламадаги коэффициентлар Стъудент меъзонига текширилиб, аҳамиятсиз ҳисобланган коэффициентлар тенгламадан чиқариб юборилди. Натижада тенглама қуйидаги кўринишга келди:

$$y = 13,83 - 1,3x_1 + 1,7x_2 - 1,1x_3 - 6x_4 - 1,4x_2x_4 + x_4^2. \quad (2.71)$$

Ушбу тенглама орқали ҳисобланган чиқиш омили қийматлари 3-илова 2.23-жадвалда келтирилган.

Фишер меъзони асосида (2.71) регрессия тенгламаси монандликка текширилди ва тенгламанинг тажрибага монанд эканлиги тасдиқланди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = \frac{2,2}{4,455} = 0,5.$$

Фишер меъзонининг жадвал қийматини иловадан қуйидаги шарт бўйича оламиз:

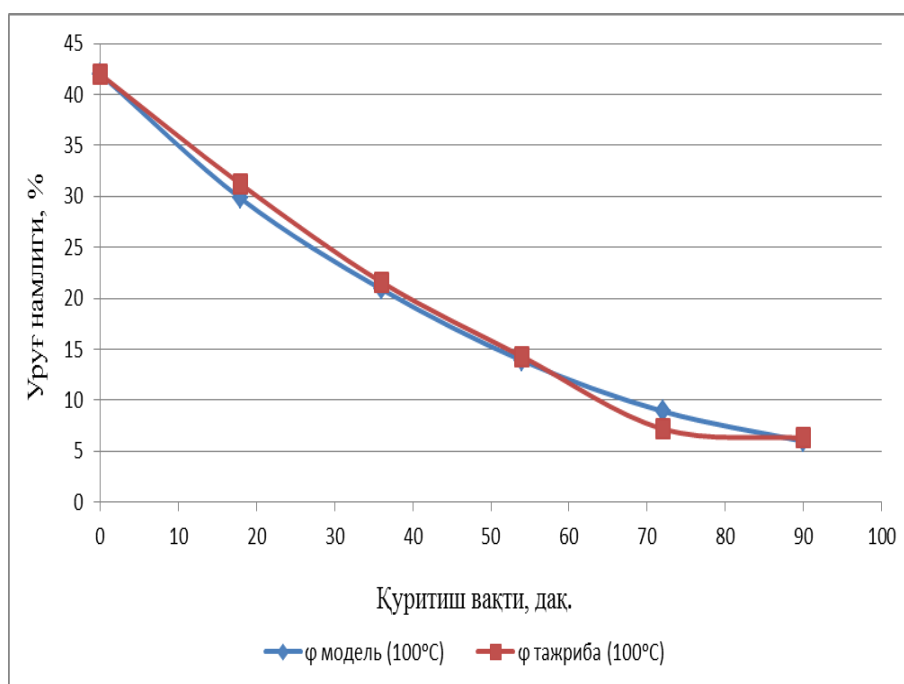
$$F_{\text{жс}} [P_{\text{д}} = 0,95; f_1 \{S_y^2\} = 7 - 1 = 6; f_2 \{S_{\text{мон}}^2 \{Y\}\} = 31 - 7 - (7 - 1) = 18] = 2,66.$$

Фишер меъзонининг жадвалдаги қиймати $F_{\text{жс}}$ билан F_x ҳисобий қийматини таққосланганда $F_x = 0,5 < 2,66 = F_{\text{жс}}$ шарт бажарилди. Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

Кодланган кириш омиллари ўзининг ҳақиқий қийматларига ўзгартирилди. Натижада тенглама қуйидаги кўринишга келди:

$$\varphi_{100} = 55,862 - 0,65T_{\text{ка}} + 1,475\varphi_0 - 0,2T_{\text{кк}} + 0,1572\tau - 0,0196\varphi_0\tau + 0,0031\tau^2. \quad (2.72)$$

Топилган (2.72) формула қуриштиш ҳарорати 100°C бўлган режимда кунгабоқар уруғларини қуриштишда намлик йўқотиш жараёнининг эмпирик математик модели саналади. Модель бўйича кириш омилларининг ўрта қийматлари асосида намлик йўқотилиш қийматлари ва тажриба қийматлари 4-илова 2.24-жадвалда келтирилган. Жадвал бўйича қийматларнинг ўзгариш графиги 2.12-расмда таққосланган.



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

Монандликка текширилган топилган регрессион тенгламани расмдаги таққослаш гарфиги ҳам фойдаланишга яроқли эканини исботламоқда.

2.3. Барабан типдаги комбинациялашган қуритиш аппаратида энергия тежамкорликни математик моделлаштириш

Тажриба қуриткичида қуритиш агентининг ҳарорати, тезлиги ва қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини қуриткичнинг электр энергия сарфига таъсирини ўрганиб, қуриткичнинг энергия тежамкорлигининг математик тенгламасини келтириб чиқарамиз. Тажриба ёз ва куз ойларида ўтказилган бўлиб, қуриткичнинг энергия тежамкорлиги турличадир. Бунинг сабаби, атмосфера ҳарорати қийматини турлича бўлиши ҳисобига қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қиймати билан электрокалорифердан чиқаётган қуритиш агенти ҳарорати орасидаги фарқнинг турлича бўлишидир. Ушбу фарқ қанча кичик бўлса, қуриткичнинг энергия сарфи мос равишда кичик бўлади, ёки аксинча. Тажриба учун кунгабоқар уруғлари олинган бўлиб, қуритиш ўртача 80°C, 90°C ва 100°C қуритиш ҳароратларида амалга

оширилди. Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг ўзгаришига тажриба қуриткичининг конструкциясидан келиб чиқиб ушбу қуритиш ҳароратлари ҳам таъсир қилади.

2.3.1. Қуритиш аппаратининг ёз ойи учун энергия тежамкорлик эмпирик моделини ишлаш чиқиш.

Дастлаб ёз ойида ўтказилган тажриба асосида қуриткичининг энергия тежамкорлик E тенгламасини келтириб чиқарамиз. Қуриткичининг энергия тежамкорлигига таъсир қилувчи кириш омиллари сифатида қуритиш агентининг ҳарорати, тезлиги ва қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати каби параметрлар олинган бўлиб, уларнинг ўзгариш оралиқлари қуйидагича:

- 1) қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, унинг ўзгариш оралиғи $80 \div 100^{\circ}\text{C}$;
- 2) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{қк}$, унинг ўзгариш оралиғи $55 \div 65^{\circ}\text{C}$;
- 3) қуритиш агенти тезлиги $V_{қа}$, унинг ўзгариш оралиғи $0.5 \text{ м/с} \div 1.5 \text{ м/с}$.

Биринчи кириш омили учун қуйидагиларни ҳисоблаймиз:

$$x_1^{\max} = 100^{\circ}\text{C}, \quad x_1^{\min} = 80^{\circ}\text{C}$$

Ўрта қиймат ва ўзгариш оралиғи (қадами)ни ҳисоблаймиз:

$$x_1^0 = \frac{x_1^{\max} + x_1^{\min}}{2} = \frac{100^{\circ}\text{C} + 80^{\circ}\text{C}}{2} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta x = \frac{x_1^{\max} - x_1^{\min}}{2} = \frac{100^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}}{2} = 10^{\circ}\text{C}$$

Биринчи ириш омили кодланди. Қолган кириш омиллари учун ҳам юқоридаги ҳисоб ишлари амалга оширилди. Кириш омилларининг ҳақиқий ва кодланган қийматлари комбинацияси 2.25-жадвал келтирилган. Учта кириш омилли тажриба учун ўтказиладиган тажрибалар комбинациялар сони $N = 2^3 = 8$.

Кириш омиллариининг ҳақиқий ва кодланган қийматлари
комбинацияси

Кириш омиллариининг натурал қийматлари				Кириш омиллариининг ўлчамсиз тизимдаги қийматлари		
Тажрибалар сони №	$T_{қа}$	$T_{қк}$	$V_{ка}$	x_1	x_2	x_3
1	80	55	0,5	- 1	- 1	- 1
2	100	55	0,5	+1	- 1	- 1
3	80	65	0,5	- 1	+1	- 1
4	100	65	0,5	+1	+1	- 1
5	80	55	1,5	- 1	- 1	+1
6	100	55	1,5	+1	-1	+1
7	80	65	1,5	- 1	+1	+1
8	100	65	1,5	+1	+1	+1

Кириш омиллари комбинациялари асосида ўтказилган тажриба қийматлари қуйидаги жадвалда келтирилган:

Комбинация асосида кириш омиллариининг тажриба қийматлари

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	y
1	+	—	—	—	+	+	+	2410
2	+	+	—	—	—	—	+	2893
3	+	—	+	—	—	+	—	2285
4	+	+	+	—	+	—	—	2685
5	+	—	—	+	+	—	—	2655
6	+	+	—	+	—	+	—	3244
7	+	—	+	+	—	—	+	2520
8	+	+	+	+	+	+	+	2971

$b_j = \frac{1}{N} \sum x_{ji} y_i$ формула орқали коэффициентларни аниқлаймиз:

$b_0=2708$; $b_1=240$; $b_2=-92,6$; $b_3=139,6$; $b_{12}=-27,6$; $b_{13}=19,6$; $b_{23}=-9,4$.

Кириш омиллариининг ўрта қийматлари асосида 6 марта такроран тажриба ўтказилди ва тажриба натижалари қийматларининг ўрта арифметиги ҳисобланди.

Оптималлаштириш параметри дисперсияси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^6 (y_u - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1}; \quad (2.73)$$

бу ерда $\bar{y}_0$ - ўрта қийматларда ҳисобланган чиқиш катталиги қийматларининг ўрта арифметиги. Стъюдент меъзони бўйича топилган коэффицентларнинг аҳамиятлиги аниқланади:

$$S_{b_i} = \frac{S_y}{\sqrt{N}}; \quad t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}. \quad (2.74)$$

Аҳамиятлилиқ даражаси $p = 0,05$ ва эркинлик даражаси $f = 3 - 1 = 2$ да Стъюдент меъзони қиймати $tp(f) = 4,3027$ га тенг. Ушбу меъзон қийматидан модул жиҳатдан кичик бўлган коэффицент қийматлари аҳамиятлилиги кичик бўлганлиги сабабли кейинги ҳисоблашлардан олиб ташланади ва b_0, b_1, b_2, b_3 , коэффицентлар кейинги ҳисоблашларда қатнашади. Тенглама қуйидагича бўлади:

$$y = 2708 + 240x_1 - 92,6x_2 + 139x_3. \quad (2.75)$$

Топилган тенглама асосида ҳисобланган қийматлар билан тажриба қийматлари 3-илова 2.27-жадвалда келтирилган.

Тенглама монандликка текшириш учун монандлик дисперсияси ҳисобланди:

$$S_{\text{мон}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^8 (y_{\text{экс}} - \hat{y}_{\text{хис}})^2}{N - (k + 1)}. \quad (2.76)$$

Тенгламани монандлик бўйича Фишер меъзонига текширилди ва тенгламанинг тажрибага монандлиги тасдиқланди.

$$F_{\text{хис}} = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = 1,19.$$

Аҳамиятлилик даражаси $p = 0,05$ ва эркинлик даражалари $f_1 = 3-1=2$ ва $f_2=4$ да $F_{жс}=6,93$.

Фишер меъзонининг жадвалдаги қийматини ҳисобий қиймат билан таққослашда қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$F_x < F_{жс};$$

шартга кўра $F_x < F_{жс}$, яъни $1,19 < 6,93$;

Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

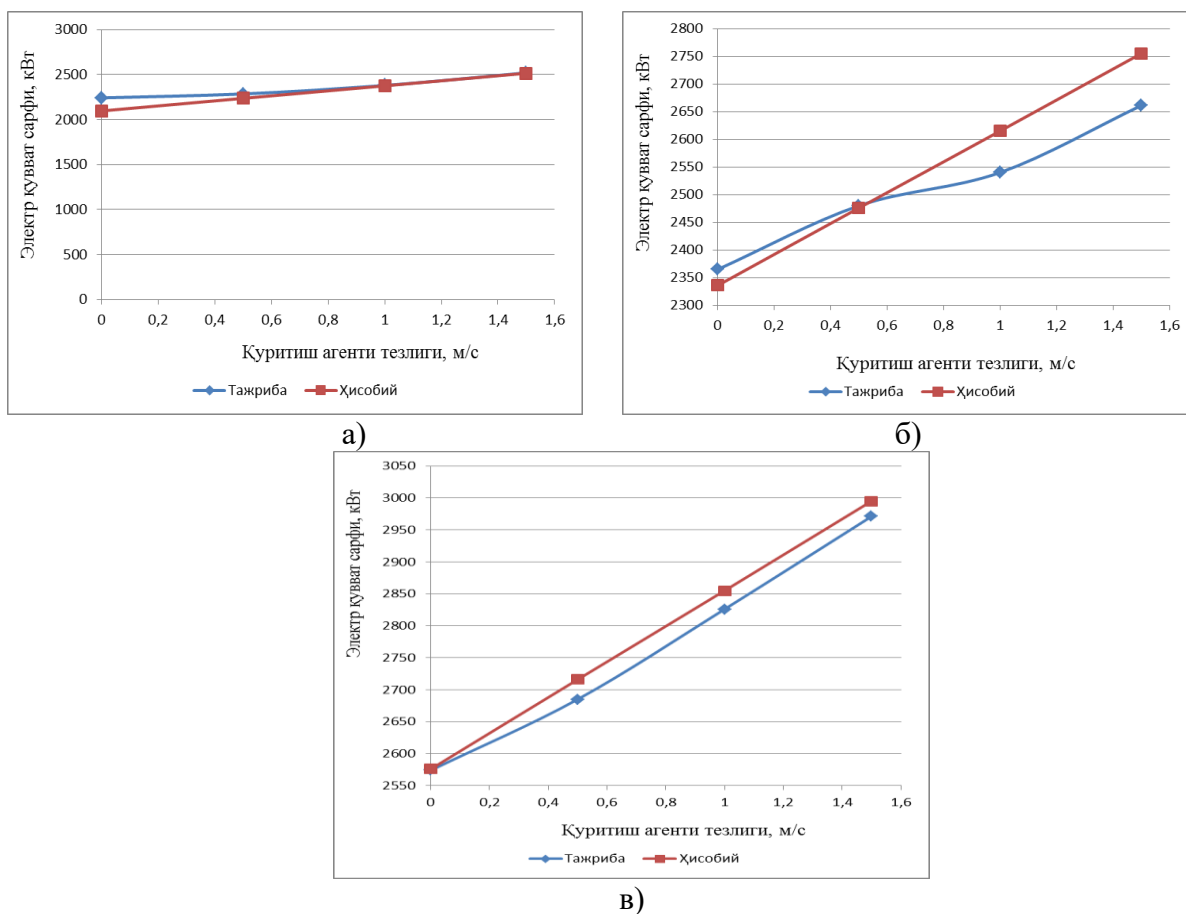
(2.75) тенглама кириш омилларининг кодланган шаклларида иборат. Шунинг учун тенгламани ҳақиқий қийматларга ўзгартирилди. Натижада қуйидаги тенглама ҳосил бўлди:

$$E_{ёз} = 1380 + 24T_{ка} - 18,52T_{кк} + 279,2V_{ка}. \quad (2.77)$$

Топилган ушбу тенглама қуритиш аппаратининг ёз ойи учун энергия тежамкорлигини ифодаловчи эмпирик математик модел ҳисобланади. Мазкур математик модел қуриткичнинг электр энергия истеъмолини 98,4% аниқликда башорат қилиш имконини беради. Модел асосида графиклар қурамиз. 6-илова 2.13, 2.14-расмларда қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 55°C, 60°C ва 65°C, қуритиш агенти тезлиги $0 \div 1.5$ м/с ораликда ўзгарадиган ҳолатларда 80°C, 90°C ва 100°C қуритиш ҳароратлари билан ишлаш жараёнидаги қуриткичнинг электр қувват сарфи ўзгариш графиклари кўрсатилган.

6-илова 2.13, 2.14-расмлардаги графиклардан кўринадики, қуритиш агенти ҳарорати ортган сари қуриткич электр қувват сарфи ҳам чизиқли ортиб боради. Бундан ташқари ўрнатилган қуритиш агенти ҳароратида қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг ортиши билан электр қувват сарфи камаяди. Буни қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини ортиши коллектордан сўриб олинаётган ушбу ҳавони электрокалориферда керакли қуритиш ҳароратигача қиздириш вақтини камайишига сабабчи бўлиши билан тушинтириш мумкин [142].

2.15-расмда топилган тенглама бўйича ҳисобланган қийматлар тажриба қийматлари билан график кўринишда таққосланган. Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 65°C бўлган ҳолат бўйича ҳисобланган.



2.15-расм. Тенглама бўйича ҳисобланган электр қувват сарфи қийматларини тажриба қийматларига монандлиги графиги: а) қуритиш агенти ҳарорати 80°C , б) қуритиш агенти ҳарорати 90°C , в) қуритиш агенти ҳарорати 100°C .

Расмдаги графиклардан кўринадикки, электр қувватнинг ҳисобий қийматлари билан тажриба қийматлари орасидаги фарқ катта эмас. Демак, топилган эмпирик моделдан берилган қуритиш ҳароратларида қурилма энергия тежамкорлигини башорат қилишда фойдаланиш мумкин.

2.3.2. Қуритиш аппаратининг куз ойи учун энергия тежамкорлик эмпирик моделини ишлаш чиқиш.

Куз ойида ўтказилган тажриба асосида қуриткичнинг электр энергия сарфи тенгламасини келтириб чиқарамиз. Кириш омиллари сифатида

қуритиш агенти ҳарорати, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ва қуритиш агенти тезлиги параметрлари олинган бўлиб, уларнинг ўзгариш оралиқлари қуйидагича:

1) қуритиш агенти ҳарорати $T_{қа}$, унинг ўзгариш оралиғи $80 \div 100^{\circ}\text{C}$;

2) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати $T_{кк}$, унинг ўзгариш оралиғи $45 \div 55^{\circ}\text{C}$;

3) қуритиш агенти тезлиги $V_{қа}$, унинг ўзгариш оралиғи $0.5 \text{ м/с} \div 1.5 \text{ м/с}$.

Кириш омилларини регрессион тенгламани ҳисоблаш учун қулай бўлган кодланган кўринишга ўтказилди. Кириш омилларининг ҳақиқий ва кодланган қийматлари комбинацияси 2.28-жадвал келтирилган.

2.28-жадвал

Кириш омилларининг ҳақиқий ва кодланган қийматлари
комбинацияси

Кириш омилларининг натурал қийматлари				Кириш омилларининг ўлчамсиз тизимдаги қийматлари		
Тажрибалар сони №	$T_{қа}$	$T_{кк}$	$V_{қа}$	x_1	x_2	x_3
1	80	45	0,5	- 1	- 1	- 1
2	100	45	0,5	+1	- 1	- 1
3	80	55	0,5	- 1	+1	- 1
4	100	55	0,5	+1	+1	- 1
5	80	45	1,5	- 1	- 1	+1
6	100	45	1,5	+1	-1	+1
7	80	55	1,5	- 1	+1	+1
8	100	55	1,5	+1	+1	+1

Кириш омиллари комбинациялари асосида ўтказилган тажриба қийматлари 2.29-жадвалда келтирилган:

2.29-жадвал

Комбинация асосида кириш омилларининг тажриба қийматлари

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	y
1	+	—	—	—	+	+	+	2815
2	+	+	—	—	—	—	+	3347
3	+	—	+	—	—	+	—	2728
4	+	+	+	—	+	—	—	2951
5	+	—	—	+	+	—	—	3214
6	+	+	—	+	—	+	—	3794
7	+	—	+	+	—	—	+	3077
8	+	+	+	+	+	+	+	3348

$b_j = \frac{1}{N} \sum x_{ji} y_i$ формула орқали коэффициентларни аниқлаймиз:

$b_0=3159$; $b_1=200$; $b_2=-133$; $b_3=199$; $b_{12}=-77$; $b_{13}=12$; $b_{23}=-12,5$.

6 марта такроран кириш омилларнинг ўрта қийматлари асосида тажриба ўтказилди ва ўрта арифметиги ҳисобланди. Оптималлаштириш параметри дисперсияси (2.73) формула бўйича ҳисобланади. Ҳисобланган коэффициентлар Стюдент меъзони асосида аҳамиятлиликлари текширилди. Аҳамиятлиликлари эга бўлган коэффициентлардан иборат тенглама қуйидаги кўринишга эга:

$$y = 3159 + 200x_1 - 133x_2 + 199x_3 - 77x_1x_2. \quad (2.78)$$

Тажриба қийматлари билан топилган тенглама асосида ҳисобланган қийматлар 3-илова 2.30-жадвалда берилган.

Тенгламанинг монандлик дисперсияси (2.76) формула орқали ҳисобланди ва Фишер меъзонида монандликка текширилди. Тенгламанинг тажрибага монандлиги исботланди.

$$F_x = \frac{S_{\text{мон}}^2}{S_y^2} = 0,28.$$

Аҳамиятлиликлари даражаси $p = 0,05$ ва эркинлик даражалари $f_1 = 3-1=2$ ва $f_2=4$ да $F_{\text{жс}}=6,93$.

Фишер меъзонининг жадвалдаги қийматини ҳисобий қиймат билан таққослашда қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$F_x < F_{\text{жс}};$$

шартга кўра $F_x < F_{\text{жс}}$, яъни $0,28 < 6,93$;

Демак, тузилган модел тенгламаси тажрибага монанд.

(2.78) тенглама кодланган шаклдаги кириш омилларига эга. Шу сабабли тенгламани ҳақиқий қийматларга айлантирилди. Тенглама қуйидаги кўринишга келди:

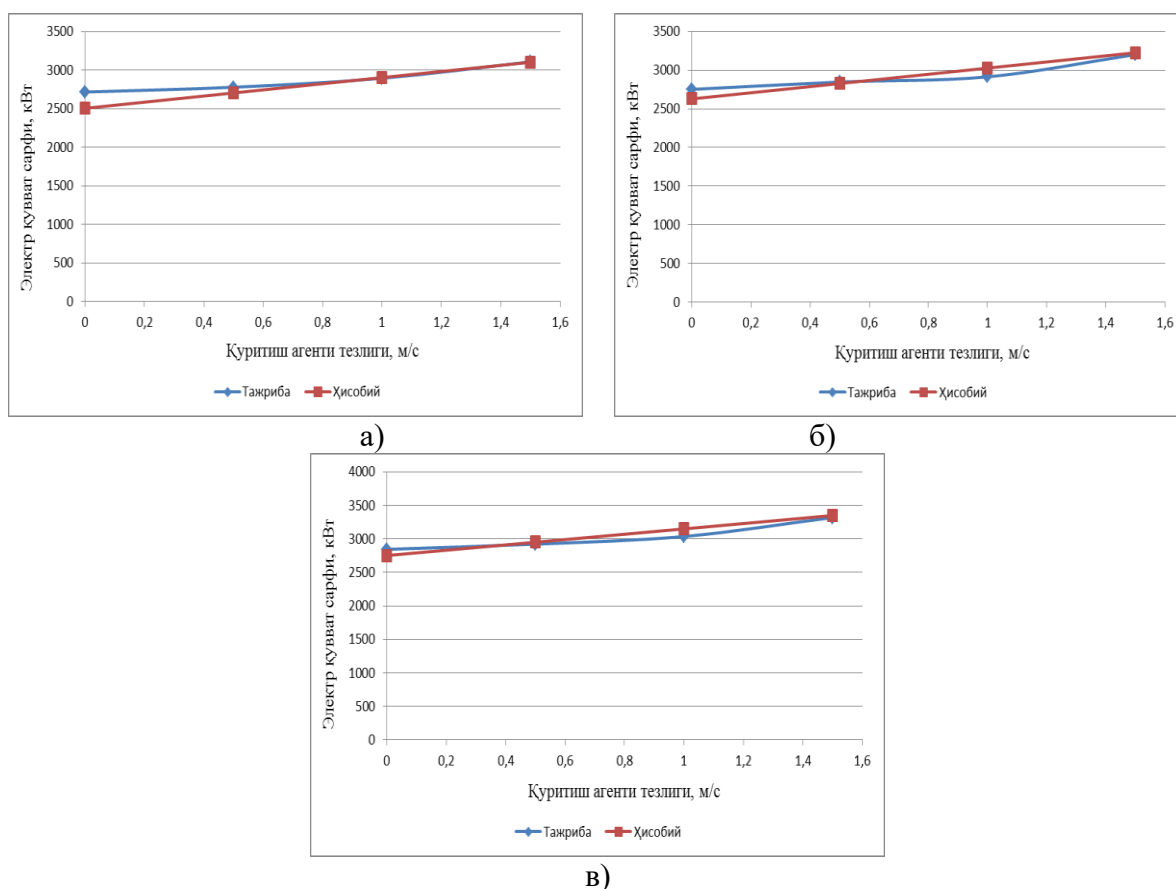
$$E_{\text{куз}} = -4639 + 97T_{\text{ка}} + 112T_{\text{кк}} + 398V_{\text{ка}} - 1,54T_{\text{ка}}T_{\text{кк}}. \quad (2.79)$$

Топилган тенглама қуритиш аппаратининг куз ойи учун электр энергия тежамкорлигини ифодаловчи эмпирик математик модел ҳисобланади. Мазкур эмпирик модел қуриткичнинг электр энергия истеъмолини 97,6% аниқликда башорат қилиш имконини беради. Моделдаги қуритиш агенти ҳарорати билан қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг кўпайтмаси ушбу параметрларни ўзаро боғлиқлигини англатади, яъни қуритиш агентининг ҳароратининг ортиши қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг ошишига сезиларли таъсир қилмоқда. Ёз ойида ушбу таъсир сезиларсиз даражада бўлганлиги учун тенгламада акс этмаган. Куз ойида атмосфера ҳавоси ҳароратининг пастлиги, ҳаво таркибида намлик кўплиги ва ҳаво зичлигининг ёз ойига нисбатан юқорилиги қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг ўзгаришига таъсир қилади, коллектордаги ҳаво ҳароратига ичидан қуритиш агенти ўтаётган айланувчи барабаннинг қизиши натижасида узатилаётган иссиқлик таъсири ортади.

Топилган тенглама асосида графиклар курамиз. 6-илова 2.16, 2.17-расмларда қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 45°C, 50°C ва 55°C, қуритиш агенти тезлиги $0 \div 1.5$ м/с оралиқда ўзгарадиган ҳолатларда 80°C, 90°C ва 100°C қуритиш ҳароратлари билан ишлаш жараёнидаги қуриткичнинг электр қувват сарфи ўзгариш графиклари кўрсатилган.

6-илова 2.16 ва 2.17-расмлардаги графиклар ҳақида 6-илова 2.13 ва 2.14-расмлар ҳақидаги фикрларни айтиш мумкин. Фақат куз ойида қувват сарфи ёз ойига нисбатан кўпроқ бўлиши графиклардан маълум бўлиб турибди. Қуритиш агенти ҳарорати ортган сари қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ўзгаришлар кесимида электр қувват сарфи ўзгариш қиймати кескин ортиб боради (6-илова 2.16-расм). Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ортган сари қуритиш агенти ҳароратлари кесимида электр қувват сарфи ўзгариш қиймати камайиб боради (6-илова 2.17-расм). Бу икки ҳолат куз ойидаги атмосфера ҳавосини қиздириш учун ёз ойига нисбатан кўпроқ вақт сарфланаётгани билан изоҳланади. Бунга сабаб эса куз ойида атмосфера ҳавосининг оғир бўлиши ва ҳароратининг паст бўлишидир.

Энди топилган тенглама орқали ҳисобланган электр қувват сарфи қийматларини тажрибада топилган қиймат билан таққослашни 2.18-расмда тасвирланган графиклар орқали амалга оширамиз.



2.18-расм. Тенглама бўйича ҳисобланган электр қувват сарфи қийматларини тажриба қийматларига монандлиги графиги: а) қуритиш агенти ҳарорати 80°C, б) қуритиш агенти ҳарорати 90°C, в) қуритиш агенти ҳарорати 100°C.

Топилган тенглама тажриба қийматларига монанд эканлиги исботлангандан сўнг, расмдаги графиклар тенгламани монанд эканлигини яққол тасвирлайди.

Ёз ва куз ойларида қуриткичда электр қувват сарфини ўрганиш бўйича топилган тенгламалар тажриба қийматларига монанд, ушбу топилган тенгламаларни қуритиш агенти ҳамда қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг берилган қийматлар оралиғида қуриткичнинг электр қувват сарфи қандай ўзгаришини олдиндан башоратлашда фойдаланиш мумкин.

Иккинчи боб бўйича хулосалар

1. Барабан типдаги қуриткичда уруғ намлигини йўқотиш жараёнини симуляция қилиш ва бошқариш имконини берадиган динамик модель таклиф этилган.

2. Мазкур модель айланувчи қуриткичнинг турли иш шароитларига мос ҳолда қуриткич чиқишидаги ҳаво ва маҳсулотнинг намлиги ва ҳароратини баҳолаш имконини беради.

3. Кунгабоқар уруғининг уруғлар таркибининг доимий эмаслиги, уруғлар турлари ва навларининг кўплиги, пишиб етилганлик даражасининг ўзгарувчанлиги, қуритиш учун турли қурилмалар ва технологик режимларнинг қўлланилиши иссиқлик ва намликнинг йўқолишини акс эттирувчи коэффициентларни аниқлашни мураккаблаштиради, шунинг учун зарур коэффициентларни аниқлайдиган эмпирик моделлаштиришга ўтиш зарур деб ҳисобланди.

4. Янги тажриба қуриткичида кунгабоқар уруғларини қуритишда масса ва намлик йўқотилиш жараёнини эмпирик математик моделлари тузилди, монандликка текширилди ва яроқлилиги исботланди. Ушбу моделлар ўрнатилган қуритиш ҳароратларида кунгабоқар уруғларини қурилма чиқишидаги массаси ва намлигини башорат қилиш имконини беради.

5. Коллекторидаги ҳаво ҳароратини қуёш ёрдамида қўшимча қиздириш ва қуритиш агенти тезлигининг ўзгариши қурилманинг энергия тежамкорлигини кўрсатувчи эмпирик математик модель ишлаб чиқилди. Мазкур модель қуёш фаоллигига ва қуритиш агенти тезлигини ўзгаришига қараб қуритиш қурилмасини қанча электр энергия истеъмол қилишини олдиндан башорат қилиш имконини беради.

III-БОБ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАРНИ ЎТКАЗИШ УСУЛЛАРИ ВА НАТИЖАЛАРИ

3.1-§. Экспериментал тадқиқотлар ўтказиш услуби

Тажриба ўтказиш учун “кунгабоқар дони” олинди. Тажриба иши куйидаги кетма-кетликда бажарилди:

1. Кунгабоқар донининг дастлабки намлиги, ҳарорати аниқланади ва қайд этилади.
2. Атроф муҳит ҳарорати ва намлиги ўлчанади, қайд этилади.
3. Қуриштиш қурилмаси барча ишчи қисмларининг ишчи ҳолати назоратдан ўтказилади.
4. Қуриткич электр тармоғига уланади.
5. Кунгабоқар донини юклаш бункерининг дон сарфи мос қийматга ўрнатилади ва қайд этилади.
6. Қуриштиш агентининг бошланғич ҳарорати ўрнатилади ва қайд этилади. Қуриштиш агентининг ўрнатилган ҳароратга чиққунича кутиб турилади.
7. Қуриштиш агентининг тезлиги мос қийматга ўрнатилади ва қайд этилади.
9. Қуриштиш барабани ишга туширилади.
10. Қуриштиш агентининг қуриштиш барабани кириш ва чиқишидаги ҳарорати, намлиги аниқланади ва қайд этилади.
11. Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ва намлиги ўлчанади ва қайд этилади.
12. Кунгабоқар дони бир неча партия қуриштилади, ҳарорати ўлчанади ҳамда қайд этилади.
13. Кунгабоқар дони ҳар партия қуриштилгандан сўнг совитилади, массаси ўлчанади ва қайд этилади.
14. Кунгабоқар дони қуриштиб бўлингандан сўнг қуриткичдан тўкилади.
15. Қуриштиш қурилмаси тармоқдан узилади.

Қуриштиш жараёнидаги барча ўзгаришлар, яъни қуриштиш агентининг қуриштиш барабани кириши ва чиқишидаги ҳарорати ва намлиги, атроф муҳит ҳарорати ва намлиги, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ва намлиги, кунгабоқар дони массаси ва намлиги, электрокалорифердаги электр энергия сарфи, юклаш бункеридаги дон сарфи, қуриштиш агентининг тезлиги қийматлари махсус журналга қайд этиб борилади.

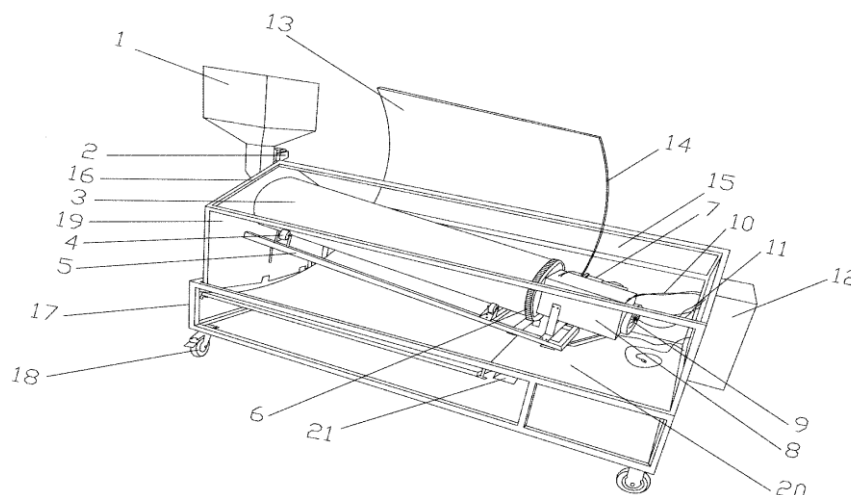
3.2-§. Экспериментал қуриштиш аппарати тавсифи.

Барабанли қуриткичнинг унумдорлиги ва қуриштиш жадаллигини ошириш учун қуриткич конструкциясига ўзгартиришлар киритилди, қуёшнинг иссиқлик энергиясидан қўшимча равишда фойдаланилди ва янги комбинациялашган энергия тежамкор барабанли лаборатория шароитида қуриштишни амалга оширувчи тажриба қурилмаси сифатида ишлаб чиқилди. Тажриба қуриткичининг умумий кўриниши 3.1-расмда кўрсатилган.



3.1-расм. Тажриба қуриткичининг умумий кўриниши.

Тажрибани ўтказишдан мақсад қуёш иссиқлик энергиясидан қўшимча фойдаланган ҳолда кунгабоқар уруғларини қуритилиш жадаллигини тадқиқ қилиш, шунингдек, қуриштиш агенти тезлигини қуриштиш жадаллигига ва қуриткичнинг энергия тежамкорлигига таъсирини ўрганишдан иборат. Тажриба қуриткичи технологик схемаси 3.2-расмда тасвирланган.

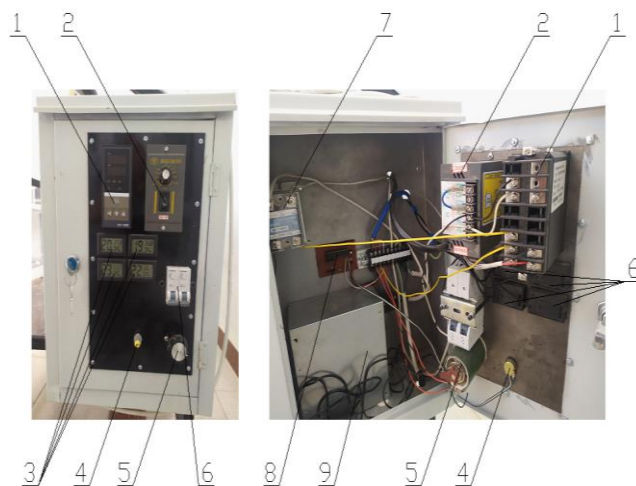


3.2-расм. Комбинациялашган энергия тежамкор барабанли тажриба куриткичи схемаси: 1-юклаш бункери, 2-дон сарфини ростловчи қадамли мотор, 3-куритиш барабани, 4-айланувчи роликлар, 5-айланувчи роликлари қотирилган таянч, 6-барабанга маҳкамланган тишли ғилдирак, 7- барабанни айлантирувчи мотор, 8-электр печь, 9-вентилятор, 10-электр печни ток билан таъминлаш ўтказгичи, 11- ҳароратлар ҳақидаги маълумотларни етказувчи датчик кабеллари, 12-бошқарув шкафи, 13-параболик труба шаклидаги нур қайтаргич, 14-нур қайтаргич маҳкамланган метал профил, 15-қуёш коллектори, 16-қуёш коллекторининг метал каркаси, 17-куриткичнинг остки таянч қисми, 18-куриткич қурилмасини силжитувчи ғилдираклар, 19-қуёш коллекторини олд томондан тўсувчи метал панел, 20-қуёш коллеторини паст томондан тўсувчи метал панель, 21-тўкиш бункери.

Тажриба куриткичи қуйидаги техник кўрсаткичларга эга:

Унумдорлиги, кг/соат	40;
Истемол қуввати, кВт	4,5;
Тармоқ кучланиши, В	≈ 220В;
Қуритиш барабани айланишлар сони, айл/дақ.	1;
Қуритиш барабани диаметри, мм	300;
Қуритиш барабани узунлиги, мм	1200;
Қуритиш ҳарорати, °С	70-150;
Вазни, кг	100;
Умумий ўлчамлари, мм	930х680х1800;

Тажриба қуриткичининг тўртта нуктасида, яъни қуриткичнинг кириш қисмида, қуёш коллекторида, электр печда ва қуриткичнинг чиқиш қисмида датчиклар мавжуд бўлиб, улар ҳароратни ўлчаб бошқарув шкафига узатади (3.3-расм).



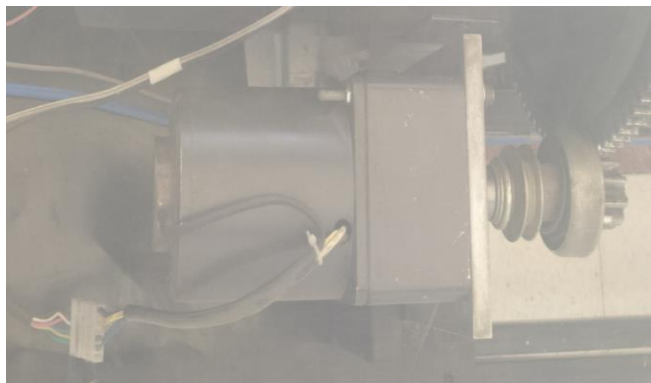
3.3-расм. Тажриба қуриткичининг бошқарув шкафи.

1-REX-C400FK02-M*AN-RELAY типли ҳарорат ростлагичи, 2-қуритиш барабанини ишга туширувчи ва айланиш тезлигини бошқарувчи t.w.t speed control, 3-тажриба қуриткичининг тўртта нуктасидаги ҳароратларни кўрсатувчи датчиклар, 4-вентилятор тезлиги ростлагичи, 5-дон сарфини ростловчи қадамли мотор тезлигини ростлагич, 6- қурилмани узиб улагич, 7- электр печни узиб уловчи JGX-1 D48100 реле, 8-отмега микроконтроллери, 9-таъминлаш блоки.

Бошқарув шкафидаги REX-C400FK02-M*AN-RELAY типли ҳарорат ростлагичи қуёш коллекторидаги қизиган ҳаво ҳарорати қийматига қараб электр печдан чиқаётган қизиган ҳаво ҳароратини ўрнатилган қийматда ростлайди. Ростлаш жараёни бошқарув шкафидаги JGX-1 D48100 реленинг узиб уланиши орқали амалга ошади. Реленинг узиб уланиши натижасида электр печь ҳам узиб уланади. Реленинг узилиб туриш вақтининг уланиб туриш вақтига нисбати электр печга кираётган, қуёш коллекторида қизиган ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда ўзгаради, яъни ҳарорат қанча юқори бўлса, реленинг узилиб туриш вақти шунча кўп бўлади. Бу эса электр печга

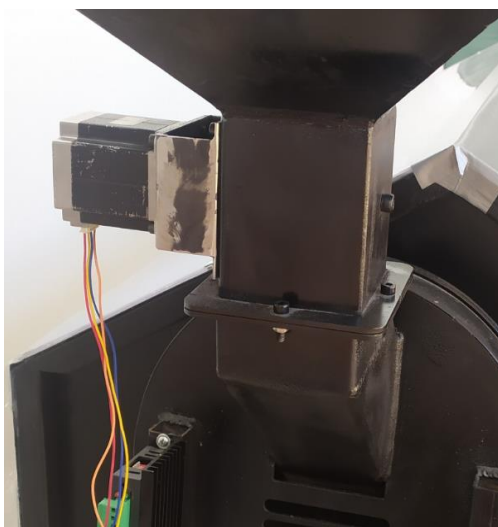
келаётган электр қувват сарфини сезиларли даражада тежалишини таъминлайди. Қуёш коллектори қуритиш барабани ва электр печни ўз ичига олгани учун ёпиқ хона шароитида ҳам электр қувватни тежай олади.

Қуритиш барабанини айлантирувчи мотор бошқарилиш хусусиятига эга (3.4-расм). Қуритиш учун ўрнатилган ҳарорат тўла таъминлангандан сўнг мотор t.w.t speed control орқали ишга туширилади ва қуритиш барабанининг айланувчи тезлиги ростланади.



3.4-расм. Қуритиш барабанини айлантирувчи мотор.

Дон сарфини ростловчи қадамли мотор орқали қуритиш барабанига узатилаётган кунгабоқар уруғларини сарфи назорат қилинади (3.5-расм). Кунгабоқар уруғларининг бошланғич намлигига қараб дон сарфи ўзгартирилади. Қадамли мотор ўз навбатида бошқарув шкафидаги патенциометр орқали бошқарилади.



3.5-расм. Дон сарфини ростловчи қадамли мотор.

3.3-§. Экпериментал тадқиқотлар натижалари

Илмий тадқиқот тажрибасини режалаштириш учун жараён ва тизимнинг кириш параметрлари кўриб чиқилади. Кириш параметрлари сифатида қуритилаётган кунгабоқар донларининг массаси, бошланғич ҳарорати, бошланғич намлиги, қуритиш агентининг қуритиш барабани киришидаги ҳарорати, қуритиш агентининг тезлиги, қуритиш барабанининг айланишлар сони, юклаш бункеридаги дон сарфи, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини олиш мумкин. Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қуёшнинг кун давомидаги фаоллигига боғлиқ.

Ушбу илмий тадқиқот тажрибасини ўтказишдан мақсад қуритиш агентининг ҳарорати, тезлиги, қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қуритиш самарадорлигига, қуритиш барабанидан чиқаётган кунгабоқар донлари намлигига, электрокалорифернинг электр қувват сарфига таъсирини ўрганишдир. Тажриба мақсадидан келиб чиқиб юклаш бункеридаги дон сарфи ва қуритиш барабанининг айланишлар сонини мос қийматда ўзгармас қилиб ўрнатамиз.

Тажриба қурилмамиз қуёшнинг иссиқлик энергиясидан қўшимча тарзда фойдалана оладиган комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш қурилмаси бўлганлиги учун тажрибани қуёшли очик ҳавода ва қуёшсиз булутли шароитда ўтказамиз ва натижаларни таққослаймиз. Қуритиш қурилмаси янги конструкцияси туфайли булутли шароитда ҳам бир мунча тежамкор режимда ишлай олади.

Дастлаб тажрибани булутли шароитда ўтказамиз. Қуритиш учун 2 кг кунгабоқар донидан олинди, бошланғич намлиги ва ҳарорати ўлчанди ва қайд этилди. Ҳаво ҳарорати ўлчанди, қайд этилди. Қуритиш агенти керакли ҳароратга ўрнатилди, сўнг қуритиш барабани ишга туширилди. Қуритиб чиқарилган кунгабоқар донининг ҳарорати ўлчанади, қайд этилади. Дон совитилгандан сўнг массаси ўлчанади, қайд этилади, қуриткичга қайта солинади. Ушбу жараён бир неча марта такрорланади. Қуритиш агенти 80°C,

90°C, 100°C ли ҳароратларга навбати билан ўрнатилади ва тажриба қайтадан ўтказилади, натижалар жадвалларга қайд этиб борилади.

Кунгабоқар уруғларининг намлик даражасига қараб юклаш бункеридаги дон сарфини, қуритиш агенти тезлигини ҳамда қуритиш барабани айланишлар тезлигини ростлаш имконияти мавжуд бўлиб, ростлаш қўлда амалга оширилади. Қуриткичнинг барча параметрларини ростловчи элемент ва қурилмалар бошқарув шкафида жойлашган.

Кунгабоқар уруғларининг ҳарорати лазерли пирометр ёрдамида ўлчаниб, қуритишдан олдин ва кейинги массалари SF-400 электрон тарози ёрдамида ва намлиги Aczet MB 200 асбоби ҳамда орқали ўлчанди (6-илова 3.6-расм). Қуритиш барабанига юборилаётган қуритиш агентининг тезлиги Trotec TA300 (Германия) маркали анемометер орқали ўлчанди. Вентилятор тезлигини созлаган ҳолда қуритиш агентининг тезлиги 0.5 м/с дан 1.5 м/с гача ўзгартириб турилади.

Тажриба қуриткичида жараённинг давомийлиги, кунгабоқар уруғларининг массаси, намлиги ва ҳарорати қуритишнинг аввали ва охирида ўлчанди ва махсус журналга қайд этиб борилди. Тажриба хона шароитида, ёз ва куз ойи ўрталарида очик майдонда ўтказилди. Қуритишнинг жадаллиги кунгабоқар уруғларининг аппаратда бўлиш вақтига нисбатан намлик бериш миқдорида қараб ҳисоблаб чиқилди.

3.3.1. Қуритиш аппаратида кунгабоқар уруғларининг маса ва намлик ўзгариши тажриба натижалари.

Ёз ойида янги йиғиштирилган ва қуритиш учун олинган кунгабоқар уруғларининг дастлабки намлиги ўртача 42% ни, куз ойида қуритиш учун олинган кунгабоқар уруғининг дастлабки намлиги эса ўртача 46% ни ташкил этди. Донни қуриткичда қуритишнинг ҳар бир партияси битта босқич ҳисобланади. Тажриба учун 2кг дан кунгабоқар уруғлари олинди ва турли намликда, қуритиш агентининг турли ҳарорат ва тезликларида, бир неча босқичда ўтказилди. Битта босқич давомийлиги 18 дақиқа бўлиб, ҳар бир

босқичдан сўнг дон массаси, намлиги ўлчаниб борилди. Қуйидаги жадвалларда тегишли қуришти ҳароратларидаги масса ўзгаришлари берилган.

Булутли шароитда ўтказилган тажрибада уруғ массанинг ўзгариши.

3.1-жадвал.

Қуришти агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон массасининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ , дақ.	$m_{\text{қир}}$, кг.	$m_{\text{чик}}$, кг.	Δm , кг
1.	18	2	1,83	0,170
2.	36	1,83	1,709	0,121
3.	54	1,709	1,606	0,103
4.	72	1,606	1,524	0,082
5.	90	1,524	1,45	0,074

3.2-жадвал.

Қуришти агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон массасининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ , дақ.	$m_{\text{қир}}$, кг.	$m_{\text{чик}}$, кг.	Δm , кг
1.	18	2	1,78	0,220
2.	36	1,78	1,646	0,134
3.	54	1,646	1,536	0,110
4.	72	1,536	1,445	0,091
5.	90	1,445	1,37	0,075

3.3-жадвал.

Қуришти агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон массасининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ , дақ.	$m_{\text{қир}}$, кг.	$m_{\text{чик}}$, кг.	Δm , кг
1.	18	2	1,764	0,236
2.	36	1,764	1,625	0,139
3.	54	1,625	1,512	0,113
4.	72	1,512	1,418	0,094
5.	90	1,418	1,339	0,079

бу ерда τ – қуришти вақти, $m_{\text{қир}}$ – доннинг қуришти барабанига киришидаги массаси, $m_{\text{чик}}$ – доннинг қуришти барабани чиқишидаги массаси, Δm – массалар фарқи.

Ёз ойида қуёшли очик ҳаво шароитда ўтказилган тажрибада уруғ массанинг ўзгариши.

Ёз ойида ўтказилган тажриба натижалари қуйидаги жадвалларда келтирилган.

3.4-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,713	0,257
2.	18	1,713	1,542	0,171
3.	18	1,542	1,422	0,120
4.	18	1,422	1,330	0,092
5.	18	1,330	1,298	0,032

3.5-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,690	0,310
2.	18	1,690	1,489	0,201
3.	18	1,489	1,366	0,123
4.	18	1,366	1,264	0,102
5.	18	1,264	1,248	0,016

3.6-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,685	0,315
2.	18	1,685	1,479	0,206
3.	18	1,479	1,354	0,125
4.	18	1,354	1,250	0,104
5.	18	1,250	1,238	0,012

Куз ойида қуёшли очик ҳаво шароитда ўтказилган тажрибада уруғ
массанинг ўзгариши.

3.7-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(куз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,724	0,276
2.	18	1,724	1,576	0,148
3.	18	1,576	1,468	0,108
4.	18	1,468	1,379	0,089
5.	18	1,379	1,311	0,068

3.8-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(куз ойида, қуёшли кун).

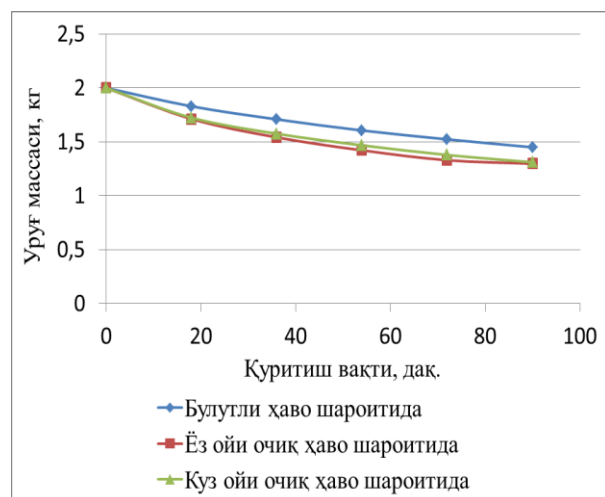
№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,707	0,293
2.	18	1,707	1,541	0,166
3.	18	1,541	1,428	0,119
4.	18	1,428	1,330	0,098
5.	18	1,330	1,251	0,079

3.9-жадвал.

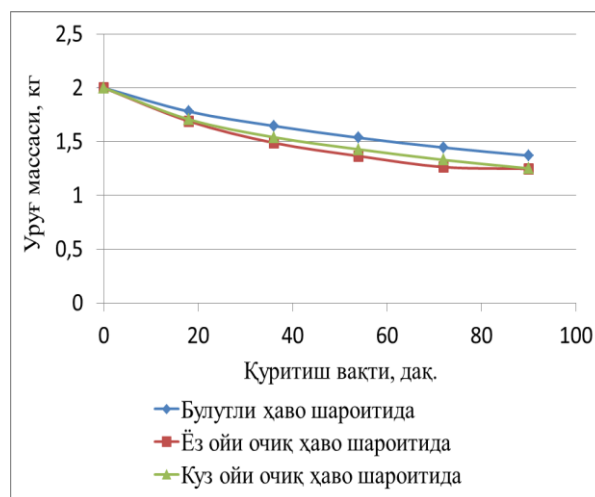
Қуритиш агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон массасининг ўзгариши
(куз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	m _{қир} , кг.	m _{чик} , кг.	Δm, кг
1.	18	2	1,689	0,311
2.	18	1,689	1,511	0,178
3.	18	1,511	1,383	0,128
4.	18	1,383	1,280	0,103
5.	18	1,280	1,248	0,022

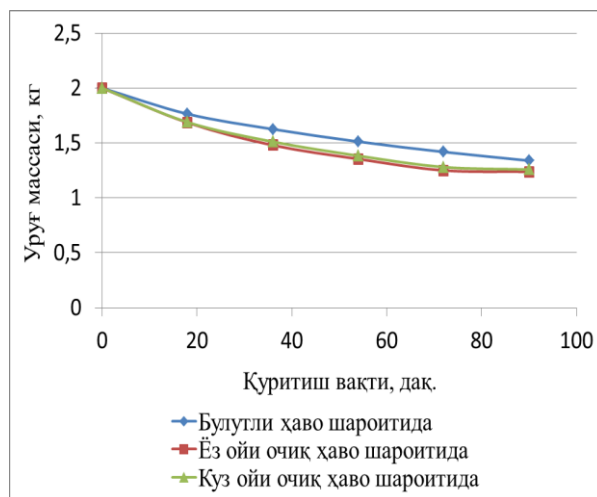
3.1÷3.9-жадваллар бўйича кунгабоқар уруғларининг қуриткич кириши ва чиқишидаги ҳароратлари фарқи 5-илова 3.10÷3.18-жадвалларда келтирилган. Олинган 3.1÷3.9-жадваллар қийматлари асосида қуритиш ҳароратлари кесимидаги таққослаш графиклари 3.7-расмда келтирилган.



а)



б)



в)

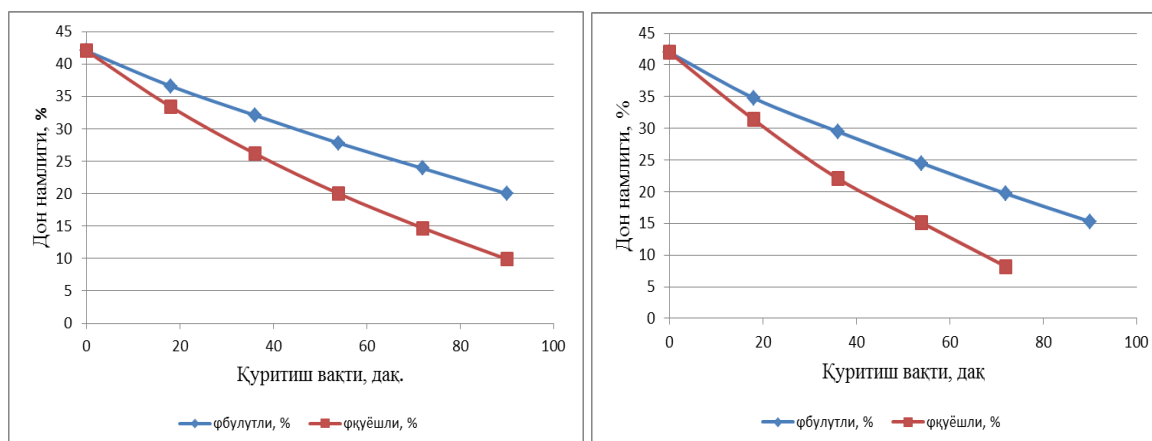
3.7-расм. Қури́тиш ҳароратлари кесимида уруғ массаси ўзгаришларини таққослаш графиги: а) қури́тиш ҳарорати 80°C, б) қури́тиш ҳарорати 90°C, в) қури́тиш ҳарорати 100°C

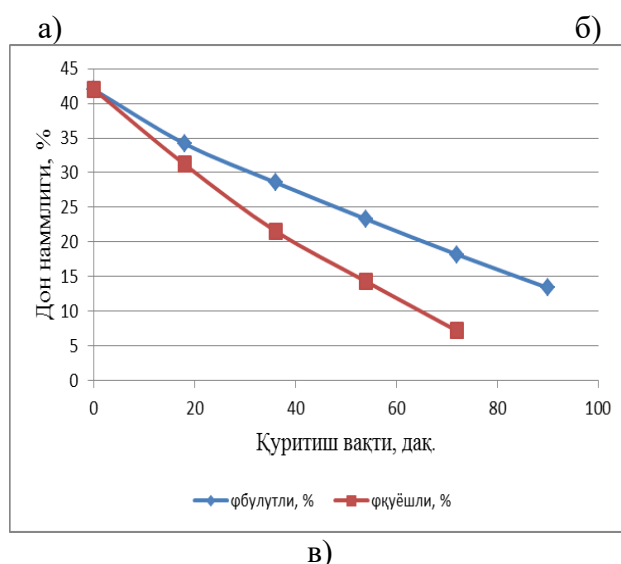
Расмдаги графиклардан кўринадики, турли шароитларда уруғларнинг масса ўзгаришлари ҳам турлича. Бунга сабаб қури́тиш қурилмасининг қуёш фаоллигига боғлиқлигидир. Ёз ойида қуёшнинг кўпроқ қиздириши қури́тиш барабанини қизишига сабаб бўлади. Қизиган барабаннинг ҳарорати контактли қури́тиш усули орқали уруғларга ўтади ва намликни кўпроқ чиқишига сабаб бўлади.

Қури́тиш агенти тезлигининг ўзгариши кунгабоқар дони намлигининг ўзгаришига, шунингдек тажриба қури́ткичининг қувват сарфига таъсир қилади. Буни тажриба ёрдамида тадқиқ қилишимиз мумкин. Тажриба давомида қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қийматини ҳисобга олиш зарур, чунки унинг қиймати тажриба қури́ткичи қувват сарфига таъсир қилади. Қури́тиш агентининг тезлик ўзгариши 0,5 ÷ 1,5 м/с оралиқни ташкил этади. Қуйида қури́тиш агенти тезлигини қури́тиш қурилмасида қури́тилаётган кунгабоқар уруғи массасининг ўзгаришини ёз ва куз ойларида қуёшли кунда кўриб ўтамиз. Қури́тиш ҳароратлари 80°C, 90°C ва 100°C. Тажриба натижалари жадвал кўринишида 5-илова 3.19÷3.24-жадвалларда келтирилган. Тажриба қийматларини таққослаш мақсадида 6-илова 3.8, 3.9, 3.10-расмларда графиклар келтирилган.

Янги қуриштиш қурилмасида қуриштиш агенти тезлигини тадқиқ қилишдан асосий мақсад қуёшнинг фаоллигини ўрганиш, яъни қуёшдан олинаётган қўшимча иссиқлик қуриштиш агенти тезлигини қуриштилаётган уруғлар массаси ўзгаришига қилаётган таъсирида қанчалик аҳамиятли бўлаётганини аниқлаш. Расмлардаги графиклардан кўринади, қуриштиш агенти тезлиги ортиши билан масса йўқотилиши ортмоқда, қуриштиш ҳароратининг ортиши ҳам масса йўқотилишини тезлаштиради. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатмоқдаки, бир хил қуриштиш ҳарорати ва агенти тезликларида уруғлар масса йўқотилиши ёз ойида кўпроқ бўлмоқда. Буни қуриштиш барабанини қуёш коллекторида қўшимча қиздирилиши билан изоҳлаш мумкин. Графиклардан булутли ҳаво шароитида уруғлар массаси ўзгаришлари қандай бўлишини тахмин қилиш мумкин. Графикларда тасвирланган масса ўзгаришларига қараб ўзимизга керакли режимларни бемалол танлашимиз, ўрнатишимиз мумкин.

Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ёз ойларида ўртача 65°C ни ташкил этади ва тажриба давомида бу қийматни ўзгармас деб ҳисобланади. Тажриба 80°C, 90°C, 100°C қуриштиш ҳароратларида, қуриштиш агентининг тезлиги 0,5 м/с бўлган булутли ва қуёшли шароитларда амалга оширилди, натижалар таққосланди. 5-илова 3.25, 3.26, 3.27-жадвалларда кунгабоқар уруғларини тегишли қуриштиш ҳароратларида намлик йўқотилиш жараёнининг тажриба натижалари келтирилган ва ўзгаришлар эгри чизиқли кўринишларда 3.11-расмда тасвирланган. Уруғларнинг бошланғич намлиги ўртача 42% ни ташкил этди.

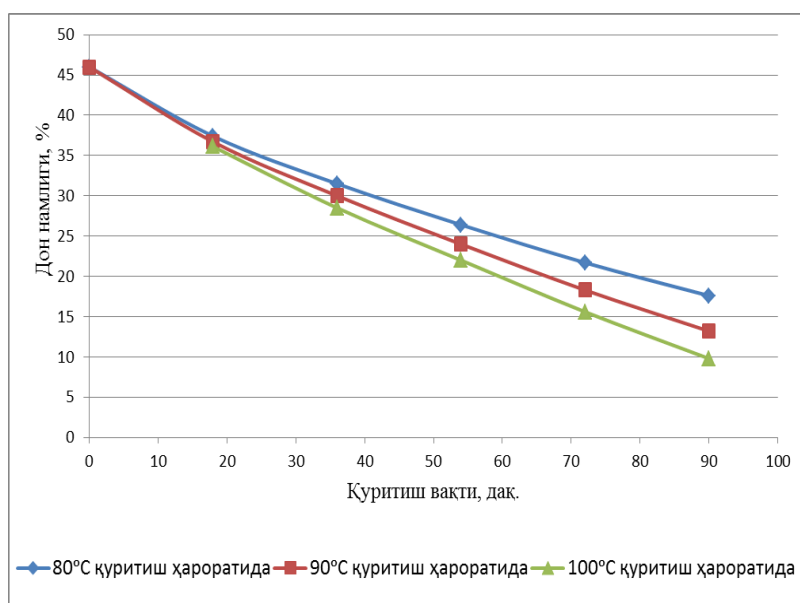




3.11-расм. Қуритиш қурилмасида қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг булутли ва қуёшли об-ҳаво шароитидаги намлик ўзгаришлари: $\phi_{\text{булутли}}$ – булутли шароитда уруғ намлиги ўзгариши, $\phi_{\text{қуёш}}$ – қуёшли кунда уруғ намлиги ўзгариши, а) қуритиш ҳарорати 80°C , б) қуритиш ҳарорати 90°C , в) қуритиш ҳарорати 100°C .

Расмдаги графикдан кўриниб турибдики, кунгабоқар уруғлари намлик ўзгаришига қуритиш ҳароратидан ташқари қуёшнинг иссиқлик энергиясидан қўшимча фойдаланиш ҳам самара бермоқда. Сабаби ҳақида юқорида фикр билдириб ўтилди.

Юқоридаги тажриба куз ойида ҳам ўтказилди. Куз ойида кунгабоқар уруғлари бошланғич намлиги 46% ни ташкил этди. Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ўртача 53°C . Олинган натижалар жадвал кўринишида 5-илова 3.28-жадвалда берилган. Қуритиш ҳароратларида намлик ўзгаришининг график кўриниши 3.12-расмда кўрсатилган.



3.12-расм. Куз ойида қуритиш қурилмасида кунгабоқар уруғлари намлик ўзгариш графиги.

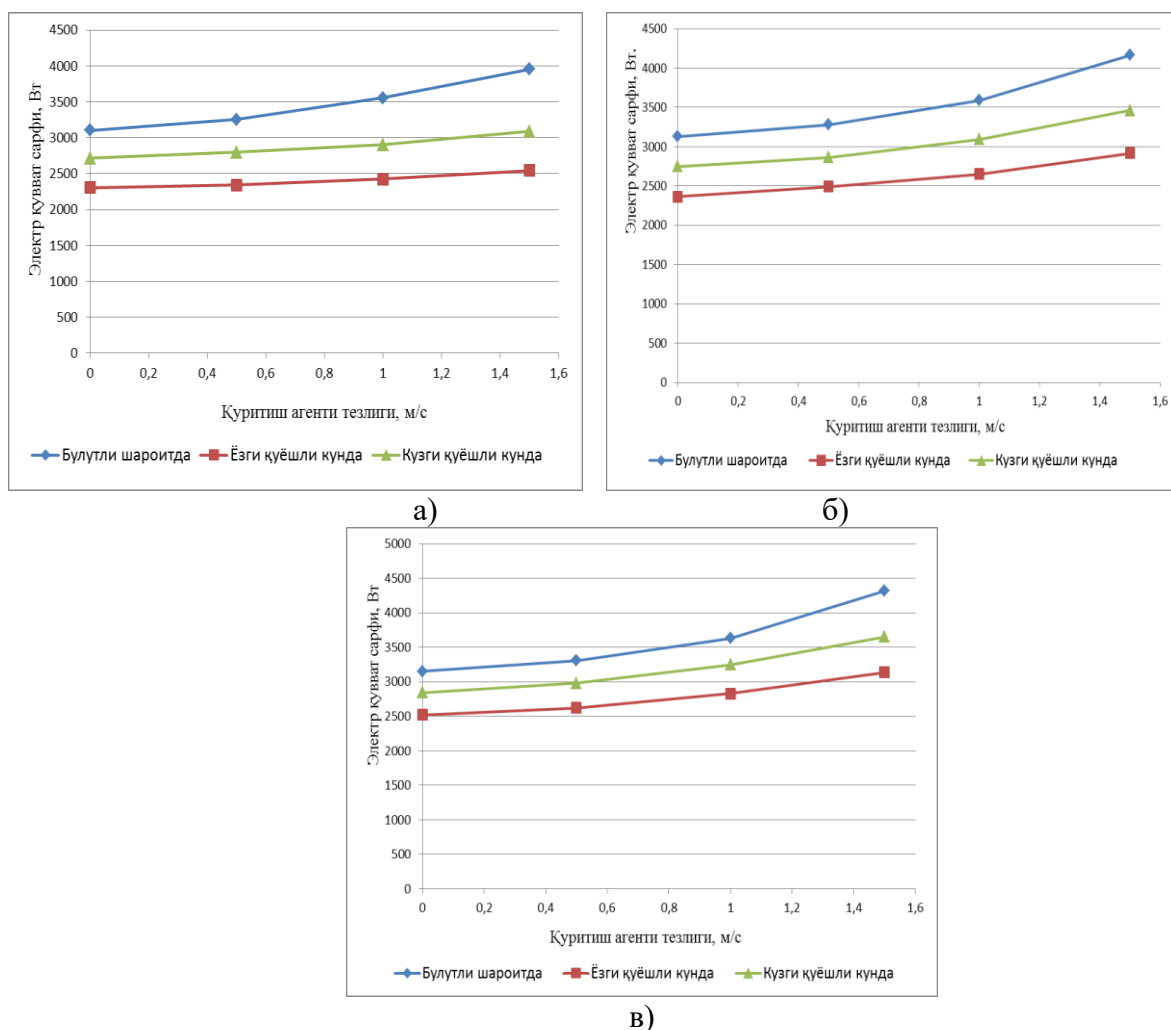
Расмдаги графиклар қуритиш ҳароратларини намлик ўзгаришига қандай таъсир қилишини кўрсатмоқда.

Ўтказилган ушбу тажриба тадқиқотлари ва таҳлили тажриба қуриткичидан булутли ҳаво шароитига қараганда қуёшли очик майдонда фойдаланиш намликни йўқотиш бўйича ёз ойида 48%, куз ойида 27%, қуритиш вақти бўйича умумий 15% га самарали эканлигини кўрсатмоқда. Қуриткичда 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.

3.3.2. Қуритиш аппарати қувват сарфининг тажриба натижалари.

Қуритиш агенти тезлигининг ўзгариши янги қуритиш қурилмаси қувват сарфига таъсири тадқиқ этилди. Қуритиш агенти тезлигининг ўзгариш оралиғи $0,5 \div 1,5$ м/с, янги қуритиш қурилмасининг тўлиқ қувват сарфи 4500 Вт ни ташкил этади. Тажриба ёз ва куз ойларида ҳамда булутли ҳаво шароитида ўтказилган. Ёзнинг қуёшли кунда қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 65°C , кузда эса 53°C ни ташкил этади. Олинган натижалар 5-илова

3.29, 3.30, 3.31-жадвалларда берилган. Натижаларнинг таққослаш графиги 3.13-расмда акс эттирилган.



3.13-расм. Қуритиш агенти тезлиги ўзгаришини қуритиш қурилмаси қувват сарфига таъсирининг график тасвири: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C.

Расмдаги графиклардан кўринади, қуритиш агентининг ошиши қувват сарфининг ошишига сабаб бўлмоқда. Буни электрокалориферда қизиган ҳавони қуритиш барабанига кўпроқ берилиши натижасида электрокалоферни кўпроқ вақт уланиб туриши билан тушунтириш мумкин. Қуритиш ҳароратларининг ўзгариши билан ҳам қуритиш қурилмасининг қувват сарфи ўзгаради. Янги қуритиш қурилмасидаги қуёш коллектори қуритиш жадаллигидан ташқари қувват сарфига ҳам ижобий таъсир қилади. Буни расмда тасвирланган графиклардан яққол кўришимиз мумкин. Қувватнинг энг кўп сарфи булутли ҳаво шароитида, энг кам қувват сарфи эса ёз ойида

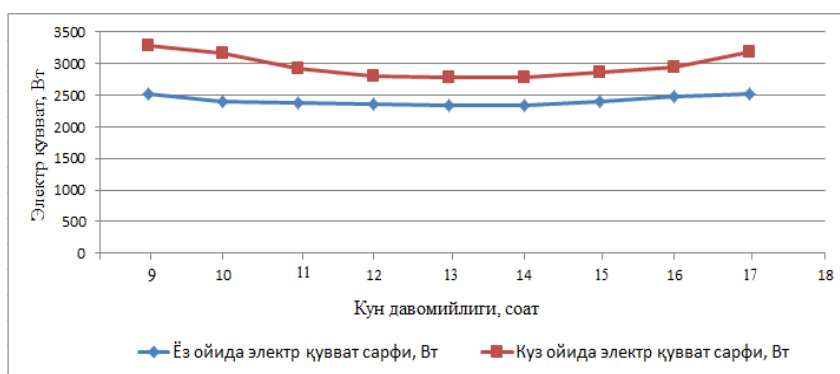
куёшли очик ҳаво шароитида бўлмоқда. Бунга сабаб шуки, электрокалорифер куёш коллекторидаги ҳавони қиздириб, сўнг барабанга беради, куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қанча юқори бўлса электрокалорифер камроқ вақт ичида бу ҳавони ўрнатилган қуришти ҳавоси ҳароратигача қиздириб беради. Натижада қувват сарфи камаяди.

Янги қуришти қурилмасининг куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қуришти ҳарорати ортиши билан орта бошлайди, сабаби қуриш конструкцияси қуришти барабани ва электрокалорифердан чиқаётган иссиқликларни сақлаб қолишга мўлжалланган. Бундан ташқари куёшнинг иссиқлик энергияси ҳам коллектордаги ҳаво ҳароратини ортишига сабаб бўлади. Қуришти ҳароратлари кесимида куёш коллекторидаги ҳаво ҳароратини кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришига мос равишда ўзгариши тажриба йўли билан аниқланди, олинган натижалар 5-илова 3.32-3.37-жадвалларда келтирилган. Тажриба ёз ва куз ойларида ўтказилди. Натижа қийматларининг таққослаш графиги 6-илова 3.14, 3.15-расмларда тасвирланган.

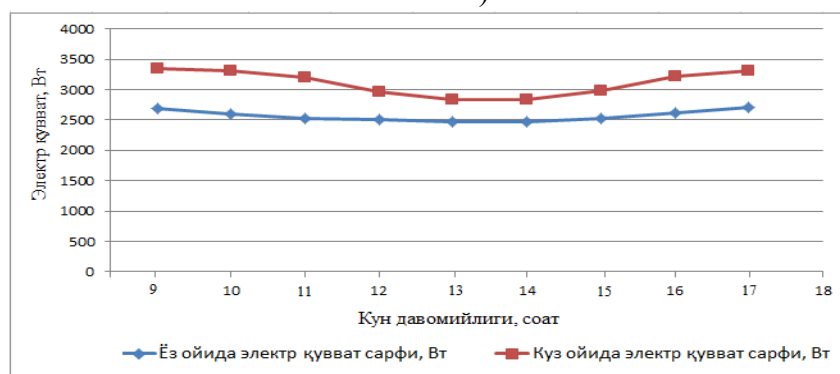
Куёш фаоллигини баҳолаш бўйича ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатади, куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати атмосфера ҳавоси ҳароратининг кун давомидаги ўзгаришига мутаносиб ҳолатда ўзгариб боради. Расмларда тасвирланган ҳароратлар ўзгаришининг эгрилиги куёшнинг кун давомидаги фаоллигига қараб куннинг биринчи ярмида ҳарорат ошиб боришини, куннинг ярмида максимал қийматга етишини ҳамда куннинг иккинчи ярмида эса максимал қийматидан камайиб боришини англатади. Ёз ойида коллектордаги ҳарорат атроф муҳит ҳарорати ва куёш нур қайтаргичи ҳисобига 80°C, 90°C, 100°C қуришти ҳароратларида ўртача 22°C, 25°C, 29°C га ошириш мумкин. Худди шундай, куз ойида тегишли қуришти ҳароратларида ҳаво ҳароратини мос равишда 20°C, 22°C ва 24°C га кўтариш мумкин. Қуришти ҳароратлари қийматининг ошиши ҳам куёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати ортишига сабаб бўлади. Коллектордаги ҳароратнинг кўтарилиши атмосфера ҳавосини ортиқча қиздиришга ҳожат

қолдирмайди ва электр қуввати тежалишига ижобий таъсир кўрсатади. Тажрибадан кўриниб турибдики, барабанли қуриткичларда қуёш коллекторидан фойдаланиш катта истиқболга эга.

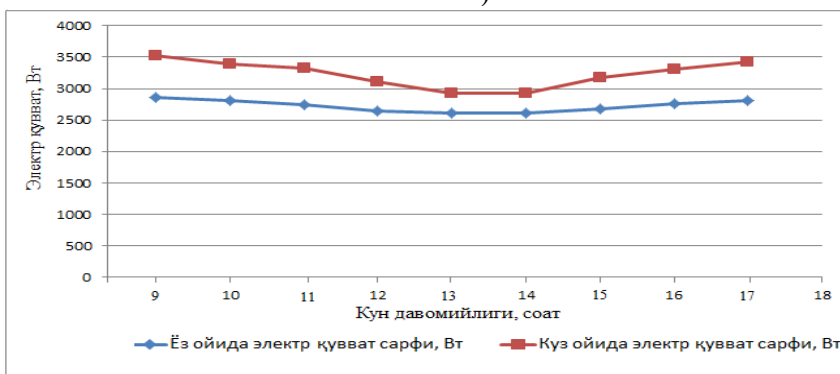
Янги қуритиш қурилмасининг қувват сарфининг кун давомида ўзгаришини ёз ва куз ойларида ўтказилган тажриба натижалари асосида кўриб чиқамиз. Қуритиш агентининг тезлиги 0,5 м/с қийматга ўрнатилган. Тажриба натижалари 5-илова 3.38÷3.40-жадвалларда берилган, ўзгариш эгри чизиқлари 3.16-расмда кўрсатилган.



а)



б)



в)

3.16-расм. Қуритиш қурилмасининг қувват сарфининг кун давомида ўзгариши: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C.

Ёз ва куз ойларида қуёш коллектори ёрдамида тажриба қуриткичи электр қувватининг кун давомида ўзгаришини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқод ва таҳлиллар шуни кўрсатадики, куннинг ўртасида электр қувват сарфи минимал қийматга етади. Расмдаги эгри чизиқлар куннинг биринчи қисмида электр қувват сарфини минимал қийматга қараб камайиб боришини, куннинг иккинчи ярмида эса ортиб боришини ифодалайди. 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 энергия қўшимча иқтисод қилинди. Куз ойида эса мазкур қуритиш ҳароратларида ва қуритувчи ҳаво тезлигида электр энергия иқтисоди мос равишда 9%, 18% ва 24,5% ларни ташкил этди. Натижада, қўшимча равишда ўртача 691 Вт·соат электр энергия иқтисод қилинди. Шу сабабли қуёш коллектори ва нур қайтаргичдан фойдаланиш орқали сарфланаётган электр энергия кўпроқ миқдорда иқтисод қилинади. Куз ойида атмосфера ҳавосининг намлиги ва зичлигининг юқори бўлиши, шунингдек ҳаво ҳароратининг ёз ойига нисбатан пастлиги қуриткичнинг кўпроқ электр энергия истеъмоли қилишига олиб келди ва ёз ойи билан таққослаганда электр энергия истеъмоли 772 Вт·соат га ортади. Қуриткичнинг электр энергия истеъмоли қуритиш ҳарорати ортган сари ортади, энергия самарадорлик камаяди. Ишлаб чиқилган қуриткичнинг синовлари шуни кўрсатадики, қуриткичнинг самарадорлиги қуёш фаоллигига боғлиқ: куннинг энг қизиган вақтида кунгабоқар уруғларининг қуриш жадаллиги энг юқори, электр энергия истеъмоли эса энг кичик.

Юқорида ўтказилган барча тажриба натижаларини умумлаштирамиз. Тажриба натижалари қуёшнинг кун давомидаги фаоллигини тажриба қуриткичида қуритилаётган кунгабоқар уруғларининг қуриш жадаллигига ва қуриткичнинг энергия тежамкорлигига таъсирининг ижобий эканлигини кўрсатади. Тажриба қуриткичида булутли ҳаво шароитида, ёз ва куз ойларида очик майдонда турли қуритиш ҳароратларида ўтказилган тадқиқод

ва таҳлиллар кунгабоқар уруғлари намлигини йўқотишда қуёш иссиқлик энергиясининг аҳамияти катта эканлигини англатади. Қуёш фаоллигига қараб қуритишнинг бир хил вақт оралиқларида уруғларнинг намлик бериш даражаси ортиб боради (3.11, 3.12-расмлар). 3.11, 3.12-расмлардан кўриниб турибдики, кунгабоқар уруғларини булутли шароитда 100°C қуритиш ҳароратида қуритгандан кўра, ёз ойида 80°C, куз ойида эса 90°C да қуритган афзал бўлмоқда. Бундан ташқари қуритиш учун кетаётган умумий вақт ҳам ўртача 15% га қисқаради, қуритиш унумдорлиги 17,6% га ортади. Қуёшнинг иссиқлик энергиясидан фойдаланган ҳолда қуритиш ҳарорати аста секин кўтарилиши билан кунгабоқар уруғлари қуриш вақтининг қисқаришини кузатиш мумкин. Масалан, булутли шароитда кунгабоқар уруғлари охириги нисбий намлигини 8% га етказиш учун 90 дақиқадан кўп вақт сарфланса, қуёшли очик майдонда 70 дақиқа кифоя қилади. Қуритиш тезлиги булутли ҳаво шароитидаги қуритишга нисбатан ёзда ўртача 1,5 баробар, кузда 1,3 баробар тез амалга ошади.

кунгабоқар уруғларини қуритиш агенти ҳарорати 80°C, тезлиги 1,5 м/с бўлгандаги қуритиш қуритиш агенти ҳарорати 90°C, тезлиги 0,5 м/с бўлганда олинган натижалар билан бир хил якуний натижани беради, лекин энергия харажатлари кам. 90°C ва 100°C қуритиш ҳароратларида ҳам шунга ўхшаш режимлар мавжуд (6-илова 3.14, 3.15; 3.16-расмлар). Масса ўзгаришига қараб исталган режимларни танлаш мумкин. Оптимал режимни танлашда қуритиш қурилмаси қувват сарфини ҳисобга олиш тавсия этилади.

Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати қиймати атмосфера ҳавоси ҳароратига, қуёш коллекторининг герметиклиги ва қуёш нурининг қуёш коллекторига йўналтирилганлигига боғлиқ. Нур қайтаргичсиз ҳам қуёш коллекторида атмосфера ҳавоси ҳароратидан 26% га юқори бўлган ҳароратга эга бўлиш мумкин. Лекин нур қайтаргич ёрдамида атмосфера ҳавоси ҳароратини ёз ва куз ойларида ўртача 1,8 баробаргача ошириш имконияти мавжуд (6-илова 3.14 ва 3.15-расмлар).

Қуёш коллекторининг қуриткич электр қуввати сарфига қандай таъсир этишини 3.16-расм яққол кўрсатади. Коллектордаги ҳаво ҳарорати қанча юқори бўлса, электр қувват сарфи мос равишда камаяди, бу кўрсаткич кун давомида ўзгариб туради. Куннинг энг қизиган вақтида ҳаво ҳарорати максимал қийматга эришганда электр қувват сарфи минимал қийматга эга бўлади. Нур қайтаргичсиз қуёш коллекторининг ўзидан фойдаланиш билан қуриткичнинг сарфлаётган электр энергияси ёз ойида 6% га тежалса, куз ойида эса 4% тежалади.

Учинчи боб бўйича хулосалар

1. Кунгабоқар уруғларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган қурилмада экспериментал тадқиқодлар ўтказиш услуги ишлаб чиқилди.

2. Ишлаб чиқилган барабан типидagi комбинациялашган кунгабоқар уруғлари қуриткичи тажриба нусхаси экспериментал тадқиқотларни тўлақонли ўтказиш имконини беради.

3. Тажриба қуриткичида қуёшли очик майдонда кунгабоқар уруғларини 80°C, 90°C ва 100°C ҳароратларда қуритиш орқали уруғ намлигини йўқотиш бўйича булутли об-ҳавога нисбатан ёз ойида 48%, куз ойида 27% самарага, қуритиш вақти бўйича эса умумий 15% самарага эришилади, қуритиш унумдорлиги 17,6% га ортади.

4. Тажриба қуриткичи ёз ва куз ойларида қуёшли очик майдонда фойдаланилганда сарфланаётган электр энергияни 13% ва 9% га иқтисод қилади.

5. Тажриба қуриткичининг ишлаши қуёш фаоллигига боғлиқ бўлиб, куннинг энг қизиган вақтида қуриткичда кунгабоқар уруғларининг қуриш жадаллиги энг юқори, қуриткичнинг электр қувват сарфи эса энг кичик бўлди.

Хулоса

1. Қуритиш усуллари ва қуритиш аппаратларининг 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 камайитиш мумкинлиги кўрсатилди.

3. Кунгабоқар уруғларини қуритиш жараёнини моделлаштириш ва бошқаришга имкон берувчи динамик модел 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 модел қуриткич коллекторидаги ҳаво ҳарорати ва қуритиш агенти тезлигининг ўзгариши ҳисобига қуриткичнинг электр энергия истеъмолини башорат қилиш имконини берди.

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

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

10. Қуриткичнинг қуритиш самарадорлиги қуёш фаоллигига боғлиқ.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги» Фармони.
2. V. Bandura, V. Mazur, L. Yaroshenko, O. Rubanenko. Research on Sunflower Seeds Drying Process in a Monolayer Tray Vibration Dryer Based on Infrared Radiation. INMATEH - Agricultural Engineering. Vol. 57, No. 1 / 2019.
3. P.C. Coradi, C.C. Peralta, C.H.P. Fernandes, T.L. Pereira. Alterations of the quality of sunflower seeds in the storage. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.17, n.1, p.75-86, 2015.
4. L.A. de Souza Abreu, M.L.M. de Carvalho, C.A.G. Pinto, V.Y. Kataoka, T.T. de Almeida Silva. Deterioration of sunflower seeds during storage. Journal of Seed Science, v. 35, n. 2, p.240-247, 2013.
5. D.C. Lima, A.S. Dutra, F.M. Pontes, F.T.C. Bezerra. Storage of sunflower seeds. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014.
6. G. Maciel, D. Torre, N. Izquierdo, G. Cendoya, R. Bartosik. Effect of oil content of sunflower seeds on the equilibriummoisture relationship and the safe storage condition. AgricEngInt: CIGR Journal Open access at <http://www.cigrjournal.org> Vol. 17, No. 2. June, 2015.
7. Ж.Б. Худайкулов, Х.Н. Атабаева (тузувчилар). Кунгабоқар етиштириш [Матн]: илмий нашр / “Агробанк” АТБ.-Тошкент: “ТАСВИР” нашриёт уйи, 2021. - 56 б.
8. S.A. Giner, M.C. Gely. Sorptional Parameters of Sunflower Seeds of Use in Drying and Storage Stability Studies. Biosyst. Eng. 2005, 92, 217–227.
9. M. Charney. Sunflower Seeds and Their Products. Journal of Agricultural & Food Information, 11:81–89, 2010.
10. A. Matin, T. Majdak, T. Krička, M. Grubor. Valorization of sunflower husk after seeds convection drying for solid fuel production. Jour. of Cent. Euro. Agr. 2019, 20(1), p.389-401.

11. J.M. Yelwa, S. Abdullahi. Epoxidation and Hydroxylation of Sunflower Seed Oil. *Int J Sci Res Chemi.* September-October-2019; 4 (5).
12. R. Nandha, H. Singh, K. Garg, S. Rani. Therapeutic Potential of Sunflower Seeds: An Overview. *Int. J. Res. Dev. Pharm. L. Sci.* 2014, 3, pp 967-972.
13. V. Papchenko, T. Matveeva, A. Belinska, V. Rudniev, O. Zviahintseva, N. Cherevichna. Investigation of Anthoicians Availability in Sunflower Seed Husks. *Technology audit and production reserves.* 2017, 4, pp 31-34.
14. Hussain, S.; Ali, A.; Ibrahim, M.; Saleem, M. F.; alias Haji, M. A.; Bukhsh, A. Exogenous Application of Absciscic Acid for Drought Tolerance in Sunflower (*Helianthus Annuus* L.): A Review. *J. Anim. Plant Sci.* 2012, 22, pp 806-826.
15. Yu. Tkalic, I. Tkalic, O. Tsyliuryk, S. Masliiov. Reserves for Increasing the Yield of Sunflower Seeds in the Ukrainian Steppe. *Agr. & Fores.* 2019, 65, 105-114. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.3.09.
16. C.R.M. da Rocha, V.N. Silva, S.M. Cicero. Internal Morphology and Germination of Sunflower Seeds. *J. of Seed Sci.* 2014, 36, pp 48-53.
17. M.A. Malik, Ch.S. Saini. Engineering Properties of Sunflower Seed: Effect of Dehulling and Moisture Content. *Cog. Food & Agr.* 2016, 2, 1-11.
18. S. Jafari, J. Khazaei, A. Arabhosseini, J. Massah, M.H. Khoshtaghaza. Study on Mechanical Properties of Sunflower Seeds. *El. J. of P. Ag. Un.* 2011, 14, 1-11.
19. S. Kumar, S. Singh, R.K. Vishwakarma and B.R. Singh. Evaluating the effects of some relevant parameters on physical properties of sunflower seed. *Bioved*, 30(2) : 1–7, 2019.
20. V. Radić, M. Vujaković, A. Marjanović-Jeromela, J. Mrđa, V. Miklič, N. Dušanić, I. Balalić. Interdependence of Sunflower Seed Quality Parameters. *HELIA*, 32, Nr. 50, p.p. 157-164, (2009) doi: 10.2298/HEL0950157R.
21. B. Wang, C.L. Zhang, L. Zhang. Mechanical Properties Of Sunflower Seeds. *Int. Con. on Mech., El., Ind. and Cont. En. (MEIC 2014).*

22. A.H. Mirzabe, J. Khazaei, G.R. Chegini. Physical properties and modeling for sunflower seeds. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. Vol. 14, No.3. September, 2012.

23. А.С. Демидов. Поиск рационального способа сушки семян подсолнечника. Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий.

24. R. Khodabakhshian, B. Emadi, M.H. Abbaspour Fard. Some Engineering Properties of Sunflower Seed and Its Kernel. *J. of Ag. S. and Tech*. 2010, 4, 36-46.

25. E.M. Santalla, R.H. Mascheroni. Equilibrium Moisture Characteristics of High Oleic Sunflower Seeds and Sernels. *Dry. Technol.* 2003, 21, pp. 147–163.

26. Разработка электропривода сушильной установки растительного сырья АО “Шымкентмай” https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635a2ac68b5d43b89421216c36_0.html.

27. A.K. de Figueiredo, E. Baümler, I.C. Riccobene, S.M. Nolasco. Moisture-Dependent Engineering Properties of Sunflower Seeds with Different Structural Characteristics. *J. of Food Eng*. 2011, 102, 58–65.

28. N. Dibagar, S.J. Kowalski, R.A. Chayjan, A. Figiel. Accelerated Convective Drying of Sunflower Seeds by High-Power Ultrasound: Experimental Assessment and Optimization Approach. *Food and Bio. Proc*. 2020, 123, pp 42–59.

29. E.M. Santalla, R.H. Mascheroni. Moisture Diffusivity in High Oleic Sunflower Seeds and Kernels. *Int. J. of Food Prop*. 2010, 13, 464–474.

30. P.C. Coradi, C.H.P. Fernandes, C.C. Peralta, T.L.L. Pereira. Quality of Sunflower Seeds after Drying with Different Temperatures. *Spanish J. of Rural Develop*. 2014, 4, pp 23-32. DOI: 10.5261/2014.GEN4.03.

31. P.C. Coradi, C.H.P. Fernandes, C.C. Peralta, T.L. Pereira. Effects of Drying and Storage Conditions in the Quality of Sunflower Seeds. *Pesq. agropec. pernamb.*, 2015, 1-10. DOI: 10.12661/pap.2015.005.

32. <https://www.fruit-inform.com/ru/technology/keep/18770#.Y3xcx71BzIV>

33. R. Sivakumar, R. Saravanan, A.E. Perumal, S. Iniyan, Fluidized Bed Drying of some Agro Products – A Review. Ren. and Sust. En. Rev. 2016, 61, 280–301.

34. H.J. Das, R. Saikia, P. Mahanta. Effects of Spiral and Cone Angles on Drying Characteristics and Energy Consumption of Fluidized Bed Paddy Dryer. Dry. Technol. 2020, 1-13. DOI: 10.1080/07373937.2020.1832512.

35. K.M. Kundu, R. Das, A.B. Datta, P.K. Chatterjee. On the Analysis of Drying Process. Dry Technol. 2005, 23, 1093–1105.

36. Н.Р. Юсупбеков, Ҳ.С. Нурмухаммедов, С.Г. Зокиров, Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. –Т.: “Фан ва технология”, 2015, 848б.

37. Н.Р. Юсупбеков, Ҳ.С. Нурмухаммедов, С.Г. Зокиров. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. - Т.; «Шарқ», 2003. - 644 б.

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

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

40. В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа. Монография. 2013. - 290 ст.

41. А.Б. Оспанов и др. Совершенствование процессов сушки и обеззараживания зерна в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Монография. 2017.-163 ст.

42. Т.М. Кунилова. Анализ существующих типов оборудования и технологий сушки.

43. А.Ю. Измайлов, С.А. Павлов, и др. Устройство двухпоточной сушки семян и зерна. RU Патент 2,732,560, 21.09.2020.

44. Agricultural News. sila-zemli.com/khranenie/shakhtnye-zernosushilki.html (accessed Nov 13, 2017).

45. Conveyor Grain Plant. <https://asm-agro.ru/articles/shahtnaya-sushilka-kakie-u-neyo-minusy/>(accessed April 14, 2020).
46. Modern Production and Technology. https://itexn.com/4075_mobilnye-shahtnye-zernosushilki.html.
47. Expert Business Portal. <https://sdexpert.ru/news/project/dostoinstva-i-nedostatki-tipov-zernosushilok/>(accessed July 29, 2019).
48. Amistar Gold. https://www.pesticidy.ru/dictionary/heating_grain (accessed May 30, 2013).
49. <https://zen.yandex.ru/media/id/5e82c672bb31c2679c6e7d8e/shahtnaia-sushilka-kakie-u-nee-minusy-5ea11be298c2d801bbb1952b> (accessed April 23, 2020).
50. М.М. Абдюшев. Зерносушилка. RU Патент 2,727,818, 24.07.2020.
51. Н.М. Андрианов, М.А. Иванов. Способ распределения газа в шахтной зерносушилке и устройство для его осуществления. RU Патент 2,538,185, 10.01.2015.
52. А.В. Голубкович, С.А. Павлов, и др. Способ автоматического управления зерносушилкой и устройство для его осуществления, RU Патент 2,656,531, 05.06.2018.
53. И.Г. Лысых. Технология и технические средства для поточной гравитационной сушки семян подсолнечника. Диссертация. М.:2004.
54. В.Ю. Маяровский, В.П. Колинко и др. Устройство для направления потока газовой среды в зерносушилке (варианты). RU Патент 2,386,093, 10.04.2010.
55. А.В. Голубкович, С.А. Павлов. Способ и устройство для сушки сыпучих материалов. RU Патент 2,382,304, 20.02.2010.
56. А.В. Дранников, О.А. Орловцева, Н.А. Игнатенко Зерносушильный аппарат. RU Патент 2,651,015, 18.04.2018.
57. С.Д. Шепелёв, М.В. Запевалов. Зерносушилка. RU Патент 89214, 27.11.2009.

58. А.Г. Сергеев Устройство распределения газа в шахтной зерносушилке. RU Патент 2,610,781, 15.02.2017.

59. В.М. Дмитриев, Е.А. Сергеева, О.С. Неверова Энергосберегающая шахтная сушилка для зерновых культур. RU Патент 2,727,521, 22.07.2020.

60. Г.М. Ефимова, И.Х. Масалимов, И.Р. Ракипов. Конвейерная сушилка с ик-нагревом. RU Патент 2,657,076, 08.06.2018.

61. А.В. Ефимов, И.Х. Масалимов, И.Р. Ганиев, В.Н. Пермжаков Конвейерная сушилка для сыпучих материалов. RU Патент 2,403,515, 10.11.2010.

62. В.В. Костин. Конвейерная сушилка. RU Патент 2,650,011, 06.04.2018.

63. С.А. Булавин, Ю.В. Саенко, А.Ю. Носуленко, В.Н. Саенко. Конвейерная установка для сушки пророщенного зерна. RU Патент 2 529 704, 27.09.2014.

64. K.K. Khankari, S.V. Pawnkar. Performance Analysis of a Double-Deck Conveyor Dryer - a Computational Approach. *Dry. Technol.* 1999, 17, 2055-2067. DOI:10.1080/07373939908917672.

65. D. Friso. Conveyor-Belt Dryers with Tangential Flow for Food Drying: Mathematical Modeling and Design Guidelines for Final Moisture Content Higher Than the Critical Value. *Inventions* 2020, 5, 22; doi:10.3390/inventions5020022.

66. O.F. Lutfy, S.B. Mohd Noor, M.H. Marhaban and K.A. Abbas. Non-linear modelling and control of a conveyor-belt grain dryer utilizing neuro-fuzzy systems. *Proc. IMechE Vol. 225 Part I: J. Systems and Control Engineering.* 2010.

67. O.F. Lutfy, Selamat, H.; Mohd Noor, S. B. In Modelling of a Conveyor-belt Grain Dryer Utilizing a Sigmoid Network, *Proceedings of the 10th Asian Control Conference (ASCC), Kota Kinabalu, Malaysia, May 31 - June 3, 2015.*

68. Lutfy, O. F.; Selamat, H.; Mohd Noor, S. B. Intelligent Modelling and Control of a Conveyor-Belt Grain Dryer Using a Simplified Type-2 Neuro-Fuzzy Controller. *Dry. Technol.* 2015, 33, 1210-1222. DOI:10.1080/07373937.2015.1021007.

69. В.С. Севостьянов, А.В. Кошуков, Е.А. Шкарпеткин. Классификация и анализ существующих сушилок, применяемых в промышленности строительных материалов. Конференция: инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений белгород, 08–10 октября 2013 года.

70. A. S. Mujumdar. Ed. Handbook of Industrial Drying, 3th ed.; Taylor & Francis Group, LLC: Oxfordshire, UK, 2006.

71. I. Goplour, M. Z. Nejad, R. A. Chayjan, A. M. Nikbakht, R. P. F Guine M. Dowlati. Investigating Shrinkage and Moisture Diffusivity of Melon Seed in a Microwave Assisted Thin Layer Fluidized Bed Dryer. [J. of Food Meas. and Char.](#) 2017, 11, 1-11. DOI 10.1007/s11694-016-9365-5.

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

73. H. J. Das, R. Saikia and P. Mahanta. Effects of spiral and cone angles on drying characteristics and energy consumption of fluidized bed paddy dryer. Drying Technology. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1832512>. 2020 Taylor & Francis Group.

74. R. Sivakumar, R. Saravanan, A. Elaya Perumal, S. Iniyan. Fluidized bed drying of some agro products – A review . Renewable and Sustainable Energy Reviews 61 (2016) 280–301

75. Hirakh Jyoti Das, Pinakeswar Mahanta, Rituraj Saikia, Md Shoaib Aamir. Performance Evaluation of Drying Characteristics in Conical Bubbling Fluidized Bed Dryer. *Powder Technology* (2019), <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.06.051>.

76. R. A. Chayjan, M. Kaveh, N. Dibagar, M. Z. Nejad. Optimization of Pistachio Nut Drying in a Fluidized Bed Dryer with Microwave Pretreatment Applying Response Surface Methodology. Chem. Pr. and Proc. Modeling. 2017, 1-15. DOI: 10.1515/cppm-2016-0048.

77. M. Kaveh, R. A. Chayjan, B. Khezri. Modeling Drying Properties of Pistachio Nuts, Squash and Cantaloupe Seeds under Fixed and Fluidized Bed

Using Data-Driven Models and Artificial Neural Networks. Inter. J. of Food Eng. 2018, 1-19. DOI: 10.1515/ijfe-2017-0248.

78. А.В. Голубкович, С.А. Павлов. Способ сушки зерна в псевдоожиженном слое. RU Patent 2,700,672, 18.09.2019.

79. Р. Л. Исьемин и др. Аппарат для сушки органических материалов, включая биомассу, в кипящем слое. RU Патент 2 731 261, 31.08.2020

80. О.С. Кочетов. Сушилка взвешенного слоя с инертной насадкой. RU Патент 2 647 001. 13.03.2018.

81. О.С. Кочетов. Сушилка кипящего слоя с инертной насадкой RU Патент 2 646 665, 06.03.2018

82. Е.П. Кошевой, В.С. Косачёв, С.А. Подгорный. Ротационная сушилка кипящего слоя. RU Патент 139937, 27.04.2014.

83. О.С. Кочетов. Установка для сушки диспергированных материалов в кипящем слое инертных тел. RU Патент 2 671 670. 06.11.2018.

84. А.А. Шевцов, Л.Н. Флора и др. Сушилка для сыпучих материалов. RU Патент 2,613,217, 05.03.2017.

85. Н.А. Устинов, Е.К. Кожевникова. Сушилка с псевдоожиженным слоем. RU Патент 139139, 10.04.2014.

86. В.И. Атаназевич. Сушка пищевых продуктов. - М. : Гастроном, 2000.

87. A.E.A. Paixao, S.C.S. Rocha. Pneumatic Drying in Diluted Phase: Parametric Analysis of Tube Diameter and Mean Particle Diameter. Dry. Technol. 1998, 16, 1957-1970. DOI: 10.1080/07373939808917505.

88. B. Satpati, Ch. Koley, S. Datta. Nonlinear Model of Pneumatic Conveying Dryer for Economic Process Control. Dry. Technol. 2020, 38, 1516-1537. DOI: 10.1080/07373937.2019.1648286.

89. K. Weerachai, K. Sittidej and Somchai, Wongwises. A Small-Scale Pneumatic Conveying Dryer of Rough Rice. Drying Technology, 24: 105–113, 2006.

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

91. S.M. El-Behery, W. A. El-Askary, H. H. Mofreh and K. A. Ibrahim. Eulerian–Lagrangian Simulation and Experimental Validation of Pneumatic Conveying Dryer. *Drying Technology*, 31: 1374–1387, 2013

92. S. Banooni, E. Hajidavalloo, M. Dorfeshan. Experimental and numerical study of the effects of pre-drying of S-PVC using a pneumatic dryer. *Powder Technology* 338 (2018) 220–232.

93. C. S. Lopes, Th. F. de Pa´dua, M. do Carmo Ferreira, and J. T. Freire. Influence of the Entrance Configuration on the Performance of a Non-Mechanical Solid Feeding Device for a Pneumatic Dryer. *Drying Technology*, 29: 1186–1194, 2011.

94. C. Nimmol. Performance, energy, and product quality a specs of a modified pneumatic dryer for rapid drying of high-moisture paddy. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. Vol. 62(6): 1531-1539. 2019. <https://doi.org/10.13031/trans.13347>.

95. R. Dhurandhar, J.P. Sarkar, B. Das. The Recent Progress in Momentum, Heat and Mass Transfer Studies on Pneumatic Conveying: A Review. *Heat and Mass Transfer*. 2018, 54, 2617–2634. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2275-9>.

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

97. I. Farkas, Integrated Use of Solar Energy for Crop Drying. *Dry. Technol.* 2013, 31, 866–871. DOI: 10.1080/07373937.2013.790410.

98. G. Pirasteh a,n, R. Saidur a,b, S.M.A. Rahman c, N.A. Rahim. A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31 (2014) 133–148.

99. A. Boulemtafes-boukadoum, A. Benzaouia. Energy and exergy analysis of solar drying process of Mint. *Energy Procedia* 6 (2011) 583–591.

100. C.O.C. Oko and S. N. Nnamchi. Coupled Heat and Mass Transfer in a Solar Grain Dryer. *Drying Technology*, 31: 82–90, 2013.
101. P.P. Dutta and A. Kumar. Development and Performance Study of Solar Air Heater for Solar Drying Applications. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017. *Solar Drying Technology, Green Energy and Technology*.
102. S. Shanmugam, P. Kumar, A.R. Veerappan. Evaluation of Thermal Efficiency of Oscillating-Bed Solar Dryer through Drying of Sunflower Seeds. *J. Ren. Sust. Ener.* 2011, 3, 1-9. doi:10.1063/1.3618742.
103. Y. Chan, N.T.M. Dyah, A. Kamaruddin. Solar Dryer with Pneumatic Conveyor. *Ener. Proced.* 2015, 65, 378–385. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.01.067.
104. A.M. Matouk, M.M. El-Kholy, S.A. El-Raheem. Utilization of Solar Energy for Drying Sunflower Seed. *J. Soil Sci. and Agric. Eng.* 2013, 4, 125 – 146.
105. S.B. Pawar, V.M. Pratape. Fundamentals of Infrared Heating and its Application in Drying of Food Materials:A Review. *J. of Food Pr. En.* 2015, 1-15.
106. N. da Silva Timm and others. Infrared radiation drying of parboiled rice: Influence of temperature and grain bed depth in quality aspects. accepted: 6 January 2020. DOI: 10.1111/jfpe.13375
107. I Palamarchuk, M. Mushtruk, V. Vasyliv, M. Zheplinska. Substantiation of regime parameters of vibrating conveyor infrared dryers. *Pot. Slov. J.l of Food Sc..* vol. 13, 2019, no. 1, p. 751-758 <https://doi.org/10.5219/1184>.
108. С.Ф. Демидов. Исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» № 2, 2014.
109. M. Nosrati, D. Zare and others. New Approach in Determination of Moisture Diffusivity for Rough Rice Components in Combined Far-Infrared Drying by Finite Element Method. *Dry. Technol.* 2020, 38, 1721-1732.
110. P. Sakare, N. Prasad, N. Thombare, R. Singh, S.Ch. Sharma. Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances. *Food Eng. Reviews.* 2020, 12, 381–398. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09237-w>.

111. Drying Food Products. <https://www.prosushka.ru/1882-zernosushilka-barabannaya.html>.

112. Grain Drying Technology and Process. <https://zernosushka.ru/barabannaya-sushilka/>.

113. В.В. Ткач, С.А. Шевцов, Н.А. Сердюкова. Барабанная сушилка. RU Патент 2,649,379, 02.04.2018.

114. А.Х. Утешев. Сушилка барабанная с двойным корпусом и струйным насосом. RU Патент 2 674804, 13.12.2018.

115. В.Г. Вохмянин. Сушилка барабанного типа. RU Патент 2,681,387, 06.03.2019.

116. Y. Ying, Zh. Wu, H. Jiang. Determination of Residence Time of Grains in Drum Dryer. Dry.Technol. 1999, 17, 1905-1913. doi:10.1080/07373939908917660

117. X.Wang, Sh. Luo, L. Zhang, Zh. Zhang. Numerical Simulation of Temperature and Flow Field on Single Channel Drum Dryer. Adv. Mat. Research. 2012, 422, pp 669-672. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.422.669.

118. T. Poós, M. Örvös. Heat and Mass Transfer in Agitated, Co-, or Countercurrent Conductive–Convective Heated Drum Dryer. Dry.Technol. 2012, 30, 1457–1468. DOI: 10.1080/07373937.2012.689402.

119. Hendra; Syukriah; Silalahi, M.; Indriani, A.; Hernadewita; Hermiyetti. Finite Element Method Analysis for Manufacturing Design Drum Dryer of Rotary Dryer Machine, Proceedings of the 1st International Conference on Industrial and Manufacturing Engineering, Medan City North Sumatera, Indonesia, 16.10.2018

120. I. Hamawand, and T.Yusaf. Particles Motion in a Cascading Rotary Drum Dryer. Can. J. Chem. Eng. 2013, 9999, 1-15. DOI 10.1002/cjce.21845.

121. S. Wangchai. Numerical simulation of the flow of agricultural seeds inside a rotary drum dryer by DEM, Proceedings of the 12th TSAE International Conference, Chonburi, Thailand, March 14–15, 2019.

122. M.A. Delele, F. Weigler, J. Mellmann. Advances in the Application of Rotary Dryer for Drying of Agricultural Products: A Review. Dry. Technol. 2015, 33, 1-63. DOI: 10.1080/07373937.2014.958498.

123. J.P. Mukhitdinov, E.X. Safarov. Reviewing Technologies And Devices For Drying Grain And Oilseeds // Chemical technology. Control and management. – 2021. – №3(99). –pp. 05-19.

124. P.L. Dauglas, J.A.T. Jones, S.K. Mallick. Modelling and simulation of crosstlow grain dryers. Part L Model development / Chem. Eng. Res. and Des..- 2012 .- 71 ,№3 .-P.325-331.

125. К.В. Винокуров. Разработка технологического процесса и обоснование параметров барабанной зерносушилки с использованием эффекта рециркуляции зерна. Диссертация. Саратов 2004.

126. С.Т. Антипов. Тепло- и массообмен при сушке в аппаратах с вращающимся барабаном / С.Т. Антипов, В.Я. Валуйский, В.Н. Меснянкин — Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. технол. акад. 2001. — 308 с.

127. H. Ihsan, Yu. Talal. Particles Motion in a Cascading Rotary Drum Dryer. Can. J. Chem. Eng. 2013, 9999:1–15. DOI: 10.1002/cjce.21845

128. В.Н. Меснянкин. Совершенствование аппаратов с вращающимся барабаном для сушки сыпучих пищевых продуктов. Диссертация. Воронеж, 2002.- 194 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-5/1540-0

129. L. Xie, L. Yang, L. Su, Sh. Xu and W. Zhang. A Novel Rotary Dryer Filled with Alumina Ceramic Beads for the Treatment of Industrial Wastewaters: Numerical Simulation and Experimental Study. Processes 2021, 9, 862.

130. А.В. Алтухов. Методология совершенствования и расчета барабанных сушильных агрегатов. Диссертация. Республика Казахстан, Шымкент-1999.

131. Б.Р. Беккулов. Шоли куритиш курилмасининг конструкциясини ишлаб чиқиш ва унинг параметрларини асослаш. Диссертация. Наманган – 2020

132. Ю. В. Янюк, Е. А. Питухин. Преобразование математической модели процесса сушки для управления сушильной установкой барабанного типа//Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ/Изд-во ПетрГУ, Петрозаводск, 2003. Вып. 4. С. 191-196.

133. А.М. Байтурсев. Математическое моделирование и получения критериального уравнения процесса сушки сыпучих и зернистых материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки. Вестник национальной академии наук Республики Казахстан. №4. 2014.

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

135. S. Wangchai. Numerical simulation of the flow of agricultural seeds inside a rotary drum dryer by DEM. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 301 (2019) 012048 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/301/1/012048.

136. Ю.В. Янюк. Преобразование математической модели процесса сушки для управления сушилкой барабанного типа. Диссертация. ПетрГУ. 2003.

137. S.T. Antipov, A.I. Klyuchnikov, V.A. Panflov. System modelling of non-stationary drying processes. Foods and Raw Materials, no. 1, pp. 93–106, 2019, DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-93-106>.

138. 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. –РР.588-595.

139. С.К. Манасян. Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения. Диссертация.Красноярск-2009.

140. M. Stakic, E. Tsotsas, “Model-Based Analysis of Convective Grain Drying Processes”, Dry. Technol., no. 23, pp. 1895–1908, 2005, doi: 10.1080/07373930500210283.

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

142. E.X. Safarov. 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.

ИЛОВАЛАР

IXTIRO PATENTI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ADLIYA VAZIRLIGI

№ IAP 06976

Ushbu patent O'zbekiston Respublikasining "Ixtirolar, foydali modellar va sanoat namunalari to'g'risida"gi Qonuniga asosan quyidagi ixtiroga berildi:

Sochiluvchan materiallar uchun aerodinamik gelio quritgich

Talabnoma kelib tushgan sana: **06.10.2020** Talabnoma raqami: **IAP 2020 0420**

Ustuvorlik sanasi: **06.10.2020**

Patent egasi(lari): **Toshkent davlat texnika universiteti, UZ**

Ixtiro muallif(lari): **Yusupbekov Nadirbek Rustambekovich, Muxitdinov Djalolitdin Paxritdinovich, Safarov Elyorbek Xasanovich, UZ**

Ixtiroga berilgan patent O'zbekiston Respublikasi hududida 06.10.2020 yildan boshlab patentni kuchda saqlab turish uchun patent boji o'z vaqtida to'langandagina 20 yil mobaynida amal qiladi.
O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reyestrda 31.05.2022 yilda ro'yxatdan o'tkazildi.



ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI UCHUN YARATILGAN
DASTURNING RASMIY RO'YXATDAN O'TKAZILGANLIGI TO'G'RISIDAGI

GUVOHNOMA

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ADLIYA VAZIRLIGI

№ DGU 18786

Ushbu guvohnoma O'zbekiston Respublikasining «Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturlar va ma'lumotlar bazalarining huquqiy himoyasi to'g'risida»gi Qonuniga asosan quyidagi elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturga berildi:

Kombinatsiyalashgan barabanli quritkichda kungaboqar urug'larining namlik berish jarayonini modellashtirish

Talabnoma kelib tushgan sana: **14.09.2022** Talabnoma raqami: **DGU 2022 4538**

Huquq egasi(lari): **Muxitdinov Djaloliddin Paxritdinovich UZ;**

Dastur muallifi(lari): **Muxitdinov Djaloliddin Paxritdinovich UZ; ; Safarov Elyorbek Xasanovich UZ;**

O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrda
17.10.2022 y. ro'yxatdan o'tkazilgan.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
ООО «METALL GRID»
У.Т. Мирджалилов
2021



«СОГЛАСОВАНО»

Проректор по научной работе
и инновациям
Ташкентского государственного
технического университета
Ш.К. Нематов
2021



АКТ

приема-передачи рабочей документации опытного образца, комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных продуктов (КЭСУ-40 мини).

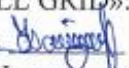
Мы, нижеподписавшиеся, представители заказчика – Ташкентского государственного технического университета – в лице: д.т.н., проф. Д.П.Мухитдинова, д.т.н., проф. Мухамедханова У.Т., PhD, доц. Шамсутдиновой В.Х., ответственного исполнителя Сафарова Э.Х. с одной стороны и представители Общества с Ограниченной Ответственностью «METALL GRID» в лице: главного инженера Файзиева Ш.Б., начальника производства Шоазизова Ф.Н., технолога Рузиева А. с другой стороны составили настоящий акт о передаче рабочей документации с целью изготовления опытного образца комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сельскохозяйственных зерновых продуктов (КЭСУ-40 мини), разработанной в ТашГТУ для проведения дальнейших работ (изготовления, проведения промышленных испытаний и совместного исследования).

Рабочая документация комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов (КЭСУ-40 мини) состоит из: спецификации, сборочных и рабочих чертежей.

Комбинированное энергосберегающее сушильное устройство для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов состоящее из сушильного барабана, солнечного коллектора, электрокалорифера, электромотора, шагового мотора и шкафа управления будет установлено на единую раму.

Представители

ООО «METALL GRID»:

Файзиев Ш.Б. Шоазизов Ф.Н. Рузиев А. 

Представители ТашГТУ:

Мухитдинов Д.П. Мухамедханов У.Т. Шамсутдинова В.Х. Сафаров Э.Х. 

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор
ООО «METALL GRID»



У.Т. Мирджалиев
2021

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе
и инновациям



Ташкентского государственного
технического университета
Ш.К. Нематов
2021

ПРОТОКОЛ

испытания опытного образца, комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов (КЭСУ-40 мини).

Комиссия в составе:

От ООО «METALL GRID»:

Главный инженер
Начальник производства
Технолог

Файзиев Ш.Б.
Шоазизов Ф.Н.
Рузиев А.

От ТГТУ:

д.т.н., профессор кафедры «АПП»
д.т.н., профессор кафедры «АПП»
PhD, доцент кафедры «АПП»
Ответственный исполнитель

Мухитдинов Д.П.
Мухамедханов У.Т.
Искандаров З.Э.
Сафаров Э.Х.

провела производственные испытания опытного образца, комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов в период с 10 июля по 24 июля 2021 года.

Техническая характеристика комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов (КЭСУ-40 мини)

1. Тип машины	передвижной
2. Габаритные размеры изделия, мм	
-длина	1800
-ширина	680
-высота	930

3. Производительность сушки за 1 час: - эксплуатационного времени, кг	38-40
4. Потребляемая мощность, кВт	4.5
5. Окружная скорость сушильного барабана, об/мин.	1
6. Масса конструкции, кг	100
7. Количество обслуживающего персонала, чел	1
8. Солнечный коллектор объемом, м ³	0.7
9. Солнечный отражатель площадью, м ²	3

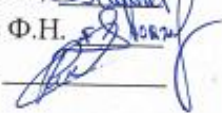
Испытание проводилось подключением к электрическому току частотой 50 Гц, напряжением 220В с параллельным использованием солнечной энергии в дневное время. Испытание продолжалось по 10 часов ежедневно в полевых условиях при средней нагрузке по высушиваемому материалу - 40 кг/час. Средняя начальная влажность семян подсолнечника составляла 42%. Сушка проводилась при трех температурных режимах: 80°C, 90°C, 100°C. Удаление влаги для каждой партии сушки при различных режимах сушки составляло в среднем 6,4%, 8,5% и 8,7% соответственно. Атмосферный воздух в солнечном коллекторе нагревался до температуры 65°C, дальнейшее повышение температуры в сушилке осуществлялось за счет электрической печи. За счет использования солнечной энергии потребление электроэнергии сушилкой при температурах сушки 80°C, 90°C, 100°C экономилось в среднем на 2,1 кВт/час, 1,9 кВт/час и 1,8 кВт/час соответственно.

При испытании опытный образец комбинированного энергосберегающего сушильного устройства для сушки сельскохозяйственных зерновых продуктов показал бесперебойную работу и среднюю производительность сушки семян подсолнечника 40 кг/час при среднем влагосъеме 7.8% за проход.

При испытаниях сушилки выявилось неудобство эксплуатации, выражающееся в необходимости постоянного поворота установки по направлению к солнцу.

Указанное замечание не снижает прочие эксплуатационные достоинства сушилки и рекомендуется к серийному производству.

От ООО «METALL GRID»:

Файзиев Ш.Б. 
Шоазизов Ф.Н. 
Рузиев А. 

От ТГТУ:

Мухитдинов Д.П. 
Мухамедханов У.Т. 
Искандаров З.Э. 
Сафаров Э.Х. 



**Илмий тадқиқотнинг илмий ва амалий натижаларини
ЖОРИЙ ҚИЛИШ ДАЛОЛАТНОМАСИ**

Ушбу далолатнома Сафаров Элёрбек Хасановичнинг “Қунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш”
(мавзу номи, давлат қайд рақами B2020.2.PhD/T1582)
мавзусидаги диссертация иши натижалари Андижон вилояти Балиқчи туманидаги
“Тўлқинов Мирзиё Боғлари” фермер хўжалигида жорий қилиш учун қабул
(жорий қилинган қорхона номи)
қилинганлигини тасдиқлайди.

1. Жорий қилинган натижалар тури: қунгабоқар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.
(қурилма, иш, технологиянинг эксплуатацияси, тизимнинг ишлаши)
2. Жорий қилиш қўламининг хусусиятлари: ягона
(ноёб, ягона, тўплам, оммавий, серияли)
3. Жорий қилиш шакли:
Қурилма: Қунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.
4. Илмий тадқиқот натижаларининг янгиллиги:
 - ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичнинг аналитик моделлаштириш асосида қунгабоқар уруғлари намлигини йўқотиш жараёнини моделлаштириш ва бошқариш имконини берадиган динамик модели ишлаб чиқилган;
 - қунгабоқар уруғларини ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичда қуритиш учун экспериментал тадқиқодлар ўтказиш услуби ишлаб чиқилган;
 - қунгабоқар уруғларини қуритишда тажрибани иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш усули асосида намлик йўқотилишини баһорат қилиш имконини берадиган эмпирик математик моделлар ишлаб чиқилган;
 - чизикли регрессион таҳлил асосида коллектордаги ҳавонинг қўшимча қизишини қуритиш тезлигининг ўзгаришига ва қурилманинг энергия тежамкорлигига таъсирини қўрсатувчи эмпирик математик модел ишлаб чиқилган.
(қашшоф, тубдан янги, сифат жиҳатидан янги, модификациялар, эски ишланмаларни модернизация қилиш)
5. Тажриба текшируви: 13.11.2021й. дан 30.11.2021й. гача, 30.06.2022й. дан 11.07.2022й. гача
(даврий белгилан)
6. Жорий қилинди: қунгабоқар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.
7. Йиллик иқтисодий самара: 4 517 272,5 сўм
(жорий қилишдан лойиҳагача)
8. Жорий қилиш ҳажми илмий тадқиқот иши ИТИ ва қафолатланган иқтисодий самарадорлик $I_{каф}$ нисбати ИТИ/ $I_{каф}$ якунида ҳисобланган қафолатланган иқтисодий самарани ҳисоблаш асосида ва шартнома тузишда $I_{каф}$ ни босқичма-босқич жорий қилишда жорий қилиш ҳажмининг 100 фоизини ташкил этади.

2-илованинг давоми

9. Ижтимоий ва илмий-техник самара: кунтабоқар донларини қайта ишлаш вақти ва харажатларини камайтириш, қуриш самарадорлигини ошириш.
(атроф-мухитни, ер ости бойликларини муҳофаза қилиш, меҳнат шaroитларини яхшилаш ва соғломлаштириш, бошқарув тузилмасини такомиллаштириш, илмий-техникавий соҳалар, махсус мақсадлар ва бошқалар)

ТГТУ дан

Илмий раҳбар

“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси
профессори, т.ф.д
Д.П. Мухитдинов



“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси
(PhD) таянч докторанти
Э.Х. Сафаров



Фермер хўжалигидан

Фермер хўжалиги раҳбари
А. Хайитов



Фермер хўжалиги вакили
А. Кодиров



“Кунгабокар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш” илмий-тадқиқот иши натижаларини жорий қилишдан иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш

Олинган илмий-техникавий натижаларнинг ишончлилигини тасдиқлаш мақсадида Андижон вилояти Балиқчи туманидаги “Тўлкинов Мирзиё Боғлари” фермер хўжалиғи учун кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор аппаратининг иш самарадорлигини текшириш бўйича тажриба-тадқиқот ишлари олиб борилди.

1. Жараёни жадаллаштириш орқали тежамкорликни ҳисоблаш.

Фермер хўжалиғида барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш аппаратидан фойдаланиш орқали кунгабокар донларини табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдори камаяди.

Қуритиш қурилмасининг ўртача кунлик унумдорлиғи: $A = 680$ кг/кун.

Йиллик иш кунлари сони: $B = 30$ кун.

Кунгабокар донларининг сотиш нархи: $H = 5000$ сўм.

Кунгабокар донларини табиий усулда қуритилгандаги йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_1 = 0.075$ улушини ташкил этади.

Кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қурилмада қуритиш орқали йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_2 = 0.015$ улушини ташкил этади.

Шундай қилиб, кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қуриткичда қуритиш орқали табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдорини камайтириш ҳисобиغا йиллик тежамкорлик $\Pi = (C_1 - C_2) \times A \times B \times H = (0.075 - 0.015) \times 680 \times 30 \times 5000 =$

$= 6\,120\,000$ сўм/йил га тенг.

2. Капитал ва эксплуатация харажатларни ҳисоблаш.

Миллий иқтисодиётда янги ускуналар, ихтиролар ва рационализаторлик таклифлардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлашда янги техникаларга режалаштирилган капитал қўйилмалар янги ускуналарни яратиш ва улардан фойдаланиш учун зарур бўлган тўғридан-тўғри ва бошқа бир марталик харажатларни ҳисобга олиши керак.

Юқоридагиларга асосланиб:

– кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган қурилманинг қиймати $K_{qx} = 6,450,000$ сўмни ташкил этади;

– қуритиш қурилмасига техник хизмат кўрсатиш, шу жумладан уни жорий таъмирлаш бўйича сарф-харажатлар, у томонидан истеъмол қилинадиган электр энергияси қиймати, иш пайтида истеъмол қилинадиган материаллар қиймати $K_{жр} = 0,05 \cdot K_{qx} = 322500$ сўм;

– комбинациялашган қуритиш қурилмасини монтаж қилиш харажатлари $K_m = 0,3 \cdot K_{qx} = 1\,935\,000$ сўм;

– иш ҳақи фонди, яъни, асосий ишчининг ойлик маоши, $K_o = 1,500,000$ сўм;

– илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш учун сарф-харажатлар, $K_{ити} = 477\,350$ сўм;

– сарф-харажатларнинг умумий суммасини қуйидагини ташкил этади:

$K_{ум} = K_{qx} + K_{жр} + K_m + K_o + K_{ити} = 10\,684\,850$ сўм.

2-илованинг давоми

Барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш қурилмасини жорий қилишнинг иқтисодий самараси қуйидагини ташкил этади:

$\mathcal{E}_{ис} = \Pi - E_m K_{ум} = 6\,120\,000 - 0.15 \cdot 10\,684\,850 = 6\,120\,000 - 1\,602\,727,5 = 4\,517\,272,5$ сўм,
бу ерда E_m – меъёрий самарадорлик коэффициентни.

Иқтисодий самарадорликни аниқлашда қурилманинг ўзини оқлаш муддати қурилманинг ишлашидан олинган иқтисодий самарани комбинациялашган қуритиш қурилмасини ишлаб чиқи ва жорий қилиш билан боғлиқ харажатлар билан таққосланадиган вақт даври сифатида белгиланади, яъни:

$$T = K_{ум} / \mathcal{E}_{ис} = 10\,684\,850 / 4\,517\,272,5 = 2,4 \text{ йил}$$

Ҳисоблашни амалга оширдилар:

“Тўлқинов Мирзиё Боғлари”
фермер хўжалиги вакили



А. Хайитов

“Тўлқинов Мирзиё Боғлари”
фермер хўжалиги вакили



А. Қодиров

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси профессори, т.ф.д.



Д. Мухитдинов

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси таянч докторанти



Э. Сафаров



“КЕЛИШИЛДИ”

Илмий ишлар ва
инновациялар бўйича
директор в.в.б:
С. Донаев
2022й.



“ТАСДИКЛАЙМАН”

“Пхтакор олтин тупроғи”
фермер хўжалиги раҳбари
И. Қамбаров
2022й.

Илмий тадқиқотнинг илмий ва амалий натижаларини

ЖОРИЙ ҚИЛИШ ДАЛОЛАТНОМАСИ

Мазкур далолатнома Сафаров Элёрбек Хасановичнинг 02.0016–“Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари (техника фанлари)” ихтисослиги бўйича Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/T1582 рақами билан рўйхатдан ўтган “Кунгабоқар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш”

(мавзу номи, давлат қайд рақами)

мавзусидаги диссертация иши натижалари Андижон вилояти Балиқчи туманидаги “Пхтакор олтин тупроғи” фермер хўжалигида жорий қилиш учун қабул

(жорий қилинган қорхона номи)

қилинганлигини тасдиқлайди.

1. Жорий қилинган натижалар тури: *кунгабоқар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.*

(қурилма, иш, технологиянинг эксплуатацияси, тизимнинг ишлаши)

2. Жорий қилиш қўламининг хусусиятлари: ягона

(новб, ягона, тўплам, оммавий, сериали)

3. Жорий қилиш шакли:

Қурилма: *Кунгабоқар донларини қуритишга мўлжалланган комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.*

4. Илмий тадқиқот натижаларининг янгилиги:

- ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичнинг аналитик моделлаштириш асосида кунгабоқар уруғлари намлигини йўқотиш жараёнини моделлаштириш ва бошқариш имконини берадиган динамик модели ишлаб чиқилган;
- кунгабоқар уруғларини ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичда қуритиш учун экспериментал тадқиқодлар ўтказиш услуги ишлаб чиқилган;
- кунгабоқар уруғларини қуритишда тажрибани иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш усули асосида намлик йўқотилишини башорат қилиш имконини берадиган эмпирик математик моделлар ишлаб чиқилган;
- чизиқли регрессион таҳлил асосида коллектордаги ҳавонинг қўшимча қизишини қуритиш тезлигининг ўзгаришига ва қурилманинг энергия тежамкорлигига таъсирини кўрсатувчи эмпирик математик модел ишлаб чиқилган.

(қашшоф, тўплам янги, сифат жиҳатидан янги, модификациялар, эски ишланмаларни модернизация қилиш)

5. Тажриба текшируви: 22.10.2021й. дан 12.11.2021й. гача, 30.07.2022й. дан 14.08.2022й. гача

(даврини белгилаш)

6. Жорий қилинди: *кунгабоқар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.*

7. Йиллик иқтисодий самара: 5 760 772,5сўм

(жорий қилишдан кейинсано)

8. Жорий қилиш ҳажми илмий тадқиқот иши ИТИ ва қафолатланган иқтисодий самарадорлик $I_{\text{заф}}$ нисбати ИТИ/ $I_{\text{заф}}$ якунида ҳисобланган қафолатланган

2-илованинг давоми

иқтисодий самарани ҳисоблаш асосида ва шартнома тузишда И_{каф} ни босқичма-босқич жорий қилишда жорий қилиш ҳажмининг 100 фоизини ташкил этади.

9. Ижтимоий ва илмий-техник самара: *кунгабоқар донларини қайта ишлаш вақти ва харажатларини камайтириш, қуриш самарадорлигини ошириш.*

(атроф-мухитни, ер ости бойликларини муҳофаза қилиш, меҳнат шaroитларини яхшилаш ва соғломлаштириш, бошқарув тузилмасини такомиллаштириш, илмий-техникавий соҳалар, махсус мақсадлар ва бошқалар)

ТГТУ дан

Илмий рахбар

“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси

профессори, т.ф.д

Д.П. Мухитдинов

“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси

(PhD) таянч докторанти

Э.Х. Сафаров

Фермер хўжалигидан

Фермер хўжалиги рахбари

И. Қамбаров

Фермер хўжалиги вакили

М. Хайдаров

“Кунгабокар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш” илмий-тадқиқот иши натижаларини жорий қилишдан иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш

Олинган илмий-техникавий натижаларнинг ишончлилигини тасдиқлаш мақсадида Андижон вилояти Балиқчи туманидаги “Пахтакор олтин тупроғи” фермер хўжалиги учун кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор аппаратининг иш самарадорлигини текшириш бўйича тажриба-тадқиқот ишлари олиб борилди.

1. Жараёни жадаллаштириш орқали тежамкорликни ҳисоблаш.

Фермер хўжалигида барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш аппаратидан фойдаланиш орқали кунгабокар донларини табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдори камаяди.

Қуритиш қурилмасининг ўртача кунлик унумдорлиги: $A = 675$ кг/кун.

Йиллик иш кунлари сони: $B = 38$ кун.

Кунгабокар донларининг сотиш нархи: $H = 5000$ сўм.

Кунгабокар донларини табиий усулда қуритилгандаги йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_1 = 0.073$ улушини ташкил этади.

Кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қурилмада қуритиш орқали йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_2 = 0.015$ улушини ташкил этади.

Шундай қилиб, кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қуриткичда қуритиш орқали табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдорини камайтириш ҳисобиغا йиллик тежамкорлик $P = (C_1 - C_2) \times A \times B \times H = (0.073 - 0.015) \times 675 \times 38 \times 5000 = 7\,438\,500$ сўм/йил га тенг.

2. Капитал ва эксплуатация харажатларини ҳисоблаш.

Миллий иқтисодиётда янги ускуналар, ихтиролар ва рационализаторлик таклифлардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлашда янги техникаларга режалаштирилган капитал қўйилмалар янги ускуналарни яратиш ва улардан фойдаланиш учун зарур бўлган тўғридан-тўғри ва бошқа бир марталик харажатларни ҳисобга олиши керак.

Юқоридагиларга асосланиб:

– кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган қурилманинг қиймати $K_{кх} = 6,450,000$ сўмни ташкил этади;

– қуритиш қурилмасига техник хизмат кўрсатиш, шу жумладан уни жорий таъмирлаш бўйича сарф-харажатлар, у томонидан истеъмол қилинадиган электр энергияси қиймати, иш пайтида истеъмол қилинадиган материаллар қиймати $K_{эср} = 0,05 \cdot K_{кх} = 322\,500$ сўм;

– комбинациялашган қуритиш қурилмасини монтаж қилиш харажатлари $K_{м} = 0,3 \cdot K_{кх} = 1\,935\,000$ сўм;

– иш ҳақи фонди, яъни, асосий ишчининг ойлик маоши, $K_o = 2000,000$ сўм;

– илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш учун сарф-харажатлар, $K_{ити} = 477\,350$ сўм;

– сарф-харажатларнинг умумий суммасини қуйидагини ташкил этади:

$$K_{ум} = K_{кх} + K_{эср} + K_{м} + K_o + K_{ити} = 11\,184\,850 \text{ сўм.}$$

2-илованинг давоми

Барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш қурилмасини жорий қилишнинг иқтисодий самараси қуйидагини ташкил этади:

$\mathcal{E}_{ис} = П - E_m K_{ум} = 7\,438\,500 - 0.15 \cdot 11\,184\,850 = 7\,438\,500 - 1\,677\,727,5 = 5\,760\,772,5 \text{ сўм,}$
бу ерда E_m – меъёрий самарадорлик коэффициенти.

Иқтисодий самарадорликни аниқлашда қурилманинг ўзини оқлаш муддати қурилманинг ишлашдан олинган иқтисодий самарани комбинациялашган қуритиш қурилмасини ишлаб чиқи ва жорий қилиш билан боғлиқ харажатлар билан таққосланадиган вақт даври сифатида белгиланади, яъни:

$$T = K_{ум} / \mathcal{E}_{ис} = 11\,184\,850 / 5\,760\,772,5 = 1,9 \text{ йил}$$

Ҳисоблашни амалга оширдилар:

“Пахтакор олтин тупроғи”
фермер хўжалиги вакили



И. Қамбаров

“Пахтакор олтин тупроғи”
фермер хўжалиги вакили



М. Ҳайдаров

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси профессори, т.ф.д.



Д. Мухитдинов

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси таянч докторанти



Э. Сафаров



Илмий тадқиқотнинг илмий ва амалий натижаларининг

ЖОРИЙ ҚИЛИШ ДАЛОЛАТНОМАСИ

Ушбу далолатнома Сафаров Элёрбек Хасановичнинг 02.0016–“Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари (техника фанлари)” ихтисослиги бўйича 01.01.2020 дан 30.09.2022 йилгача даврда Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган, техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) даражасини олиш учун Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/T1582 рақами билан рўйхатдан ўтган “Кунгабокар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш”

(мавзу номи, давлат қўйд рақами)

мавзусидаги диссертация иши натижалари Андижон вилояти Балиқчи туманидаги “Холмирза Болтабоев ишончи” фермер хўжалигида жорий қилиш учун қабул

(жорий қилинган қорхона номи)

қилинганлигини тасдиқлайди.

1. Жорий қилинган натижалар тури: кунгабокар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.

(қурилма, иш, технологиянинг эксплуатацияси, тизимнинг ишлаши)

2. Жорий қилиш кўламининг хусусиятлари: ягона

(ноёб, ягона, тўплам, оммавий, серияли)

3. Жорий қилиш шакли:

Қурилма: Кунгабокар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат.

4. Илмий тадқиқот натижаларининг янгилиги:

- ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичнинг аналитик моделлаштириш асосида кунгабокар уруғлари намлигини йўқотиш жараёнини моделлаштириш ва бошқариш имконини берадиган динамик модели ишлаб чиқилган;
- кунгабокар уруғларини ишлаб чиқилган барабан типидagi қуриткичда қуритиш учун экспериментал тадқиқодлар ўтказиш услуби ишлаб чиқилган;
- кунгабокар уруғларини қуритишда тажрибани иккинчи тартибли ротатабелли режалаштириш усули асосида намлик йўқотилишини башорат қилиш имконини берадиган эмпирик математик моделлар ишлаб чиқилган;
- чизикли регрессион таҳлил асосида коллектордаги ҳавонинг қўшимча кизишини қуритиш тезлигининг ўзгаришига ва қурилманинг энергия тежамкорлигига таъсирини кўрсатувчи эмпирик математик модел ишлаб чиқилган.

(кашшоф, тублан янги, сифат жиҳатидан янги, модификациялар, эски ишланмаларин модернизация қилиш)

5. Тажиба текшируви: 28.09.2021й. дан 21.10.2021й. гача, 12.07.2022й. дан 29.07.2022й. гача

(даври белгилаш)

6. Жорий қилинди: кунгабокар донларини қуритувчи барабан типидagi комбинациялашган энергия тежамкор қурилма.

7. Йиллик иқтисодий самара: 5 952 772,5 сўм

(жорий қилинган лойиҳагача)

2-илованинг давоми

8. Жорий қилиш ҳажми илмий тадқиқот иши ИТИ ва кафолатланган иқтисодий самарадорлик $I_{\text{каф}}$ нисбати $\text{ИТИ}/I_{\text{каф}}$ якунида ҳисобланган кафолатланган иқтисодий самарани ҳисоблаш асосида ва шартнома тузишда $I_{\text{каф}}$ ни босқичма-босқич жорий қилишда жорий қилиш ҳажмининг 100 фоизини ташкил этади.
9. Ижтимоий ва илмий-техник самара: қўнғабоқар донларини қайта ишлаш вақти ва харажатларини камайтириш, қуриштириш самарадорлигини ошириш.
(атроф-мухитни, ер ости бойликларини муҳофаза қилиш, меҳнат шартларини яхшилаш ва соғломлаштириш, бошқарув тузилмасини такомиллаштириш, илмий-техникавий соҳалар, махсус мақсадлар ва бошқалар)

ТГТУ дан

Илмий раҳбар

“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси

профессори, т.ф.д

Д.П. Мухитдинов

“Ишлаб чиқари жараёнларини
автоматлаштириш” кафедраси

(PhD) таянч докторанти

Э.Х. Сафаров

Фермер хўжалигидан

Фермер хўжалиги раҳбари

А. Болтабоев

Фермер хўжалиги вакили

А. Болтабоев

“Кунгабокар донларини қуритиш учун комбинациялашган энергия тежамкор аппарат ишлаб чиқиш” илмий-тадқиқот иши натижаларини жорий қилишдан иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш

Олинган илмий-техникавий натижаларнинг ишончлилигини тасдиқлаш мақсадида Андижон вилояти Балиқчи туманидаги “Холмирза Болтабоев ишончи” фермер хўжалиги учун кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор аппаратининг иш самарадорлигини текшириш бўйича тажриба-тадқиқот ишлари олиб борилди.

1. Жараёни жадаллаштириш орқали тежамкорликни ҳисоблаш.

Фермер хўжалигида барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш аппаратидан фойдаланиш орқали кунгабокар донларини табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдори камаяди.

Қуритиш қурilmасининг ўртача қунлик унумдорлиги: $A = 650 \text{ кг/кун}$.

Йиллик иш қунлари сони: $B = 42 \text{ кун}$.

Кунгабокар донларининг сотиш нархи: $H = 5000 \text{ сўм}$.

Кунгабокар донларини табиий усулда қуритилгандаги йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_1 = 0.071$ улушини ташкил этади.

Кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қурilmада қуритиш орқали йўқотишлар миқдори умумий доннинг ўртача $C_2 = 0.014$ улушини ташкил этади.

Шундай қилиб, кунгабокар донларини барабан типдаги комбинациялашган қуриткичда қуритиш орқали табиий қуритишдаги йўқотишлар миқдорини камайтириш ҳисобига йиллик тежамкорлик $\Pi = (C_1 - C_2) \times A \times B \times H = (0.071 - 0.014) \times 650 \times 42 \times 5000 = 7\,780\,500 \text{ сўм/йил га тенг}$.

2. Капитал ва эксплуатация харажатларни ҳисоблаш.

Миллий иқтисодиётда янги ускуналар, ихтиролар ва рационализаторлик таклифлардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлашда янги техникаларга режалаштирилган капитал қўйилмалар янги ускуналарни яратиш ва улардан фойдаланиш учун зарур бўлган тўғридан-тўғри ва бошқа бир марталик харажатларни ҳисобга олиши керак.

Юқоридагиларга асосланиб:

- кунгабокар донларини қуритувчи барабан типдаги комбинациялашган қурilmанинг қиймати $K_{\text{ққ}} = 6,450,000 \text{ сўмни}$ ташкил этади;
- қуритиш қурilmасига техник хизмат кўрсатиш, шу жумладан уни жорий таъмирлаш бўйича сарф-харажатлар, у томонидан истеъмол қилинадиган электр энергияси қиймати, иш пайтида истеъмол қилинадиган материаллар қиймати $K_{\text{жр}} = 0,05 \cdot K_{\text{ққ}} = 322\,500 \text{ сўм}$;
- комбинациялашган қуритиш қурilmасини монтаж қилиш харажатлари $K_{\text{м}} = 0,3 \cdot K_{\text{ққ}} = 1\,935\,000 \text{ сўм}$;
- иш ҳақи фонди, яъни, асосий ишчининг ойлик маоши, $K_{\text{о}} = 3,000,000 \text{ сўм}$;
- илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш учун сарф-харажатлар, $K_{\text{ити}} = 477\,350 \text{ сўм}$;
- сарф-харажатларнинг умумий суммасини қуйидагини ташкил этади:
 $K_{\text{ум}} = K_{\text{ққ}} + K_{\text{жр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{о}} + K_{\text{ити}} = 12\,184\,850 \text{ сўм}$.

2-илованинг давоми

Барабан типдаги комбинациялашган энергия тежамкор қуритиш қурилмасини жорий қилишнинг иқтисодий самараси қуйидагини ташкил этади:

$\mathcal{E}_{ис} = П - E_m K_{ум} = 7\,780\,500 - 0.15 \cdot 12\,184\,850 = 7\,780\,500 - 1\,827\,727,5 = 5\,952\,772,5$ сўм,
бу ерда E_m – меъёрий самарадорлик коэффициентлари.

Иқтисодий самарадорликни аниқлашда қурилманинг ўзини оқлаш муддати қурилманинг ишлашидан олинган иқтисодий самарани комбинациялашган қуритиш қурилмасини ишлаб чиқи ва жорий қилиш билан боғлиқ харажатлар билан таққосланадиган вақт даври сифатида белгиланади, яъни:

$$T = K_{ум} / \mathcal{E}_{ис} = 12\,184\,850 / 5\,952\,772,5 = 2 \text{ йил}$$

Ҳисоблашни амалга оширдилар:

“Холмирза Болтабоев ишончи”
фермер хўжалиги вакили



А. Болтабоев

“Холмирза Болтабоев ишончи”
фермер хўжалиги вакили



А. Болтабоев

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси профессори, т.ф.д.



Д. Мухитдинов

ТДТУ “Ишлаб чиқариш
жараёнларини автоматлаштириш”
кафедраси таянч докторанти



Э. Сафаров

IJRO.GOV.UZ тизими орқали ЭРИ билан тасдиқланган, Хужжат коди: PE14969812



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGI VAZIRLIGI

100140, Toshkent viloyati, Qibray tumani, Universitet ko'chasi, 2-uy, tel.: (998-71) 204-70-30,
Ishonch telefoni: (998-71) 204-70-65, www.agro.uz, el. manzil: info@agro.uz, agro@exat.uz



2022 -yil 16-dekabr

07/31-9452-son

MA'LUMOTNOMA

E.X. Safarovning dissertatsiya ishi natijalari asosida ishlab chiqilgan kungaboqar donlarini qurituvchi baraban tipidagi kombinatsiyalashgan energiya tejamkor apparat Baliqchi tumanidagi "Xolmirza Boltaboev ishonchi", "Paxtakor oltin tuprog'i", "To'liqinov Mirziyo Bog'lari" fermer xo'jaliklarida tadbiq etilgan (03.10.2022, 04.10.2022, 05.10.2022 dalolatnomalar).

Ishning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat: kungaboqar urug'larini quritish uchun quyosh issiqlik energiyasidan qo'shimcha foydalanish hisobiga quritish samaradorligini oshirish va elektr energiya iste'molini kamaytirish imkonini beradigan baraban tipidagi kombinatsiyalashgan apparat konstruksiyasi ishlab chiqilgan; tajribani rejalashtirish usuli asosida ishlab chiqilgan quritkichda kungaboqar urug'larini quritish jarayoni uchun aniq tajriba qiymatlarini olish imkonini beradigan tajribaviy tadqiqotlar o'tkazish uslubi ishlab chiqilgan; ishlab chiqilgan quritkichda kungaboqar urug'larini quritish jarayonida tajribani ikkinchi tartibli rotatabelli rejalashtirish usuli asosida namsizlantirishni bashorat qilish imkonini beradigan empirik matematik modellar ishlab chiqilgan; kungaboqar urug'larini quritishda tajribani chiziqli regression tahlil qilish asosida kollektordagi havoning qo'shimcha qizishini quritkichning energiya tejamkorligiga ta'sirini ko'rsatuvchi empirik matematik model ishlab chiqilgan.

Kombinatsiyalashgan quritish apparatida quyosh issiqlik energiyasidan qo'shimcha foydalanish hisobiga elektr energiya iste'moli 691 Vt•soatgacha iqtisod qilindi, quritish vaqti 15% ga qisqardi, unumdorlik 17,6% ga ortdi va quritish jarayoni 1,3 barobarga tezlashdi.

2-илованинг давоми

IJRO.GOV.UZ тизими орқали ЭРИ билан тасдиқланган, Хужжат коди: PE14969812
Kungaboqar donlarini baraban tipidagi kombinatsiyalashgan energiya
tejamkor quritish apparati yordamida quritilganda tabiiy usulda quritilgandagi
yo‘qotishlar miqdori o‘rtacha 5,83 % ga kamaygan. Shuning hisobiga fermer
xo‘jaliklarida umumiy miqdorda yiliga 16 mln. 230 ming so‘m iqtisodiy
samaradorlikka erishilgan.

Vazir o‘rinbosari



A. Turayev

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,602
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,57
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,575
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,547
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,59
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,55
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,563
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,52
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,493
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,442
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,373
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,255
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,461
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,43
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,288
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,24
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,453
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,39
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,545
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,331
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,562
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,47
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,713
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,298
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,392
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,458
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,42
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,454
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,452
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,383

3-иловининг давоми

2.3-жадвал

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	y_{xuc}	$\bar{y}_u - y_{xuc}$	$(\bar{y}_u - y_{xuc})^2$
1	1,602	1,647	-0,045	0,002025
2	1,57	1,607	-0,037	0,001369
3	1,575	1,627	-0,052	0,002704
4	1,547	1,587	-0,04	0,0016
5	1,59	1,613	-0,023	0,000529
6	1,55	1,573	-0,023	0,000529
7	1,563	1,593	-0,03	0,0009
8	1,52	1,553	-0,033	0,001089
9	1,493	1,527	-0,034	0,001156
10	1,442	1,487	-0,045	0,002025
11	1,373	1,347	0,026	0,000676
12	1,255	1,307	-0,052	0,002704
13	1,461	1,493	-0,032	0,001024
14	1,43	1,453	-0,023	0,000529
15	1,288	1,313	-0,025	0,000625
16	1,24	1,273	-0,033	0,001089
17	1,453	1,5	-0,047	0,002209
18	1,39	1,42	-0,03	0,0009
19	1,545	1,56	-0,015	0,000225
20	1,331	1,36	-0,029	0,000841
21	1,562	1,574	-0,012	0,000144
22	1,47	1,506	-0,036	0,001296
23	1,713	1,74	-0,027	0,000729
24	1,298	1,34	-0,042	0,001764
25	1,392	1,38	0,012	0,000144
26	1,458	1,38	0,078	0,006084
27	1,42	1,38	0,04	0,0016
28	1,454	1,38	0,074	0,005476
29	1,4	1,38	0,02	0,0004
30	1,452	1,38	0,072	0,005184
31	1,383	1,38	0,003	0,000009
Жами:				0,047578

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,573
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,53
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,514
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,45
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,544
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,502
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,476
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,432
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,392
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,342
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,242
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,201
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,365
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,335
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,22
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,173
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,416
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,366
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,547
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,228
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,445
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,341
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,692
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,248
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,397
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,332
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,393
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,367
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,33
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,395
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328

3-илованинг давоми

2.7-жадвал

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	$y_{хис}$	$\bar{y}_u - y_{хис}$	$(\bar{y}_u - y_{хис})^2$
1	1,573	1,613	-0,04	0,0016
2	1,53	1,573	-0,043	0,001849
3	1,514	1,533	-0,019	0,000361
4	1,45	1,493	-0,043	0,001849
5	1,544	1,579	-0,035	0,001225
6	1,502	1,539	-0,037	0,001369
7	1,476	1,499	-0,023	0,000529
8	1,432	1,459	-0,027	0,000729
9	1,392	1,433	-0,041	0,001681
10	1,342	1,393	-0,051	0,002601
11	1,242	1,273	-0,031	0,000961
12	1,201	1,233	-0,032	0,001024
13	1,365	1,399	-0,034	0,001156
14	1,335	1,359	-0,024	0,000576
15	1,22	1,239	-0,019	0,000361
16	1,173	1,199	-0,026	0,000676
17	1,416	1,446	-0,03	0,0009
18	1,366	1,366	0	0
19	1,547	1,526	0,021	0,000441
20	1,228	1,286	-0,058	0,003364
21	1,445	1,44	0,005	0,000025
22	1,341	1,372	-0,031	0,000961
23	1,692	1,706	-0,014	0,000196
24	1,248	1,266	-0,018	0,000324
25	1,397	1,326	0,071	0,005041
26	1,332	1,326	0,006	0,000036
27	1,393	1,326	0,067	0,004489
28	1,367	1,326	0,041	0,001681
29	1,33	1,326	0,004	0,000016
30	1,395	1,326	0,069	0,004761
31	1,328	1,326	0,002	0,000004
Жами:				0,040786

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,53
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,475
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,455
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,393
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,485
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,435
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,42
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,367
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	1,375
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	1,326
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	1,225
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	1,168
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1,338
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	1,306
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	1,188
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,15
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,392
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,337
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,523
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,206
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,402
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,328
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,686
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,241
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,321
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,371
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,374
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,315
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,384
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,318
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,386

3-иловининг давоми

2.11-жадвал

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	y_{xuc}	$\bar{y}_u - y_{xuc}$	$(\bar{y}_u - y_{xuc})^2$
1	1,53	1,562	-0,032	0,001024
2	1,475	1,522	-0,047	0,002209
3	1,455	1,482	-0,027	0,000729
4	1,393	1,442	-0,049	0,002401
5	1,485	1,528	-0,043	0,001849
6	1,435	1,488	-0,053	0,002809
7	1,42	1,448	-0,028	0,000784
8	1,367	1,408	-0,041	0,001681
9	1,375	1,402	-0,027	0,000729
10	1,326	1,362	-0,036	0,001296
11	1,225	1,242	-0,017	0,000289
12	1,168	1,202	-0,034	0,001156
13	1,338	1,368	-0,03	0,0009
14	1,306	1,328	-0,022	0,000484
15	1,188	1,208	-0,02	0,0004
16	1,15	1,168	-0,018	0,000324
17	1,392	1,4	-0,008	0,000064
18	1,337	1,32	0,017	0,000289
19	1,523	1,48	0,043	0,001849
20	1,206	1,24	-0,034	0,001156
21	1,402	1,394	0,008	0,000064
22	1,328	1,326	0,002	0,000004
23	1,686	1,66	0,026	0,000676
24	1,241	1,26	-0,019	0,000361
25	1,321	1,3	0,021	0,000441
26	1,371	1,3	0,071	0,005041
27	1,374	1,3	0,074	0,005476
28	1,315	1,3	0,015	0,000225
29	1,384	1,3	0,084	0,007056
30	1,318	1,3	0,018	0,000324
31	1,386	1,3	0,086	0,007396
Жами:				0,049486

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22,5
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	20,5
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	31,3
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	29,5
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	21,6
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	19,5
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	30,5
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	28,5
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	16,5
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	20
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	21
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	13,5
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	14,8
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	13
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	16
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12,6
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	21,2
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	16,6
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	14,6
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	24,9
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	22,7
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	15,5
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32,3
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10,6
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,7
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,4
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,3
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,2
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,1
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,1

3-иловининг давоми

2.15-жадвал

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	y_{xuc}	$\bar{y}_u - y_{xuc}$	$(\bar{y}_u - y_{xuc})^2$
1	22,5	21,94	0,56	0,3136
2	20,5	19,74	0,76	0,5776
3	31,3	31,14	0,16	0,0256
4	29,5	28,94	0,56	0,3136
5	21,6	19,2	2,4	5,76
6	19,5	17	2,5	6,25
7	30,5	28,4	2,1	4,41
8	28,5	26,2	2,3	5,29
9	16,5	16,54	-0,04	0,0016
10	20	14,34	5,66	32,0356
11	21	16,54	4,46	19,8916
12	13,5	14,34	-0,84	0,7056
13	14,8	13,8	1	1
14	13	11,6	1,4	1,96
15	16	13,8	2,2	4,84
16	12,6	11,6	1	1
17	21,2	20,07	1,13	1,2769
18	16,6	15,67	0,93	0,8649
19	14,6	13,27	1,33	1,7689
20	24,9	22,47	2,43	5,9049
21	22,7	20,61	2,09	4,3681
22	15,5	15,13	0,37	0,1369
23	32,3	32,67	-0,37	0,1369
24	10,6	12,67	-2,07	4,2849
25	16,7	17,87	-1,17	1,3689
26	20,4	17,87	2,53	6,4009
27	18,3	17,87	0,43	0,1849
28	20,2	17,87	2,33	5,4289
29	17,1	17,87	-0,77	0,5929
30	20,1	17,87	2,23	4,9729
31	16,1	17,87	-1,77	3,1329
Жами:				125,1995

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матричаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	21,2
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	19
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	28,7
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	25,5
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	19,7
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	17,4
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	26,8
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	24,6
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	10,9
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	7,6
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	13
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	10,1
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	9,2
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	7,1
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	11,5
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	7,9
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	18,1
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	15,1
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	14,7
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	18,6
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	19,7
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	13,5
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	31,4
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7,1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,7
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,8
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7

3-иловининг давоми

2.19-жадвал

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	$y_{хис}$	$\bar{y}_u - y_{хис}$	$(\bar{y}_u - y_{хис})^2$
1	21,2	21,2	0	0
2	19	18,8	0,2	0,04
3	28,7	27,4	1,3	1,69
4	25,5	25	0,5	0,25
5	19,7	19,2	0,5	0,25
6	17,4	16,8	0,6	0,36
7	26,8	25,4	1,4	1,96
8	24,6	23	1,6	2,56
9	10,9	10,8	0,1	0,01
10	7,6	8,4	-0,8	0,64
11	13	11,8	1,2	1,44
12	10,1	9,4	0,7	0,49
13	9,2	8,8	0,4	0,16
14	7,1	6,4	0,7	0,49
15	11,5	9,8	1,7	2,89
16	7,9	7,4	0,5	0,25
17	18,1	16,8	1,3	1,69
18	15,1	12	3,1	9,61
19	14,7	10,8	3,9	15,21
20	18,6	18	0,6	0,36
21	19,7	16,4	3,3	10,89
22	13,5	12,4	1,1	1,21
23	31,4	32,2	-0,8	0,64
24	7,1	6,2	0,9	0,81
25	17	14,4	2,6	6,76
26	13	14,4	-1,4	1,96
27	16,7	14,4	2,3	5,29
28	15,1	14,4	0,7	0,49
29	12,8	14,4	-1,6	2,56
30	16,8	14,4	2,4	5,76
31	12,7	14,4	-1,7	2,89
Жами:				79,61

Режалаштирилган марказий композицион тажриба матрицаси

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	$(x_3)^2$	$(x_4)^2$	$\bar{y}_u$
1	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19
2	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	15,9
3	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	25,8
4	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	22,5
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	16,5
6	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	13,6
7	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	23,9
8	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	20,9
9	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	9,8
10	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	6,5
11	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	11,8
12	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	7,5
13	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	7,3
14	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	5,1
15	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	9,1
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6,1
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	16,7
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	13,2
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	13,3
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	17,1
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	17,3
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	12,7
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	31,2
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6,5
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,2
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,4
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,6
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,8
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,2
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,3

3-иловининг давоми**2.23-жадвал**

Регрессия тенгламасини ечиш натижасида олинган чиқувчи омил қийматлари

№	$\bar{y}_u$	$y_{хис}$	$\bar{y}_u - y_{хис}$	$(\bar{y}_u - y_{хис})^2$
1	19	20,13	-1,13	1,2769
2	15,9	17,53	-1,63	2,6569
3	25,8	26,33	-0,53	0,2809
4	22,5	23,73	-1,23	1,5129
5	16,5	17,93	-1,43	2,0449
6	13,6	15,33	-1,73	2,9929
7	23,9	24,13	-0,23	0,0529
8	20,9	21,53	-0,63	0,3969
9	9,8	10,93	-1,13	1,2769
10	6,5	8,33	-1,83	3,3489
11	11,8	11,53	0,27	0,0729
12	7,5	8,93	-1,43	2,0449
13	7,3	8,73	-1,43	2,0449
14	5,1	6,13	-1,03	1,0609
15	9,1	9,33	-0,23	0,0529
16	6,1	6,73	-0,63	0,3969
17	16,7	16,43	0,27	0,0729
18	13,2	11,23	1,97	3,8809
19	13,3	10,43	2,87	8,2369
20	17,1	17,23	-0,13	0,0169
21	17,3	16,03	1,27	1,6129
22	12,7	11,63	1,07	1,1449
23	31,2	29,83	1,37	1,8769
24	6,5	5,83	0,67	0,4489
25	12,2	13,83	-1,63	2,6569
26	15,4	13,83	1,57	2,4649
27	15,6	13,83	1,77	3,1329
28	11,8	13,83	-2,03	4,1209
29	16,2	13,83	2,37	5,6169
30	12	13,83	-1,83	3,3489
31	16,3	13,83	2,47	6,1009
Жами:				66,2479

3-илованинг давоми

2.27-жадвал

Ҳисобланган қийматлар билан тажриба қийматлари

У	У _{хис}	У-У _{хис}	(У-У _{хис}) ²
2410	2421	-11	121
2893	2901	-8	64
2285	2235,8	49,2	2420,64
2685	2715,8	-30,8	948,64
2655	2700,2	-45,2	2043,04
3244	3180,2	63,8	4070,44
2520	2515	5	25
2971	2995	-24	576
Жами			10268,76

2.30-жадвал

Ҳисобланган қийматлар билан тажриба қийматлари

№	У	У _{хис}	У-У _{хис}	(У-У _{хис}) ²
1	2815	2816	-1	1
2	3347	3370	-23	529
3	2728	2704	24	576
4	2951	2950	1	1
5	3214	3214	0	0
6	3794	3768	26	676
7	3077	3102	-25	625
8	3348	3348	0	0
Жами				2408

4-илова**2.4-жадвал**

Модель ва тажриба асосида топилган масса ўзгариш қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 80°C).

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	2	2	0
18	1,786	1,713	0,073
36	1,566	1,542	0,024
54	1,425	1,422	0,003
72	1,364	1,33	0,034
90	1,383	1,298	0,085

2.8-жадвал

Модель ва тажриба асосида топилган масса ўзгариш қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 90°C).

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	2	2	0
18	1,687	1,69	-0,003
36	1,467	1,489	-0,022
54	1,326	1,366	-0,04
72	1,265	1,264	0,001
90	1,284	1,248	0,036

2.12-жадвал

Модель ва тажриба асосида топилган масса ўзгариш қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 100°C).

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	2	2	0
18	1,661	1,685	-0,024
36	1,441	1,479	-0,038
54	1,3	1,354	-0,054
72	1,239	1,25	-0,011
90	1,258	1,238	0,02

4-илованинг давоми

2.16-жадвал

Модель ва тажриба асосида ҳисобланган қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 80°C). намлик йўқотилиш

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	42	42	0
18	32,7	33,4	-0,7
36	24,1	26,2	-2,1
54	17,9	20	-2,1
72	14,1	14,7	-0,6
90	12,7	9,9	2,8

2.20-жадвал

Модель ва тажриба асосида ҳисобланган қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 90°C). намлик йўқотилиш

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	42	42	0
18	32,2	31,4	0,8
36	22,1	22,1	0
54	14,5	15,1	-0,6
72	9,22	8,2	1,02
90	6,37	7,1	-0,73

2.24-жадвал

Модель ва тажриба асосида ҳисобланган қийматлари таққосланиши (қуритиш ҳарорати 100°C). намлик йўқотилиш

Z4	Y _{модель} , кг	Y _{таж.} кг	ΔY, кг
0	42	42	0
18	29,8	31,2	-1,4
36	20,9	21,6	-0,7
54	13,9	14,3	-0,4
72	8,93	7,2	1,73
90	5,98	6,3	-0,32

5-илова**3.10-жадвал.**

Қуритиш агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ, дақ.	t _{кир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	21	38	17
2.	18	26	39	13
3.	18	28	38	10
4.	18	29	39	10
5.	18	30	39	9

3.11-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ, дақ.	t _{кир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	22	41	19
2.	18	27	41	14
3.	18	30	42	12
4.	18	33	42	9
5.	18	35	42	7

3.12-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (булутли шароитда).

№	τ, дақ.	t _{кир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	22	42	20
2.	18	28	42	14
3.	18	31	42	11
4.	18	34	42	8
5.	18	36	42	6

5-илованинг давоми**3.13-жадвал.**

Қуритиш агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{қир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	21	43	22
2.	18	28	43	15
3.	18	33	43	10
4.	18	36	43	7
5.	18	38	44	6

3.14-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{қир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	22	44	22
2.	18	28	44	16
3.	18	35	44	9
4.	18	37	45	8
5.	18	38	45	7

3.15-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши (ёз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{қир.} , °C	t _{чик.} , °C	Δt, °C
1.	18	21	44	23
2.	18	29	44	15
3.	18	35	45	10
4.	18	38	45	7
5.	18	39	45	6

5-илованинг давоми**3.16-жадвал.**

Қуритиш агенти ҳарорати 80°C бўлганда дон ҳароратининг ўзгариши
(куз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{кир} , °C	t _{чик} , °C	Δt, °C
1.	18	21	41	20
2.	18	25	41	16
3.	18	29	41	12
4.	18	31	42	11
5.	18	34	42	8

3.17-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 90°C бўлганда дон ҳароратининг
ўзгариши (куз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{кир} , °C	t _{чик} , °C	Δt, °C
1.	18	22	41	19
2.	18	27	42	15
3.	18	30	42	12
4.	18	34	42	8
5.	18	35	42	7

3.18-жадвал.

Қуритиш агенти ҳарорати 100°C бўлганда дон ҳароратининг
ўзгариши (куз ойида, қуёшли кун).

№	τ, дақ.	t _{кир} , °C	t _{чик} , °C	Δt, °C
1.	18	22	43	21
2.	18	29	43	14
3.	18	32	43	11
4.	18	35	44	9
5.	18	37	44	7

5-илованинг давоми**3.19-жадвал.**

Қуритиш агенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(ёз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 80°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,764	1,713	1,688
36	1,58	1,542	1,523
54	1,456	1,422	1,405
72	1,361	1,33	1,315
90	1,318	1,298	1,288

3.20-жадвал.

Қуритиш агенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(ёз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 90°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,738	1,69	1,652
36	1,529	1,489	1,461
54	1,401	1,366	1,341
72	1,293	1,264	1,25
90	1,272	1,248	1,241

3.21-жадвал.

Қуритиш аагенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(ёз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 100°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,734	1,685	1,66
36	1,514	1,479	1,438
54	1,361	1,354	1,295
72	1,263	1,25	1,211
90	1,256	1,238	1,232

5-илованинг давоми**3.22-жадвал.**

Қуритиш аагенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(куз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 80°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,773	1,724	1,695
36	1,614	1,576	1,557
54	1,498	1,468	1,453
72	1,401	1,379	1,368
90	1,325	1,311	1,304

3.23-жадвал.

Қуритиш аагенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(куз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 90°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,756	1,707	1,682
36	1,58	1,541	1,522
54	1,457	1,428	1,415
72	1,359	1,33	1,321
90	1,262	1,251	1,242

3.24-жадвал.

Қуритиш аагенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири
(куз ойи қуёшли кун, қуритиш ҳарорати 100°C)

τ, дақ.	Қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1 м/с	Қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с
0	2	2	2
18	1,743	1,689	1,662
36	1,562	1,511	1,492
54	1,426	1,383	1,368
72	1,309	1,28	1,267
90	1,263	1,248	1,237

5-илованинг давоми

3.25-жадвал.

Бошланғич намлиги 42% бўлган кунгабоқар дони намлигининг ўзгариши (ёз ойида, қуритиш ҳарорати 80°C).

τ, дақ.	Фбулутли, %	Фқуёш, %
0	42	42
18	36,6	33,4
36	32,1	26,2
54	27,8	20
72	23,9	14,7
90	20	9,9

3.26-жадвал.

Бошланғич намлиги 42% бўлган кунгабоқар дони намлигининг ўзгариши (ёз ойида, қуритиш ҳарорати 90°C).

τ, дақ.	Фёппик, %	Фқуёш, %
0	42	42
18	34,8	31,4
36	29,5	22,1
54	24,5	15,1
72	19,7	8,2
90	15,3	7,1

3.27-жадвал.

Бошланғич намлиги 42% бўлган кунгабоқар дони намлигининг ўзгариши (ёз ойида, қуритиш ҳарорати 100°C).

τ, дақ.	Фёппик, %	Фқуёш, %
0	42	42
18	34,2	31,2
36	28,6	21,6
54	23,3	14,3
72	18,2	7,2
90	13,4	6,3

3.28-жадвал.

Бошланғич намлиги 46% бўлган кунгабоқар дони намлигининг ўзгариши (куз ойида).

τ, дақ.	80°C қуритиш ҳароратида намлик ўзгариши, %	90°C қуритиш ҳароратида намлик ўзгариши, %	100°C қуритиш ҳароратида намлик ўзгариши, %
0	46	46	46
18	37,4	36,7	36,1
36	31,5	30	28,5
54	26,4	24	22
72	21,7	18,3	15,6
90	17,6	13,2	9,8

5-илованинг давоми

3.29-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 80°C да қуритиш агенти
тезлигини электр қуввати сарфи ўзгаришига таъсири.

Қуритиш агентининг тезлиги, м/с	Булутли шароитда электр қувват сарфи, Вт	Ёзги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт	Кузги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт
0	3106	2305	2716
0,5	3255	2341	2798
1	3553	2425	2902
1,5	3956	2545	3088

3.30-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 90°C да қуритиш агенти
тезлигини электр қуввати сарфи ўзгаришига таъсири.

Қуритиш агентининг тезлиги, м/с	Булутли шароитда электр қувват сарфи, Вт	Ёзги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт	Кузги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт
0	3130	2365	2751
0,5	3281	2491	2866
1	3593	2653	3096
1,5	4166	2918	3461

3.31-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 100°C да қуритиш агенти
тезлигини электр қуввати сарфи ўзгаришига таъсири.

Қуритиш агентининг тезлиги, м/с	Булутли шароитда электр қувват сарфи, Вт	Ёзги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт	Кузги қуёшли кунда электр қувват сарфи, Вт
0	3150	2520	2843
0,5	3310	2620	2978
1	3631	2829	3248
1,5	4318	3138	3653

5-илованинг давоми**3.32-жадвал.**

Қуритиш ҳарорати 80°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	29	53
10	31	55
11	33	56
12	38	58
13	40	60
14	39	60
15	36	57
16	33	55
17	29	52

3.33-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 90°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	29	55
10	31	56
11	33	60
12	38	64
13	40	65
14	39	65
15	36	60
16	33	57
17	29	55

3.34-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 100°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	29	57
10	31	60
11	33	62
12	38	66
13	40	67
14	39	67
15	36	65
16	33	62
17	29	59

5-илованинг давоми

3.35-жадвал.

Қуришиш ҳарорати 80°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	20	34
10	21	37
11	22	42
12	23	47
13	24	52
14	23	46
15	22	43
16	21	38
17	20	35

3.36-жадвал.

Қуришиш ҳарорати 90°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	20	34
10	21	37
11	22	45
12	23	52
13	24	55
14	23	51
15	22	46
16	21	40
17	20	36

3.37-жадвал.

Қуришиш ҳарорати 100°C да кун давомида атроф муҳит ҳарорати ўзгаришини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратига таъсири.

Кун давомийлиги, соат	Атроф муҳит ҳарорати, °C	Қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати, °C
9	20	35
10	21	39
11	22	46
12	23	52
13	24	57
14	23	52
15	22	49
16	21	42
17	20	37

5-илованинг давоми

3.38-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 80°C да

электрокалорифернинг кун давомидаги қувват сарфи.

Кун давомийлиги, соат	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ёз ойида электр қувват сарфи, Вт	2518	2410	2380	2350	2345	2345	2401	2483	2521
Куз ойида электр қувват сарфи, Вт	3284	3163	2914	2809	2778	2780	2871	2953	3179

3.39-жадвал.

Қуритиш ҳарорати 90°C да

электрокалорифернинг кун давомидаги қувват сарфи.

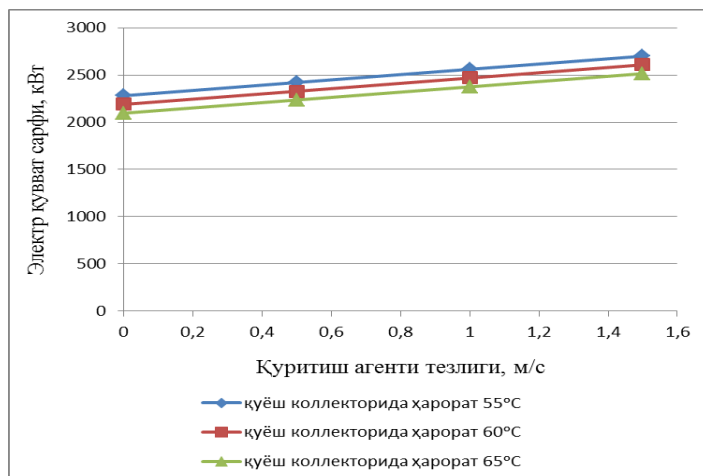
Кун давомийлиги, соат	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ёз ойида электр қувват сарфи, Вт	2684	2603	2523	2508	2480	2480	2518	2609	2713
Куз ойида электр қувват сарфи, Вт	3354	3312	3210	2958	2846	2843	2974	3213	3318

3.40-жадвал.

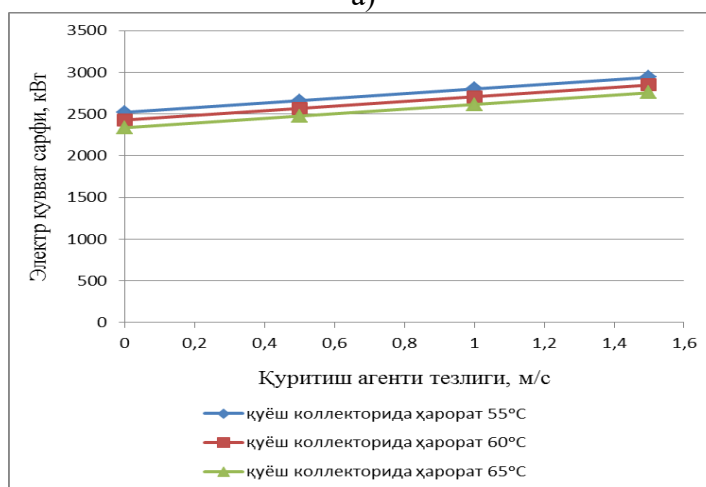
Қуритиш ҳарорати 100°C да

электрокалорифернинг кун давомидаги қувват сарфи.

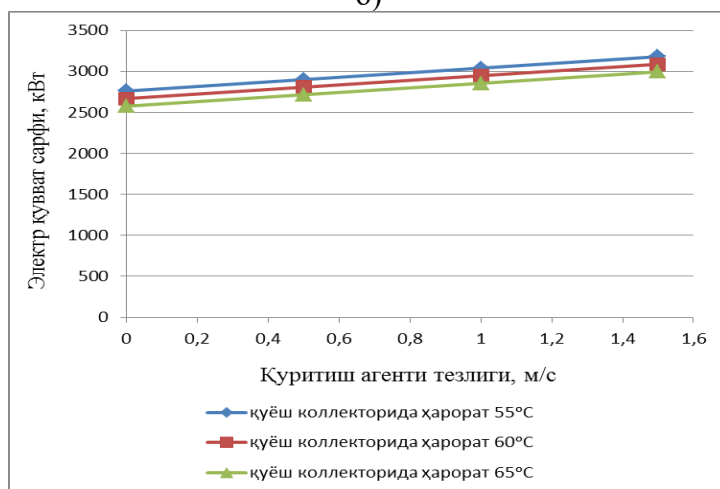
Кун давомийлиги, соат	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ёз ойида электр қувват сарфи, Вт	2853	2809	2736	2651	2610	2610	2685	2753	2812
Куз ойида электр қувват сарфи, Вт	3518	3387	3326	3114	2921	2934	3182	3315	3423



а)

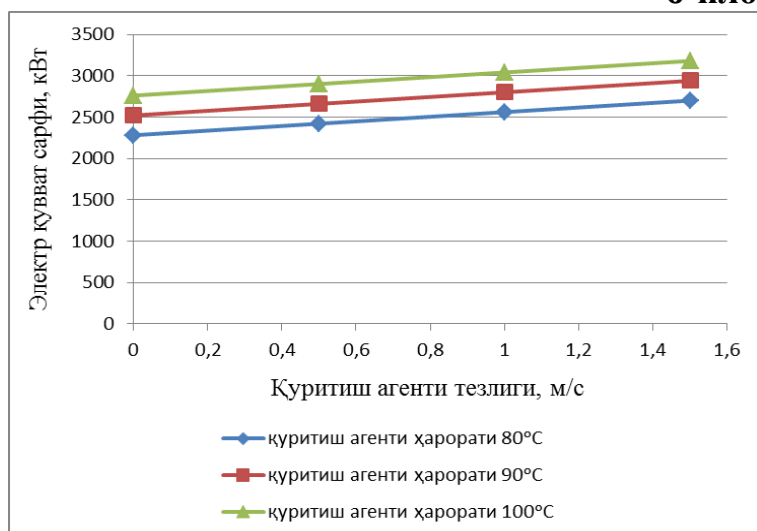


б)

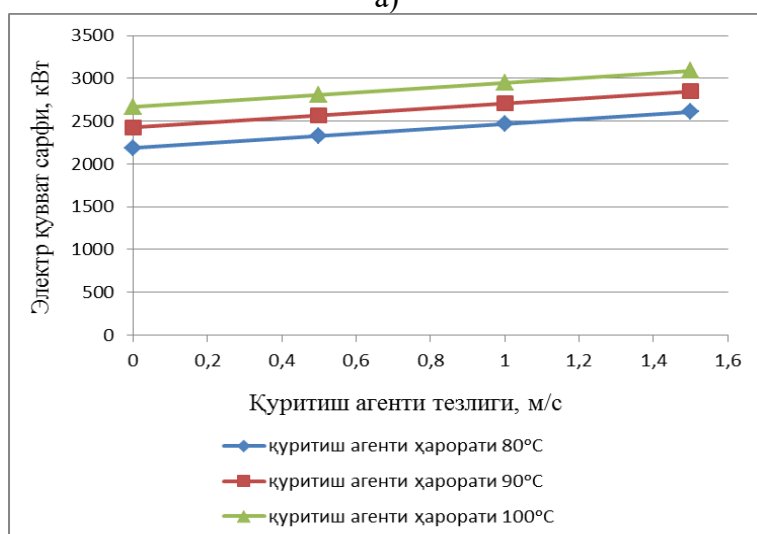


в)

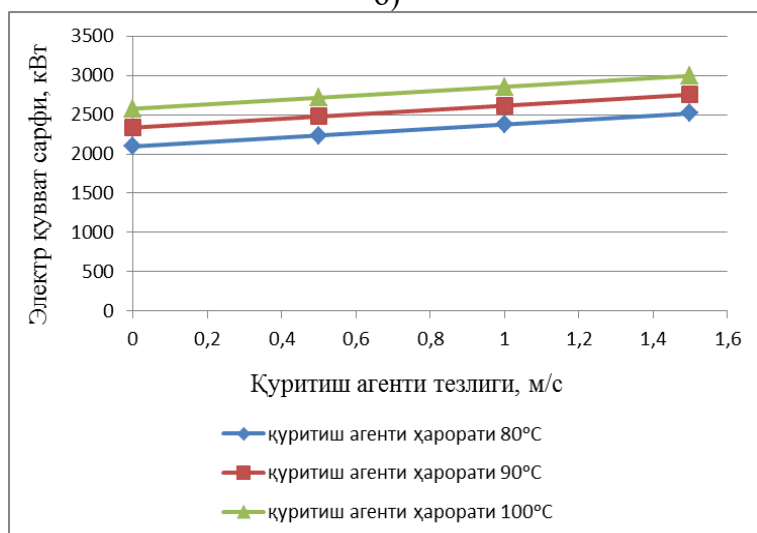
2.13-расм. Қуриткич электр қууваг сарфини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратлари ўзгаришига мос ҳолда ўзгариш графиги (ёзда): а) қуритиш агенти ҳарорати 80°C, б) қуритиш агенти ҳарорати 90°C, в) қуритиш агенти ҳарорати 100°C.



а)



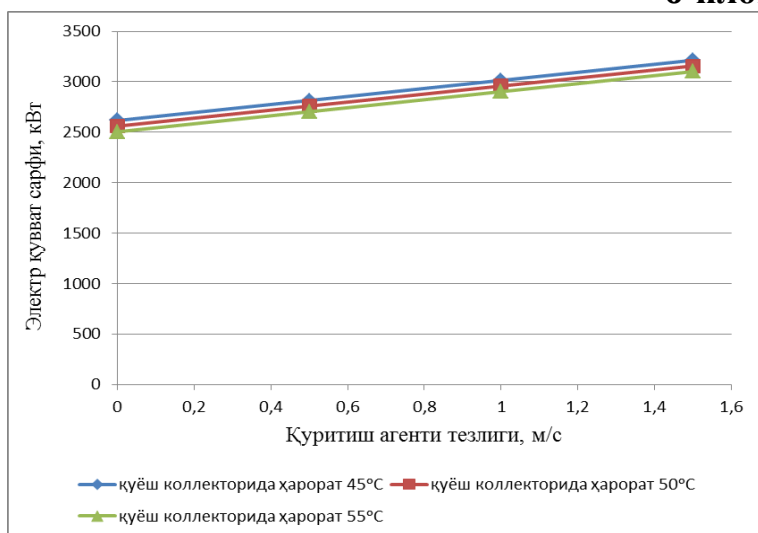
б)



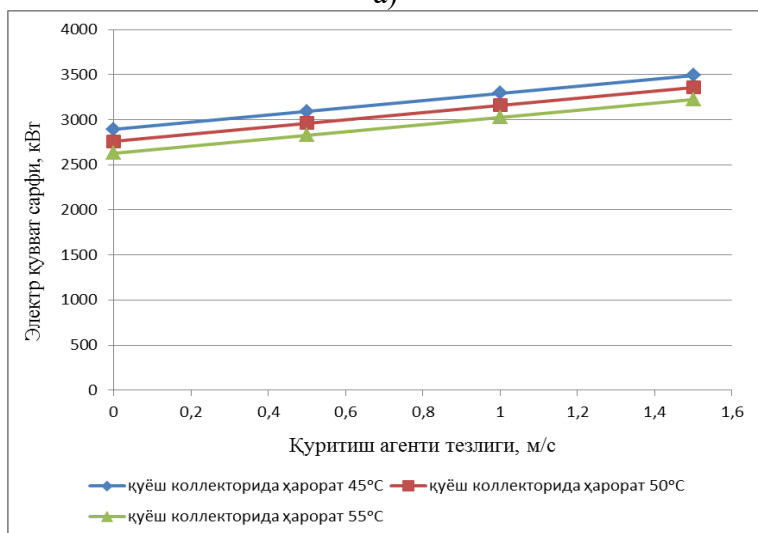
в)

2.14-расм. Қуриткич электр қувват сарфини қуритиш ағенти ҳароратлари ўзгаришига мос ҳолда ўзгариш графиги (ёзда): а) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 55°C б) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 60°C в) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 65°C.

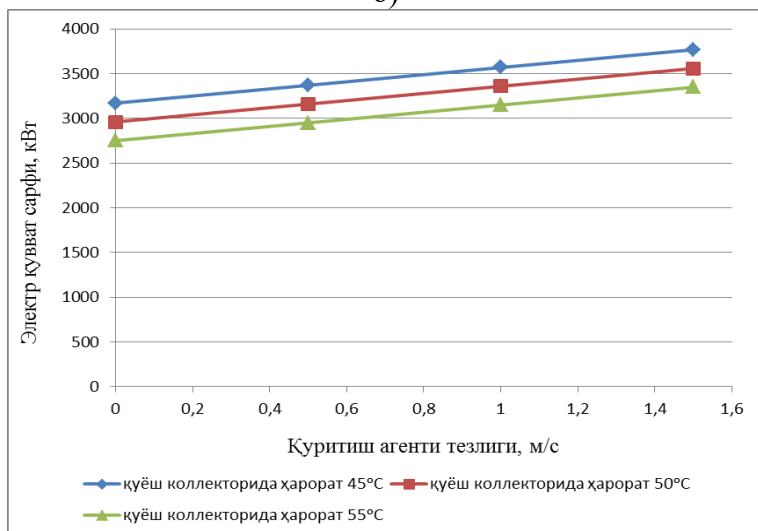
6-илованинг давоми



а)



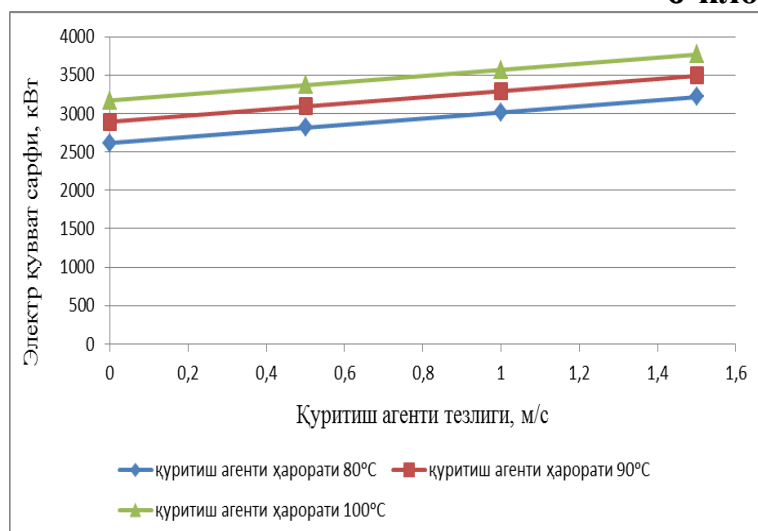
б)



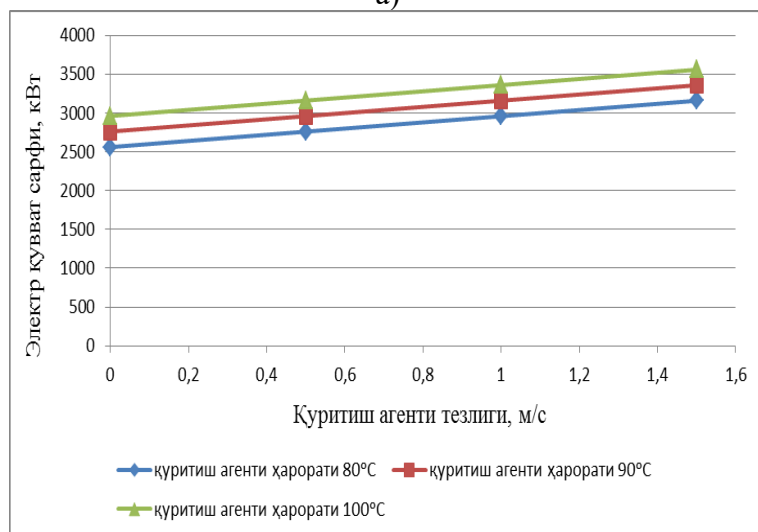
в)

2.16-расм. Қуриткич электр қувват сарфини қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратлари ўзгаришига мос ҳолда ўзгариш графиги (кузда): а) қуритиш ағенти ҳарорати 80°C, б) қуритиш ағенти ҳарорати 90°C, в) қуритиш ағенти ҳарорати 100°C.

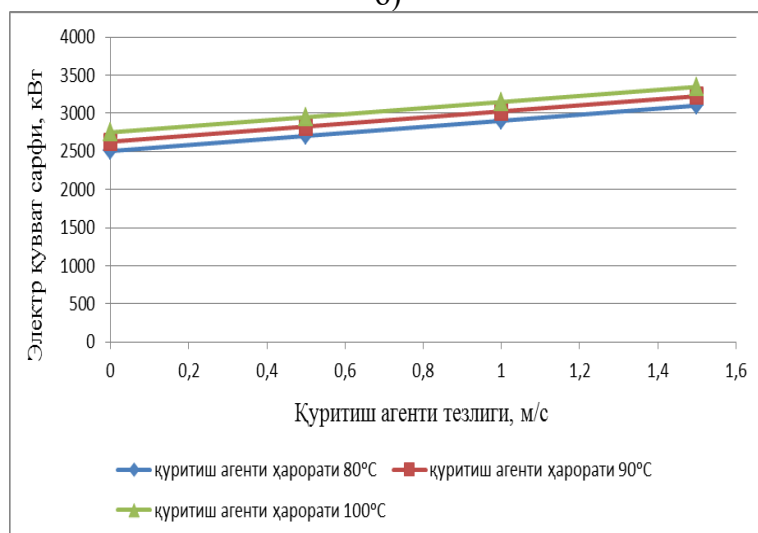
6-илованинг давоми



а)



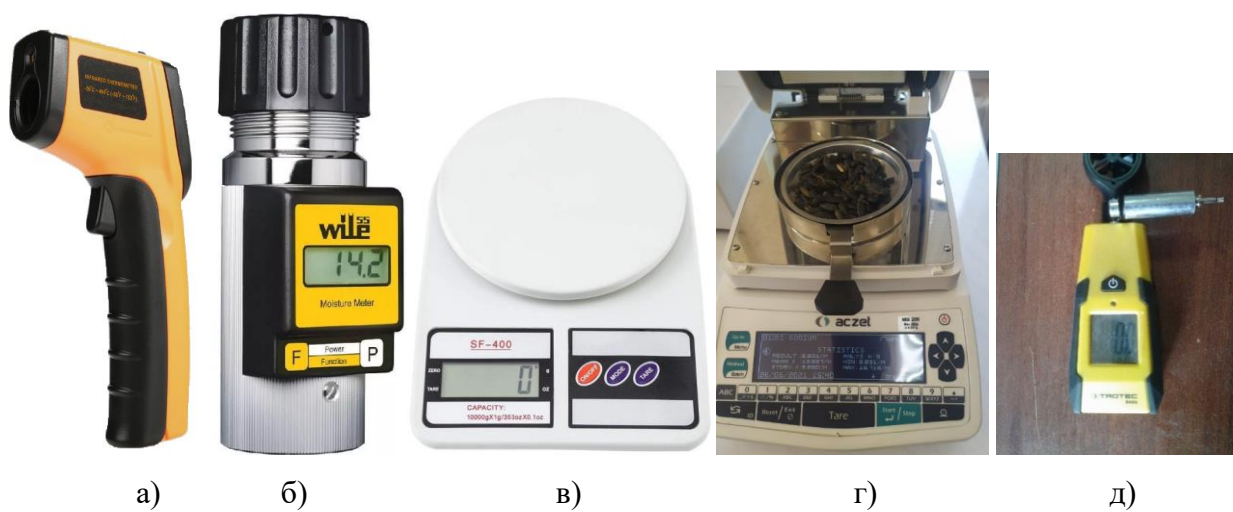
б)



в)

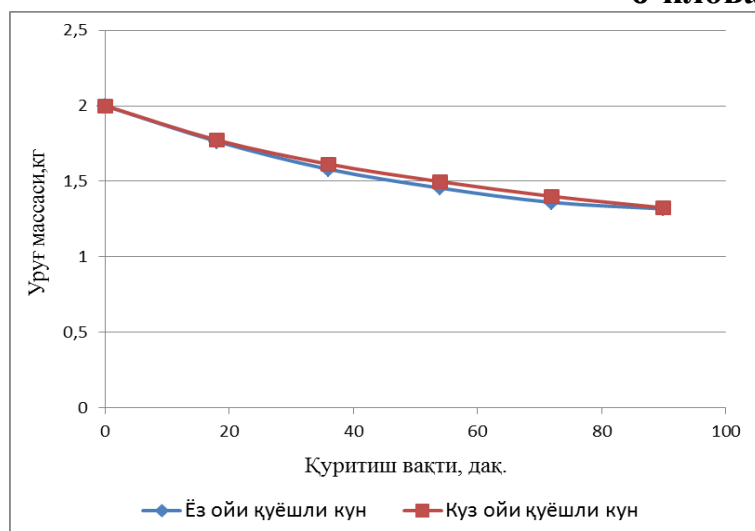
2.17-расм. Қуриткич электр қувват сарфини қуритиш агенти ҳароратлари ўзгаришига мос ҳолда ўзгариш графиги (кузда): а) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 45°C б) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 50°C в) қуёш коллекторидаги ҳаво ҳарорати 55°C.

6-илованинг давоми

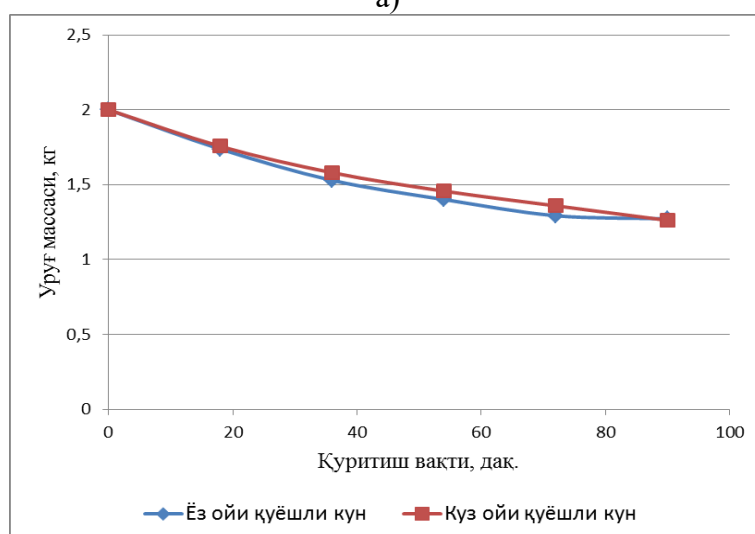


3.6-расм. Тажрибада ишлатилган ўлчов асоблари: а) ҳарорат ўлчовчи лазерли пирометр б) дон намлигини ўлчовчи Wile 55 в) SF-400 электрон тарози г) дон намлигини ўлчовчи Aczel MB 200 д) қуритиш агенти тезлигини ўлчовчи Trotec TA300 анемометер

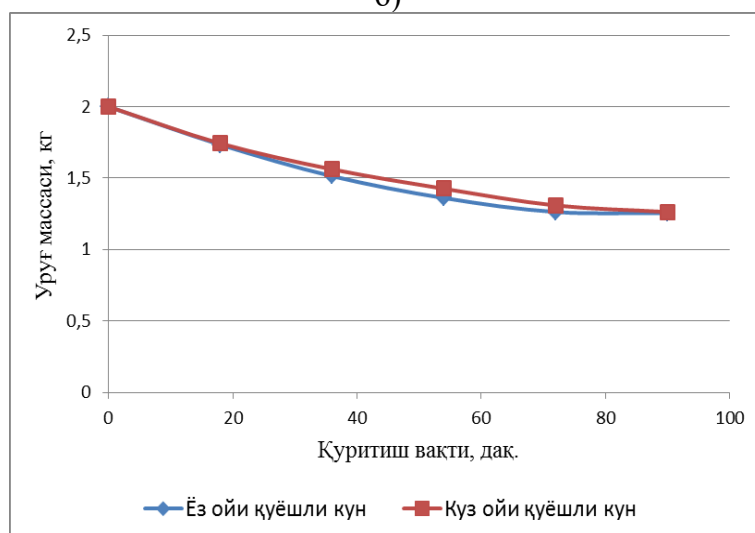
6-иловининг давоми



а)



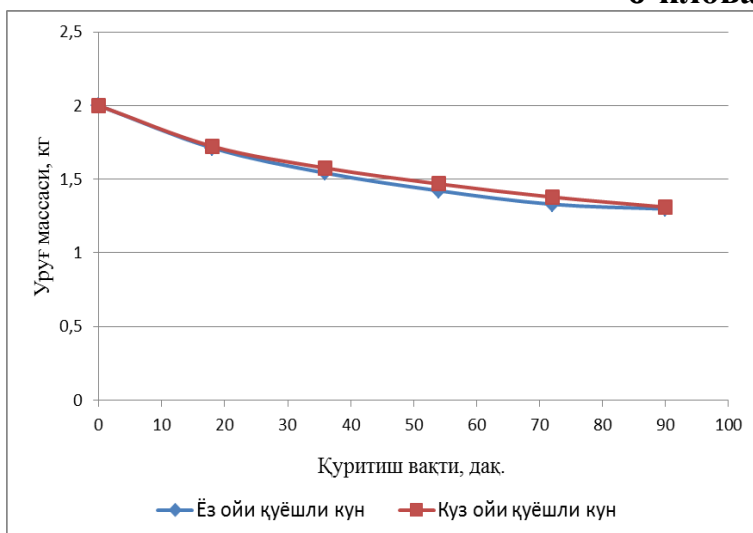
б)



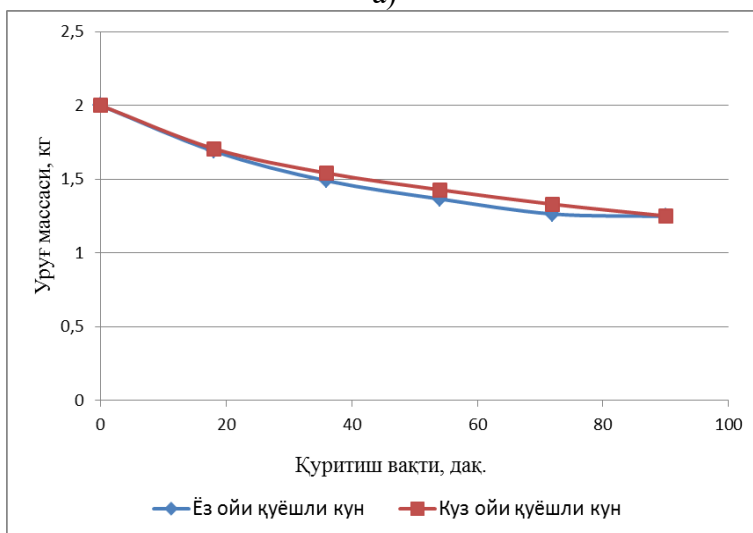
в)

3.8-расм. Қуритиш агенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири (қуритиш агенти тезлиги 0.5 м/с: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C

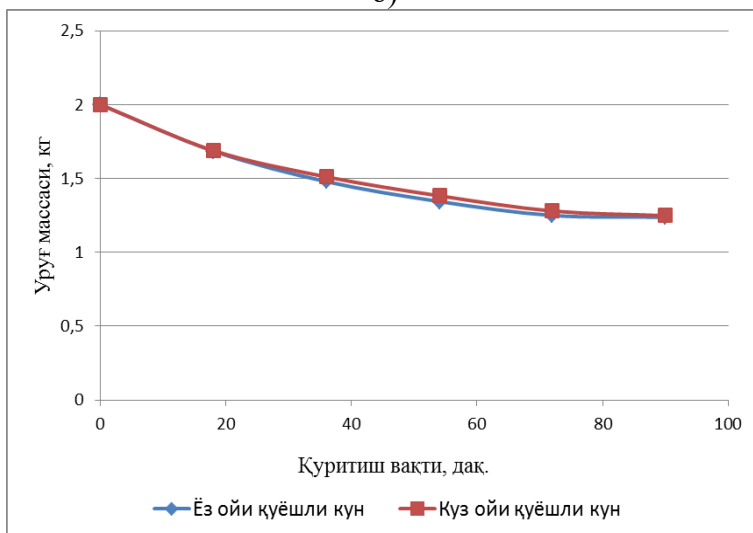
6-илованинг давоми



а)



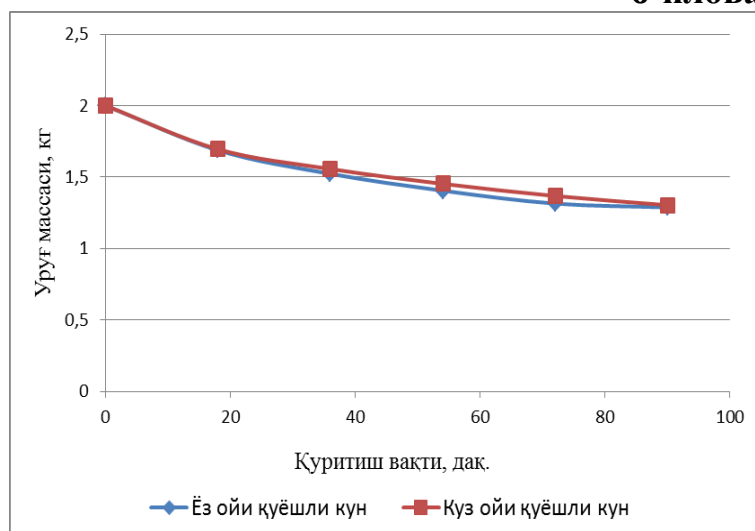
б)



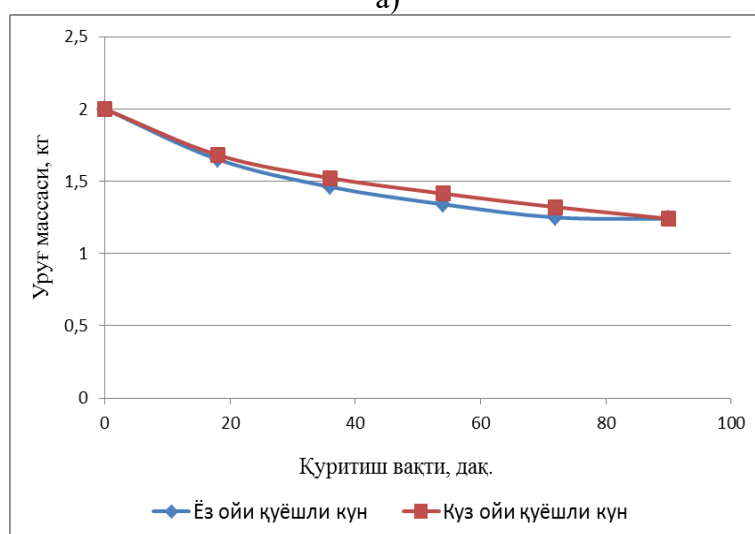
в)

3.9-расм. Қуритиш агенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири (қуритиш агенти тезлиги 1 м/с: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C

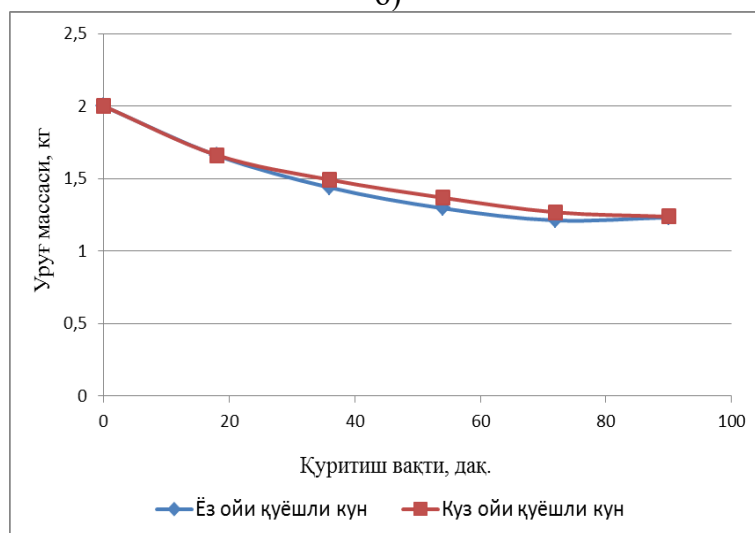
6-илованинг давоми



а)



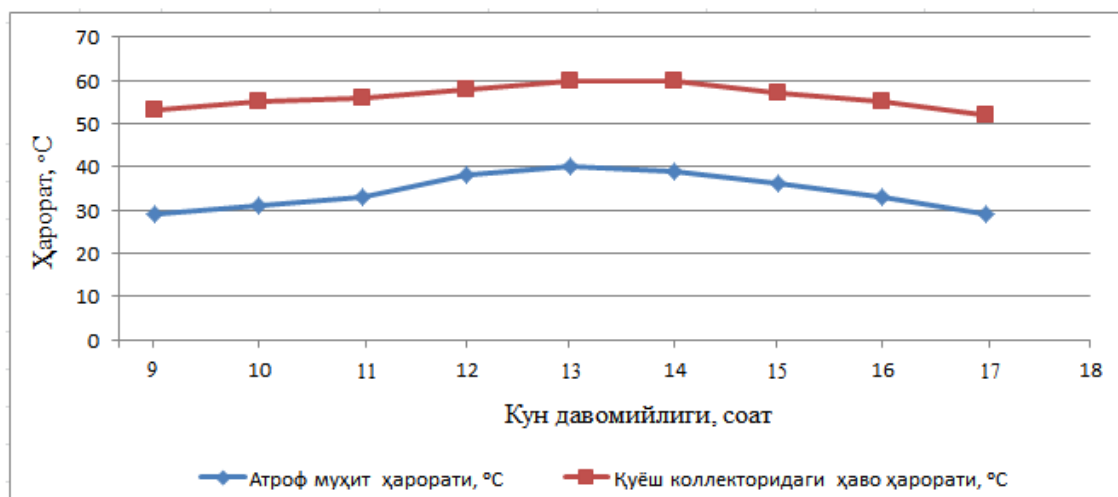
б)



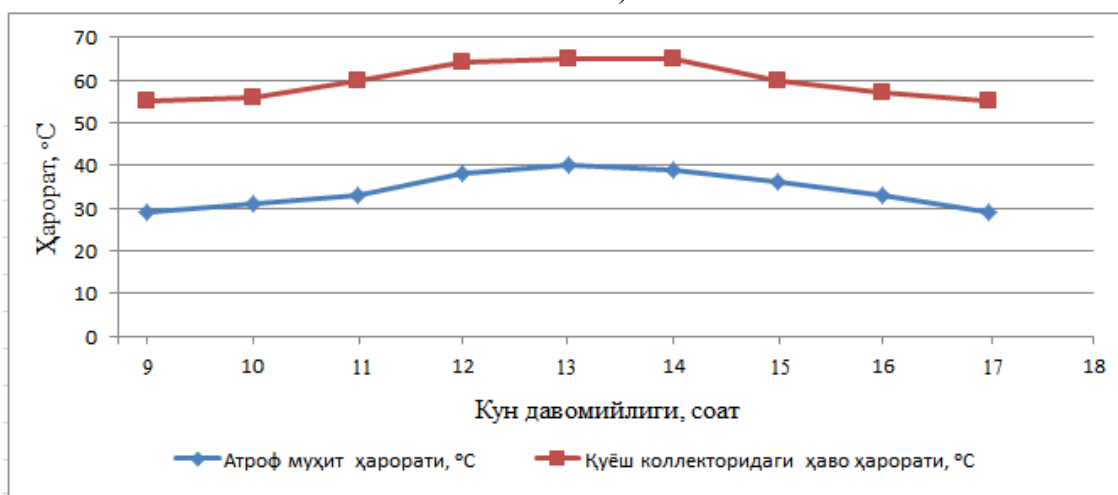
в)

3.10-расм. Қуритиш агенти тезлигини уруғ массаси ўзгаришига таъсири (қуритиш агенти тезлиги 1.5 м/с: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C

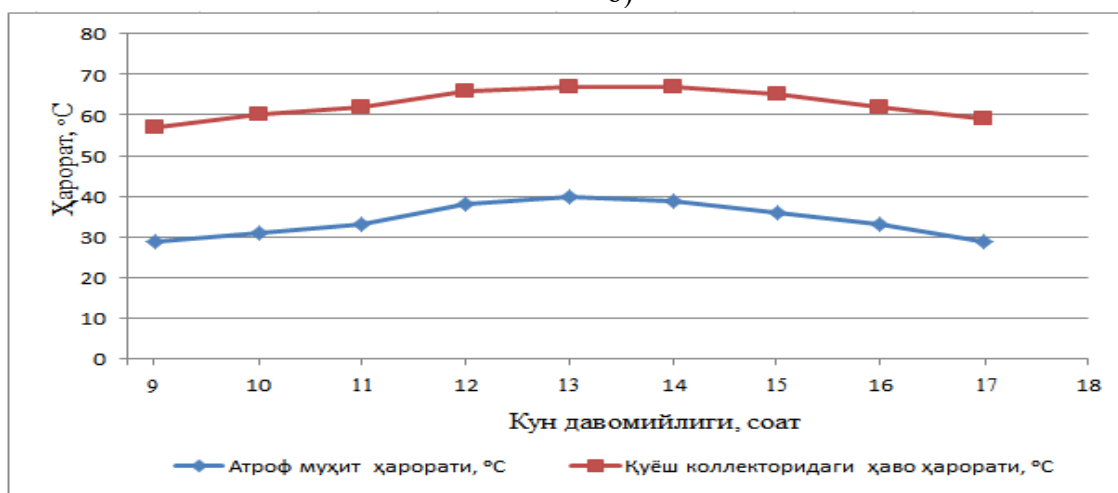
6-илованинг давоми



а)

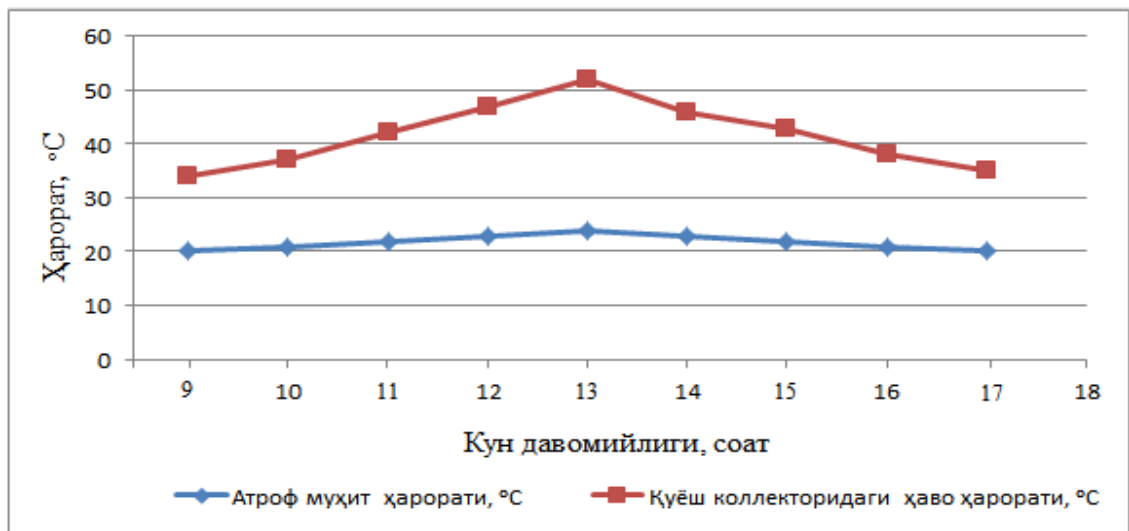


б)

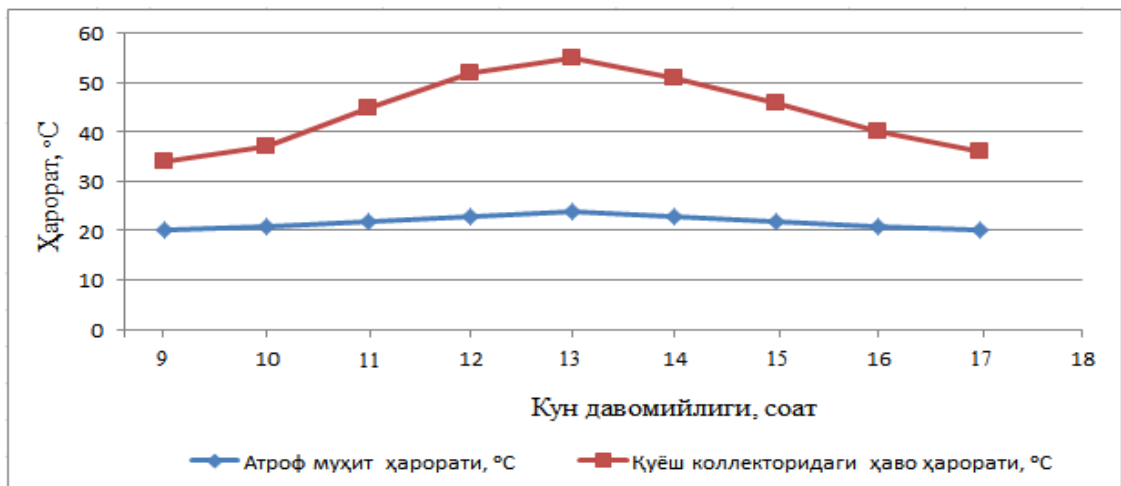


в)

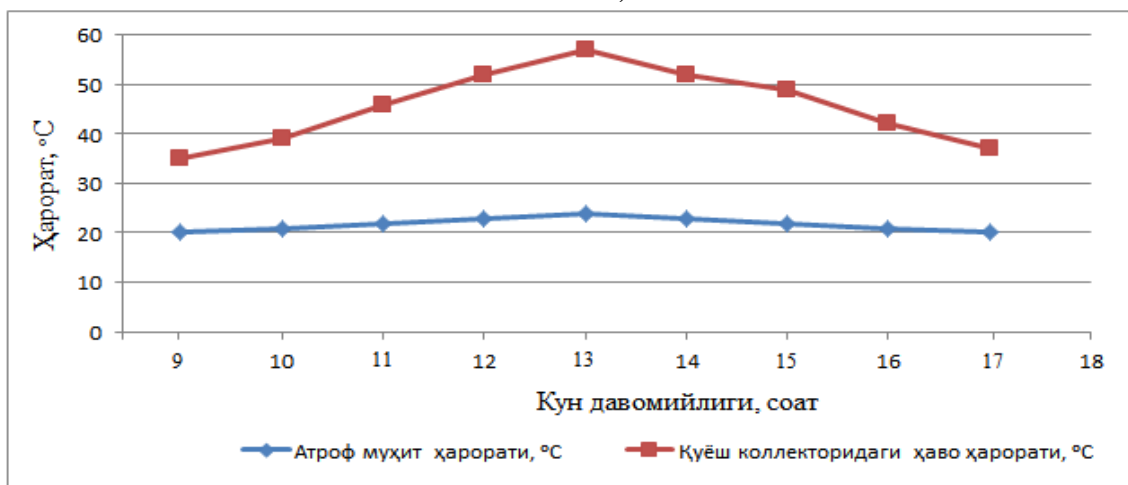
3.14-расм. Ёз ойида қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг кун давомида ўзгариши: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C.



а)



б)



в)

3.15-расм. Куз ойида қуёш коллекторидаги ҳаво ҳароратининг кун давомида ўзгариши: а) қуритиш ҳарорати 80°C, б) қуритиш ҳарорати 90°C, в) қуритиш ҳарорати 100°C.

“Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish” kafedrası



**SAFAROV
ELYORBEC
XASANOVICH**
KAFEDRA DOTSENTI

**texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori
dotsent**

MA'LUMOTI

**TOSHKENT AXBOROT
TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

2001 - 2005 y. | Bakalavr
"Telekommunikatsiya"

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

2007 - 2009 y. | Magistratura
"Integral radioelektron qurilmalar"

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

2020-2022 y. | Tayanch doktorantura
02.00.16- Kimyo texnologiyasi va oziq-
ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va
apparatlari

QIZIQUVCHI SOHALARI

Elektronika va avtomatika, sun'iy intellekt,
grafik dizaynerlik, masofadan boshqariluvchi
apparatlar, volleybol, boks.

MEHNAT FAOLIYATI

- 2005 Toshkent Aloqa Kolleji**
- maxsus fan o'qituvchisi
- 2009 Andijon shaxar telekommunikatsiyalar bog'lamasi**
- muhandis
- 2010 Andijon axborot texnologiyalari kasb-hunar kolleji**
- maxsus fan o'qituvchisi
- 2013 Andijon mashinasozlik instituti**
- "Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish" kafedrası assistenti
 - "Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish" kafedrası katta o'qituvchisi
- 2020 Toshkent davlat texnika universiteti tayanch doktoranti**
- 2023 Andijon mashinasozlik instituti**
- "Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish" kafedrası katta o'qituvchisi
 - "Mashinasozlik ishlab chiqarishini avtomatlashtirish" kafedrası dotsenti

+99893-781 -92-64

elyorbeksafarov7@gmail.com