

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

ISAQOVA MATLUBA ABDUHALIMOVNA

**O‘SIMLIK YOG‘LARINI EKSTRAKSIYALASH JARAYONINI
TAKOMILLASHGAN BOSHQARISH TIZIMINI ISHLAB
CHIQISH**

05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va
boshqarish

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2026

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
technical sciences**

Isaqova Matluba Abduhalimovna

О'simlik yog'larini ekstraksiyalash jarayonini takomillashgan boshqarish tizimini
ishlab chiqish 5

Исакова Матлуба Абдухалимовна

Разработка усовершенствованной системы управления процессом экстракции
растительных масел.....21

Isaqova Matluba Abduhalimovna

Development of an improved control system for the process of extracting vegetable
oils 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

ISAQOVA MATLUBA ABDUHALIMOVNA

**O‘SIMLIK YOG‘LARINI EKSTRAKSIYALASH JARAYONINI
TAKOMILLASHGAN BOSHQARISH TIZIMINI ISHLAB
CHIQISH**

05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va
boshqarish

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI150**

Toshkent – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.PhD/T5077 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari universiteti" Milliy tadqiqot universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tiame.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portali (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy maslahatchi:

Ismailov Mirhalil Agzamovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponenlar:

Alimova Nodira Batirjanovna
texnika fanlari doktori, professor

To'raqulov Zafar Safarovich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Buxoro davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari universiteti" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi DSc.03/26.05.2022.T.10.05 raqamli Ilmiy kengashning 2026- yil "_____" soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent shahri, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-46-68, faks: +(99871) 237-19-36, e-mail: admin@tiame.uz).

Dissertatsiya bilan "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari universiteti" Milliy tadqiqot universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____-raqam bilan ro'yxatga olingan. Manzil: 100095, Toshkent shahri, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-46-68).

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil "_____" da tarqatildi.
(2026-yil "_____" dagi _____ raqamli restr bayonnomasi)

N.S.Mamatov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, texnika fanlari doktori, professor

D.Q.Bekmuratov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

S.S.Radjabov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi. Jahon miqyosida o‘simlik urug‘laridan yog‘ olish jarayonlarini tadqiq etish va takomillashtirish masalasi hozirgi kunda global oziq-ovqat xavfsizligining muhim tarkibiy qismiga aylanib bormoqda. Dunyo aholisining o‘sishi, yog‘- moy mahsulotlariga bo‘lgan talabning barqaror sur‘atlarda ortib borishi va xomashyo bazasining cheklanganligi ishlab chiqarish jarayonlarini ilmiy asosda optimallashtirish zaruriyatini obyektiv tarzda belgilab qo‘ymoqda. Texnologik jarayonlarning murakkab fizik-kimyoviy tabiati, ko‘p omilli xususiyati hamda an‘anaviy usullarning etarli darajada aniqlik ta‘minlay olmasligi yangi ilmiy yondashuvlarni ishlab chiqishni taqozo etmoqda. Shu bilan birga, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, yog‘ chiqimini ko‘paytirish, mahsulot sifatini yaxshilash va zararli moddalar konsentratsiyasini hisobga olgan holda boshqarish tizimini tadqiq qilishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahon ilmiy amaliyotida yog‘ olish jarayonlarini intensivlashtirish maqsadida ultratovush kavitatsiyasi, mikroto‘lqinli ekstraksiya, superkritik CO₂ va impulsli elektr maydon (IEM) texnologiyalari kabi ilg‘or usullar faol tadqiq etilmoqda. Biroq mazkur texnologiyalar ixtisoslashtirilgan yangi avlod uskunalarini, maxsus konstruktiv echimlarni hamda yuqori kapital xarajatlarni taqozo etadi. Respublikamizda yog‘- moy sanoatida keng tarqalgan ND-1250 tipidagi lentali ekstraktorlar esa sovet davrida ishlab chiqilgan standart konstruksiyaga ega bo‘lib, ularning texnik-texnologik parametrlari ultratovush generatorlari, mikroto‘lqinli qurilmalar yoki superkritik bosim rejimlarini o‘rnatish imkoniyatini konstruktiv jihatdan rad etadi. Bunday sharoitda zamonaviy intensivikasiya usullarini mavjud sanoat uskunalariga tatbiq etish texnik-iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas. Shu sababli, mavjud ND-1250 ekstraktorida kechadigan yog‘ olish jarayonining fizik-kimyoviy qonuniyatlarini chuqur ilmiy tadqiq etish, jarayon kinetikasini chiziqli, nochiziqli dinamik masalalarning yangi matematik modelini qurish hamda sonli yechish algoritmini va kompyuter dasturlarini yaratish bugungi kundagi dolzarb muammolardan biridir.

Respublikamizda kimyo sanoati, neft-gaz va qishloq xo‘jaligi mahsulotlaridan ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish orqali eksport salohiyatini oshirish va oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Ushbu maqsadlarni amalga oshirishda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmonida, jumladan “... iqtisodiyotda resurslar va energiyani tejoychi texnologiyalarni keng joriy etish...”, “...oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash...”, “...ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarishni ko‘paytirish...”¹ vazifalari belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda jumladan, presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarini matematik modellashtirish hamda optimallashtirish sohasining ustuvor ilmiy vazifalari quyidagilardan iborat: xomashyoning maydalanish darajasi va strukturasi buzilish darajasini inobatga olgan holda presslash kinetikasini

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 9-fevraldagi PF-28-sonli “Yuqori texnologiyali sanoatni rivojlantirishni qo‘llab quvvatlash bo‘yicha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi farmoni

fizik-kimyoviy qonuniyatlar asosidagi tenglamalar tizimi ko‘rinishida ifodalash; urug‘ ichki strukturasi erituvchiga yog‘ning o‘tish mexanizmini to‘liq tavsiflovchi ekstraksiya modeli ishlab chiqish; rafinatsiya bosqichlarida zararli moddalar generatsiyasini miqdoriy tavsiflovchi tenglamalarni tuzish hamda barcha bosqichlarni qamrab oluvchi integral optimallashtirish algoritmini yaratish. Mazkur vazifalarni kompleks tarzda hal etish ishlab chiqarish samaradorligini ilmiy asosda oshirishning nazariy va amaliy poydevorini tashkil etuvchi muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son “Raqamli O‘zbekiston 2021-2030” strategiyasini tasdiqlash bo‘yicha farmon. Strategiyada raqamli texnologiyalar orqali ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish va samaradorligini oshirish kabi yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi, Prezident Farmoni, 2025-yil 18-noyabr PF-59-son “Ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va davlat ulushiga ega korxonalarda samaradorlikni oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi farmonlari hamda 2024-yil 12-yanvardagi PQ-48-sonli “Resurs va energiya tejoyvchi texnologiyalarni rivojlantirishni qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi, 2025-yil 4-oktyabrdagi PQ-295-sonli “Hududlarda sanoatning tezkor rivojlanishi va sanoat korxonalarini eksportga jalb qilish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarorlarda hududlardagi sanoat salohiyatini faollashtirish, ishlab chiqarish hajmini oshirish, yuqori texnologik loyihalarni joriy etish va ishlab chiqarilgan mahsulotlarni eksport bozorlariga chiqish imkoniyatlarini kengaytirishni maqsad qilgan.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishiga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining IV.“Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish” ustuvor yo‘nalishiga mos ravishda bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Ekstraksiyalash masalalarini yechishda xorijiy olimlardan H.O.Zhao, G.J.Rong, R.B.Bird, W.E.Stewart, E.N.Le, E.A.Delgado, M.L.Feron, J.M.Smith, M.K.Bhuiya, M.G.Rasul, M. K.Khan, N.A. Ashwath, A.K. Azad, M.P.Mofijur, A.V.Kirillov, A.L.Biegler va boshqalar o‘zlarini ulkan hissa qo‘shganlar.

O‘zbekistonda yog‘ olish jarayonlari, qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish, energiya tejamkor hamda ekologik jihatdan xavfsiz jarayonlarni rivojlantirishga N.R.Yusupbekov, H.Z.Igamberdiyev, S.A.Abdurakhimov, Sh.M.Gulyamov, M.A.Karabayeva, M.A.Ismailov, Y.Sh.Avazov, R.R.Ramazonov, S.A.G‘aybullayev, Sh.A.Karamatov, I.A.Yusupov, B.T.Hamidov, A.O.Jabborov va boshqalar o‘zlarining hissalarini qo‘shganlar va qo‘shib kelmoqdalar.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari universiteti” Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari OT-F7-88 – “Toza mahsulotlar olishning energiya va resurs tejamkor issiqlik-massa almashinish jarayonlarining istiqbolli murakkab kimyo-texnologik

tizimlarining nazariy asosalarini takomillashtirish” (2020-2025) mavzudagi loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi o‘simlik xomashyosidan yog‘ olish jarayonini model va algoritmlar asosida takomillashtirilgan boshqarish tizimini ishlab chiqish.

Tadqiqotning vazifalari:

o‘simlik xom-ashyosidan yog‘ olish jarayonining hozirgi holati tizimli tahlillash;

boshqaruv obyektlarini presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarini fizik-kimyoviy qonuniyatlar asosida matematik modelini ishlab chiqish;

o‘simlik yog‘ini olishning asosiy jarayonlarini modellashtirish algoritmini yaratish;

yog‘ ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish mezonlarini tanlash va algoritmlarini ishlab chiqish;

yog‘ olish jarayonini texnologik majmuasini koordinatsion boshqarish algoritmi va dasturini ishlab chiqish;

tadqiq qilingan ekstraksiyalash jarayonini ishlab chiqilgan modeli va algoritmlar orqali takomillashtirilgan boshqarish tizimi sanoat sharoitida joriy qilish.

Tadqiqot obyekti sifatida chigitdan o‘simlik yog‘larini olish texnologik majmuasini takomillashtirilgan boshqarish tizimi olingan.

Tadqiqotning predmetini o‘simlik urug‘laridan yog‘ olish jarayonlarini boshqarish tizimlarini modeli, dasturi va algoritmlaridan iborat.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, texnologik model majmualarini modellashtirish, optimallashtirish va raqamlashtirish usullari, texnologik o‘lchash usullari hamda boshqarish tamoyillaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

o‘simlik urug‘laridan yog‘ olish jarayonini modda almashish qonuniyatlariga asoslangan matematik modeli ishlab chiqilgan;

o‘simlik urug‘ini parchalash, yog‘ni siqib olish va uni yog‘ kislotalaridan tozalash jarayonlarini texnologik majmuasi holatini tahlillovchi algoritmi ishlab chiqilgan;

presslash, ekstraksiya va rafinatsiyalash jarayonlarini asosiy ko‘rsatkichlarini ifodalovchi mezonlar tanlangan va ularni ekstremum qiymatlarini topish imkonini beruvchi optimallashtirish algoritmi ishlab chiqilgan;

o‘simlik urug‘laridan yog‘ olish jarayonlarini o‘zaro muvofiqlashtirish imkonini beruvchi koordinatsion boshqarish algoritmi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini matematik modellashtirish orqali modda almashish jarayonlarini asosiy boshqarish imkoniyati ko‘rsatkichlari aniqlangan.

yog‘ olish jarayonlarining asosiy bosqichlari, jumladan, urug‘larni parchalash, yog‘ni siqib chiqarish va uni tozalash jarayonlari uchun holatni aniqlash va baholash algoritmlari ishlab chiqilgan.

paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini baholash va optimallashtirish imkonini beruvchi hisoblash usullariga asoslangan takomillashgan boshqaruv tizimi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi uslubiy asoslangan nazariy hisob-kitoblarni amalga oshirilganligi, paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini modda almashuv qonuniyatlari asosida baholash, yakuniy mahsulot sifat ko‘rsatkichlarini bashorat qiluvchi matematik modellar va hisoblash algoritmlaridan foydalanganligi texnologik jarayonlarni optimallashtirishda murakkab tizimlarni optimallashtirish usullari va vositalardan foydalanib o‘tkazilgan nazariy va tajribaviy tadqiqotlar natijalarining o‘zaro muvofiqligi, sanoat-sinov tajribalari natijalarining ijobiyliги bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati umumiy qabul qilingan samaradorlik mezonlariga muvofiq yakuniy mahsulot sifatini bashoratlash va takomillashtirilgan boshqarish tizimlari sinfidagi paxta chigitidan yog‘ olish texnologik jarayonini optimal boshqarish tizimini qurishning konstruktiv usuli bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati real vaqt rejimida yog‘ olish jarayonida bashoratlovchi modelga ega bo‘lgan hamda boshqarish tizimi tarkibida mahsulot sifatini aniqlash va nazorat qilishni ta‘minlovchi algoritmlar va dasturiy ta‘minot yordamida istiqbolli boshqarish tizimlarini ishlab chiqish uslubiyatini dasturiy amalga oshirilishi, buning natijasida olinadigan baholarning ishonchliligi va tezkorligi oshishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. O‘simlik yog‘larini olishning texnologik jarayonlarini optimal boshqarish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

o‘simlik urug‘laridan yog‘ olish holatini baholash boshqaruvini shakllantiruvchi hisoblash algoritmidan foydalanib, ishlab chiqilgan o‘simlik moylarini ekstraksiyalashning ko‘p bosqichli texnologik jarayonini optimal boshqarish tizimi “Yangiyo‘l yog‘-moy” AJda joriy qilingan (“O‘ZYOG‘MOYSANOAT” Korxonalari Uyushmasining 2024-yil 10-noyabrdagi №KC/3-352-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada yog‘ konsentratsiyasi 3-5% gacha oshirish imkonini bergan;

modda almashish qonuniyatlariga asoslangan matematik model va unga muvofiq ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minot “Yangiyo‘l yog‘-moy” AJ ishlab chiqarishiga joriy etilgan (“O‘ZYOG‘MOYSANOAT” Korxonalari Uyushmasining 2024-yil 10-noyabrdagi №KC/3-352-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada ekstraksiyalash jarayoniga sarflanadigan umumiy vaqtini 9% ga qisqartirish imkonini bergan;

paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini modda almashish qonuniyatlariga asoslangan bashoratlovchi matematik modeli ishlab chiqilgan “Yangiyo‘l yog‘-moy” AJ da joriy qilingan (“O‘ZYOG‘MOYSANOAT” Korxonalari Uyushmasining 2024-yil 10-noyabrdagi №KC/3-352-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada yog‘-moy mahsulotlar sifatini oshirish hamda presslash, ekstraksiyalash, rafinatsiyalash jarayonlarini muvofiqlashtirish imkonini beruvchi koordinatsion boshqarish algoritmi taklif etilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqotning natijalari 5 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib, jumladan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashlarda 7 ta ilmiy maqola, shundan, xalqaro jurnallarda 3 ta va respublika jurnallarida 4 ta ilmiy ish nashr qilingan, EHM uchun dasturlarni rasmiylashtirish bo'yicha 4 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning asosiy qismi 111 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYA ISHINING ASOSIY MAZMUNI

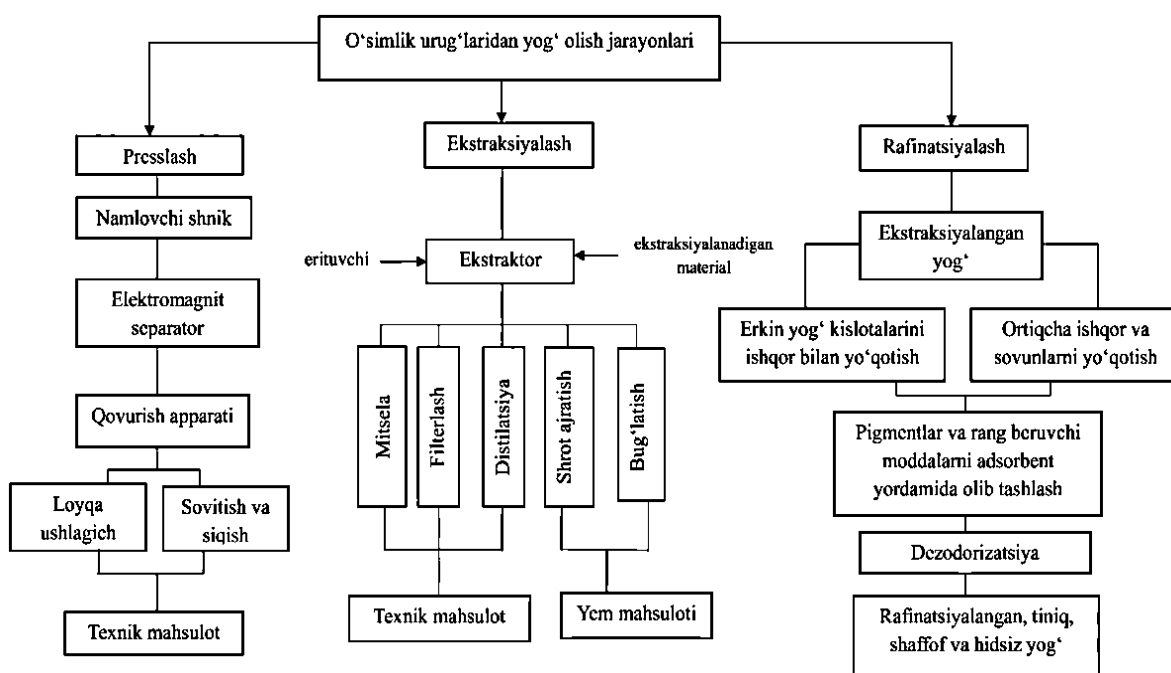
Kirish qismida dissertatsiya ishi mavzusining dolzarbligi va zarurligi asoslab berilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obykti va predmeti belgilab berilgan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi aniqlangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish ro'yxati, tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning birinchi bobi "**O'simlik xomashyolaridan yog' olish jarayonini boshqarishning zamonaviy holati**" to'rtta paragrafdan iborat bo'lib, o'simlik urug'laridan yog' ajratib olish jarayonlarini xususiyatlari, o'simlik yog'larini avtomatlashtirish va boshqarish tizimlarini hozirgi holati, paxta chigitidan yog' ajratib olish jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish va boshqarish usullari, dissertatsiya ishini maqsad va vazifasi o'rganilgan. Mazkur bobda o'simlik xomashyosidan yog' ajratib olish jarayonlarining texnologik asoslari va ularni boshqarish tizimlari bo'yicha ilmiy adabiyotlar tahlil qilingan. Shu jumladan, mavjud ixtirolar, patentlar va mualliflik guvohnomalari sharhi keltirilib, ekstraksiya jarayonlarining samaradorligini oshirish yo'nalishlari ko'rib chiqilgan.

Zamonaviy sanoat korxonalarida o'simlik yog'larini ajratib olish jarayonlari yuqori sifatli va iqtisodiy samarali bo'lishi uchun optimal boshqarish tizimlaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu boshqarish tizimlari texnologik jarayonlarning barqaror ishlashini ta'minlab, statik va dinamik optimallashtirish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi. Bu jarayonda maksimal unumdorlikka erishish, energiya sarfini minimallashtirish va yakuniy mahsulot sifatini talab darajasida ushlab turish asosiy vazifalardan biri hisoblanadi.

1-rasmda o'simlik urug'laridan yog' olish jarayonlarini umumiy blok sxemasi har bir jarayonlarda resurslardan oqilona foydalanish, minimal energiya sarfi, boshqarish samaradorligi, jarayonni to'liq o'rganish va uni ilmiy jihatdan tahlil qilish masalalari o'rganildi. Aks holda, yuqori sifatli rafinatsiyalangan o'simlik yog'larini ishlab chiqarish imkonsiz bo'lib qoladi. Zamonaviy boshqarish yondashuvlari nafaqat

sifatli mahsulot ishlab chiqarishni, balki yaroqsiz mahsulot chiqishining oldini olishni ham ta'minlaydi.



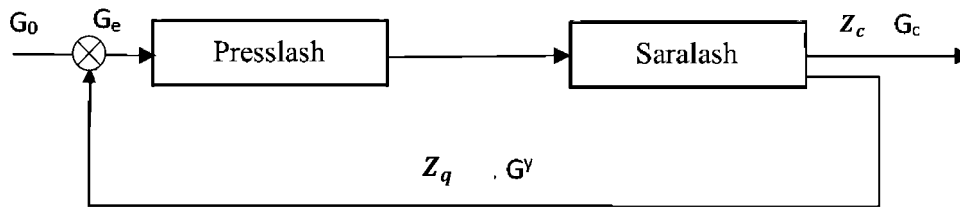
1-rasm. O'simlik urug'laridan yog' olish jarayonlarini blok sxemasi

O'simlik yog'larini ajratib olish jarayonini avtomatlashtirish va boshqarish tizimlarining hozirgi holatini o'rganish davomida quyidagi jarayonlarga katta e'tibor qaratilmagan, o'simlik yog'larini ekstraksiya qilish va rafinatsiyalash jarayonlarini optimal boshqarish uchun zarur mezonlar, chegaraviy shartlar hamda optimallashtirish amalga oshiruvchi dasturlariga etarlicha rivojlanmagan, jarayonlarni real vaqt rejimida monitoring qilish va boshqarish uchun koordinatsiyalash algoritmi yordamida jarayonning muvofiqashtirish inobatga olinmaganligi. Shu sababli ekstraksiya jarayonlarini sanoat miqyosida virtual monitoring qilish tizimlarini ishlab chiqish, ularning funksional imkoniyatlarini kengaytirish va boshqarish jarayonlarini optimallashtirish muhim ilmiy-amaliy vazifa sifatida dolzarb bo'lib qolmoqda.

Adabiyot manbalarini tahlil qilish natijalari va belgilangan maqsad asosida tadqiqotning asosiy vazifalari aniqlab olingan.

Dissertatsiyaning ikkinchi bobi **“O'simlik yog'larini ekstraksiyalash jarayonlarining matematik modellari”** deb nomlangan. Ushbu bobda o'simlik yog'larini ishlab chiqarishning asosiy bosqichlari – presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarining matematik modellarini yaratish va tahlil qilish masalalari ko'rib chiqilgan.

2-rasmda o'simlik urug'laridan yog' siqib olishda kimyoviy va diffusion jarayonlarni tezlashtirish, energiya sarfini kamaytirish maqsadida parchalanish darajasini baholash hamda parchalanish yetarli bo'lganda “yopiq sikl” asosida presslash jarayonini matematik modeli ishlab chiqildi.

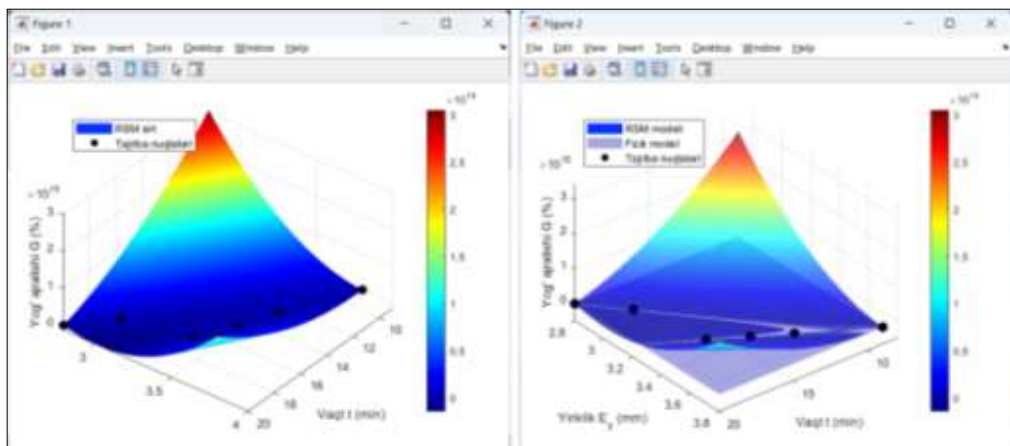


2-rasm. “ Yopiq sikl” asosida presslash – saralash jarayonini blok sxemasi

Urug‘ larning yiriklik darajasi (zarrachalar o‘lchami) elak tahlili usuli orqali aniqlandi. Tajriba uchun urug‘ namunasi olinib, u laboratoriya elaklar to‘plami (ГОСТ 6613-86) orqali elak moshinasi yordamida 10-15 daqiqa davomida elab chiqildi.

$$\begin{cases}
 d_{o'rt} = \frac{\sum d_i}{n}, \\
 E_y = E_0 \cdot e^{kt} \\
 k = k_1 + \frac{k_2}{E_y} \\
 G_c = \frac{m_{o'tgan}}{m_{umumiy}} \cdot 100\% \\
 Z_q + Z_c = Z, (Z = 1) \\
 G_e = G_y + G_0 \\
 G_y = G_0 \cdot e^{-kt} \\
 G_{yog'} = G_{max} \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{kt}}\right)
 \end{cases} \quad (1)$$

Presslash jarayoni uchun asosiy boshqaruvchilari vaqt, yiriklik darajasi va yog‘ miqdoriga bog‘liq modellashtirish natijasi.



3-rasm. Presslash jarayonini modellashtirish natijalari

O‘simlik yog‘larini ekstraksiyalash jarayoni murakkab bo‘lib, ko‘p parametrlilik boshqaruv obyekti hisoblanadi. 3-rasmda yog‘ni ajratib olish jarayonining to‘liq matematik ifodasi chigitdan yog‘ni olishdagi biologik, fizik, modda va issiqlik almashinuv jarayonlarini hamda gidrodinamik oqim holatini ifodalovchi tenglamalar orqali sodir bo‘ladigan jarayonlarning matematik modellari olindi. Matlab dasturida modellashtirish natijasini olishda quyidagi qiymatlarni tajriba asosida olindi: $k_{\xi} = 0.25$; $E_{\xi} = 2400$; $k_u = 0.18$; $E_q = 2100$; $k_y = 0.15$; $E_s = 1950$; $k_z = 0.012$; $E_z = 2800$; $k_d = 0.035$, $k_t = 0.30$, $a = 0.035$, $b = 0.25$.

Ekstraksiya jarayonini samaradorligini oshirish maqsadida keltirilgan (4) matematik ifodalar yordamida jarayonni modellashtirishni amalga oshiramiz. Buning uchun berilgan boshqaruv parametrlarini qiymatlarini tajriba o‘tkazib topildi.

O‘zgaruvchan kattaliklarning vaqt bo‘yicha dinamik o‘zgarishini ifodalovchi differensial tenglamalarni analitik usullar yordamida yechish ko‘p hollarda murakkab yoki imkonsiz bo‘ladi. Shuning uchun bunday tenglamalar tizimlarini yechishda raqamli integratsiya usullari qo‘llaniladi.

$$\left[\begin{array}{l} \frac{dG_{yog'}}{dt} = \varepsilon_d \cdot F_t(C_u + C_e) - Q_0 \frac{(1-c_0)}{1-c}, \\ \frac{dG_{yog'}}{dt} = k_d \cdot \frac{V}{m} [C_u - k_t \cdot C_e], \\ \frac{dC_z}{dt} = k_z(C_{z,0} - C_z) \cdot \left(\frac{C_{e,y}}{C_{\tilde{y}}}\right)^{\alpha} \cdot e^{\frac{-E_z}{RT}}, \\ \frac{d\xi}{dt} = k \cdot \xi(1-\xi) \cdot e^{\left(\frac{-E_{\xi}}{RT}\right)}, \\ \frac{dC_{u,y,k}}{dt} = -k_u \cdot \xi(C_{u,y} - \beta C_{m,y}) e^{\left(\frac{-E_q}{RT}\right)}, \\ \frac{dC_{m,t,y,k}}{dt} = k_y \cdot \xi \left(\frac{C_{u,y}}{\beta} - C_{m,y}\right) e^{\frac{-E_q}{RT}}, \\ k = k_0 \cdot e^{\frac{-E_q}{RT}}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Presslash jarayoni uchun ishlab chiqilgan matematik ifodalarini amalga oshirish uchun samarali yondashuvlardan biri Runge–Kutta usuli bo‘lib, u bir nuqtali metodlar turga kiradi. Bunda $f(y, t)$ quyidagi komponentlardan iborat: jarayon kinetikasini tavsiflovchi uchta differensial tenglama mavjud bo‘lib, ular erituvchi konsentratsiyasi $c_e(t)$, yakuniy mahsulot miqdori $G_{yog'}(t)$ va yog‘ tarkibidagi zararli modda konsentratsiyasi $C_z(t)$, o‘simlik urug‘ining buzulish darajasi $\xi(t)$, urug‘ tarkibidan ajralgan yog‘ konsentratsiyasi $C_{u,y}(t)$, mitselladan ajralgan yog‘ konsentratsiyasining $C_{m,y}(t)$ vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ifodalaydi. Ushbu

tenglamalarni (5) formuladagidek qulay va ixcham shaklda ko‘rsatish maqsadida ular vektor ko‘rinishga keltiriladi:

$$y(t) = \begin{pmatrix} G_{yog}(t) \\ C_e(t) \\ C_z(t) \\ \xi(t) \\ C_u(t) \\ C_y(t) \end{pmatrix}, \frac{dy}{dt} = f(y, t) \quad (5)$$

(6) kinetik koeffitsient $k(t)$ Arrhenius tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$k = k_0 \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (6)$$

Vektor ko‘rinishidagi tizim uchun Runge-Kutta formulasi quyidagicha yoziladi:

$$\begin{cases} k_1 = h \cdot f(y_n, t_n), \\ k_2 = h \cdot f(y_n + \frac{k_1}{2}, t_n + \frac{h}{2}), \\ k_3 = h \cdot f(y_n + \frac{k_2}{2}, t_n + \frac{h}{2}), \\ k_4 = h \cdot f(y_n + k_3, t_n + h). \end{cases} \quad (7)$$

Bu yerda (7) h — integratsiya qadami bo‘lib, uning kichik qiymati modellashtirish aniqligini oshiradi.

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (8)$$

Har bir baholashda formula Arrhenius koeffitsiyenti yangilanadi va shu bilan tizimning har bir bo‘lagi vaqtga bog‘liq harorat orqali yangilanadi.

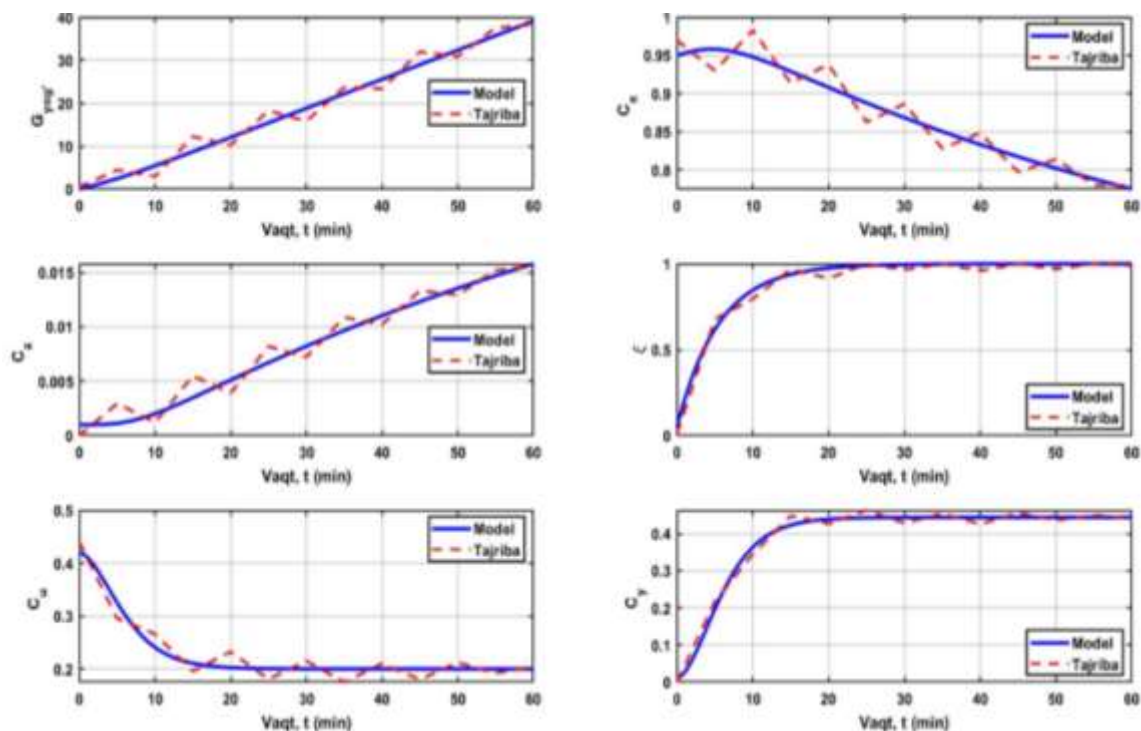
Matematik modellashtirishda differensial tenglama (8) Runge–Kutta usuli yordamida echildi va ushbu algoritmnning qo‘llanilishi jarayon kinetikasining silliq, barqaror va fizik mazmunga to‘liq mos vaqt bo‘yicha o‘zgarish qonuniyatlarini qayta tiklash imkonini berdi.

Ekstraksiya usulida olingan yog‘ni ushbu fizik-kimyoviy qonuniyatlar asosida ishlab chiqilgan matematik model natijalarini Matlab dasturida quyidagi ketma – ketlikda amalga oshirildi (4-rasm).

Ushbu ketma-ketlik natijasida erituvchi konsentratsiyasi, yog‘ konsentratsiyasi hamda umumiy jarayondan chiqadigan yog‘ miqdori, erituvchi ekstraksiya jarayonida erituvchi urug‘ ichiga kirib borishi natijasida urug‘ning hujayra strukturasi bosqichma-bosqich buzilishiga oid matematik ifodalar ishlab chiqildi. Bu buzilish jarayoni yog‘ni ham, zararli moddalar o‘tishini ham boshqaradi. Modelda yangi o‘zgaruvchi - urug‘ strukturasi buzilish darajasi $\xi(t)$ kiritildi. Bu parametr erituvchining urug‘ to‘qimasiga ta’sir darajasini ifodalaydi va barcha jarayonlarni o‘zaro bog‘laydi.

$\xi=0$ urug‘ butun, struktura buzilmagan (jarayon boshi), $\xi=1$ struktura to‘liq buzilgan (jarayon oxiri). Bu asosiy tamoyili yog‘ ham, zararli moddalar ham

urug‘dan faqat struktura buzilgan darajada o‘ta oladi.



4-rasm. Ekstraksiyalash jarayonining modellashtirish natijasi

Uchinchi bob “Yog‘ olish jarayonining optimal boshqarish algoritmlari” deb nomlangan ushbu uchinchi bobda, chigitdan yog‘ olish asosan presslash, ekstraksiyalash hamda rafinatsiyalash orqali ko‘p bosqichda amalga oshishi sababli umumiy samaradorligini oshirish uchun har bir jarayonlarni iqtisodiy, texnologik, sifat ko‘rsatgichlarini tizimli tahlillash orqali optimallashtirish masalasi qo‘yildi.

Ekstraksiyalash jarayonini optimallashtirishda asosiy maqsad - berilgan chigitdan maksimal yog‘ olish. Bu maqsadni quyidagi matematik mezon orqali ifodalaymiz (9).

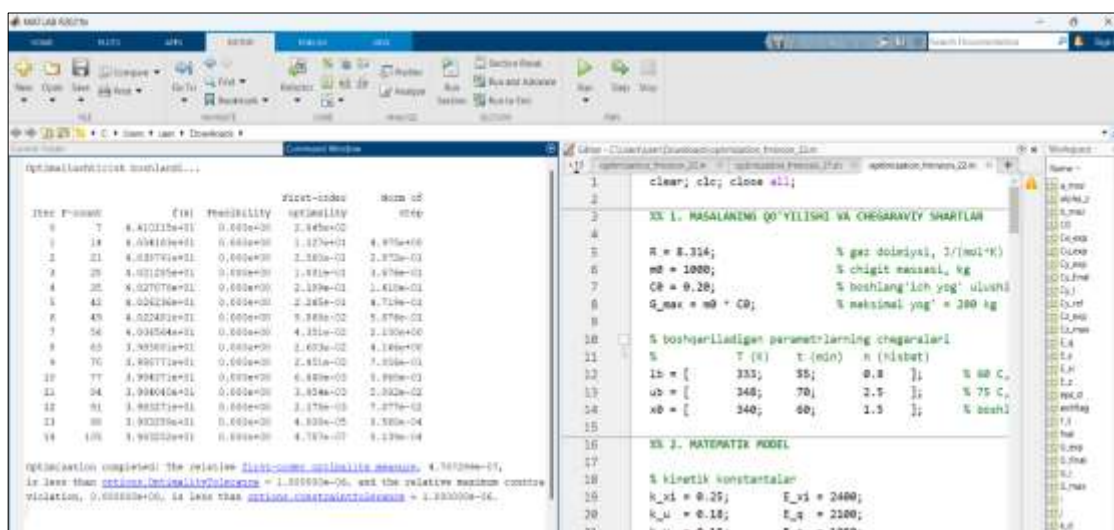
$$R_{ek} = \left(\frac{m_0 C + k_y (1 - e^{-aCt}) T}{m_0 C} \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

Optimallik mezonini maksimallashtirish uchun matematik modelda mavjud cheklovlar doirasida optimal parametrlar to‘plami tanlanadi. Optimallashtirish jarayonida quyidagi chegaraviy shartlar (10) e‘tiborga olinadi:

$$\begin{aligned} T^{\min} &\leq T_{ek} \leq T^{\max} \\ C^{\min} &\leq C_{ek} \leq C^{\max} \\ t^{\min} &\leq t_{ek} \leq t^{\max} \end{aligned} \quad (10)$$

Ushbu chegaraviy shartlar hamda tanlangan mezon yordamida ekstraksiya jarayonining optimallashtirish masalasini Matlab dasturida *fmincon* algoritmi yordamida amalga oshirdi (5-rasm).

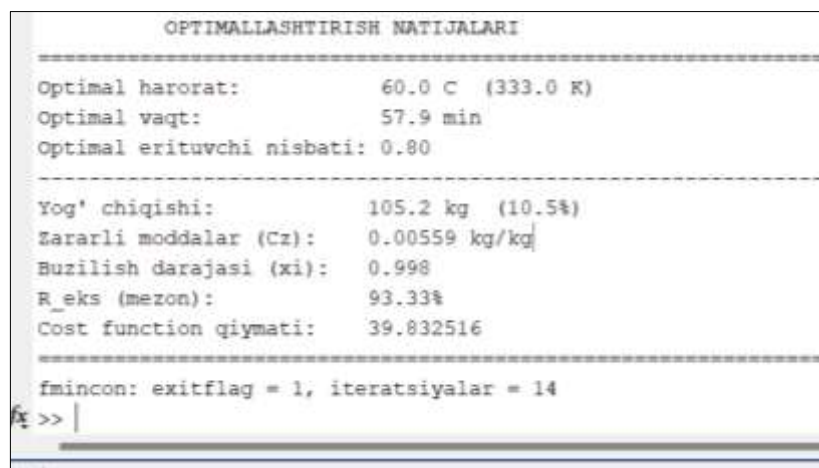
Harorat, erituvchi konsentratsiyasi va vaqtning eng optimal kombinatsiyasini topganimizda, R_{ek} maksimal bo‘lishi kerak.



5- rasm. MATLAB muhitida *fmincon* algoritmi yordamida ekstraksiyalash jarayonining iteratsion optimallashtirilishi

Berilgan mezon bo‘yicha optimal qiymatlarni topish uchun natijalarni hozirda mavjud adabiyodlarni tahlil qilish orqali mavjud chegaraviy shartlarni va eksperimental qiymatlardan foydalanamiz.

MATLAB dasturi yordamida ekstraksiyalash jarayonining iteratsiyalar bo‘yicha optimallashtirish jarayoni keltirilgan.



6-rasm. Matlab dasturida ekstraksiyalash jarayoni uchun olingan optimallik natijalari

6-rasmdan ko‘rinib turibdiki, iteratsiyalar davomida maqsad funksiyasi monoton ravishda kamayib, cheklovlar buzilmagan holda birinchi tartibli optimalik mezoni qanoatlantirilgan va natijada barqaror optimal yechimga erishilgan.

Optimallashtirish natijalariga ko‘ra, jarayon uchun optimal harorat $T^* = 60^{\circ}\text{C}$, optimal vaqt $t^* = 57.9$ min, optimal yog‘ konsentratsiya $C^* = 0.8\%$, urug‘ tarkibidagi yog‘ miqdori 10.5% , urug‘ni buzilish darajasi $C_z = 0.00559\%$, $\xi = 0.998$ va optimal ekstraksiya darajasi $R^* = 93.33\%$ qilib belgilandi.

Bu qiymatlar ekstraksiya jarayonining maksimal samaradorlikka erishuvchi ishlash nuqtasini ifodalaydi va xomashyodan yog‘ ajralishining to‘liq amalga oshganini ko‘rsatadi. Aniqlangan optimal parametrlarning fizik-kimyoviy mazmuni jarayon kinetikasining yuqori sezuvchanligini va optimallashtirish modelining real texnologik rejimlar bilan yuqori mosligini tasdiqlaydi.

Bir biri bilan uzviy bog‘langan yirik yog‘ olish majmuasini jarayonlarini boshqarish uchun iteratsiyasiz kvazichiziqdashgan koordinatsion boshqarish algoritmi ishlab chiqildi (7-rasm).

Koordinatsion boshqarish algoritmi quyidagi ketma- ketlikda yaratildi:

1) Joriy holat (X^j, U^j) hamda optimallashtirish natijasida boshqaruvchi parametrlarining optimal qiymatlari (X_j^{opt}, U_i^{opt}) topiladi.

2) Parametrlarni chegaraviy qiymatlari aniqlanadi :

$\tilde{X}_j^j \leq X_j^j \leq \tilde{X}_j^j, \tilde{U}_i^j \leq U_i^j \leq \tilde{U}_i^j$ bu yerda $\tilde{X}_j^j, \tilde{X}_j^j$ -kiruvchi va boshqaruvchi parametrlarni kichik va katta chegaraviy qiymatlari;

$\tilde{U}_i^j, \tilde{U}_i^j$ - chiquvchi parametrlarni kichik va katta qiymatlari. Agar ushbu chegaraviy shart bajarilmasa boshqarish tizimi avtomatik holatini qayt etadi va avariya signalini beradi.

3) Agar $(U_i^{opt} - U_i^j) \geq \sigma$ bo‘lsa, unda $X_j^i = X_j^{opt}$ deb qilindi va j- kanal bo‘yicha boshqarish o‘zgartirilmaydi ($0 \leq \sigma$ – modelni aniqlik darajasi);

Agar $(U_i^{opt} - U_i^j) \geq \sigma$ bo‘lsa, u holda quyidagi shartlar ko‘riladi:

a) qachonki $(X_j^{opt} - U_j^j) \leq \varepsilon_i$ bo‘lsa, unda X_j^i bo‘yicha boshqarish ta’siri o‘zgartirilmaydi;

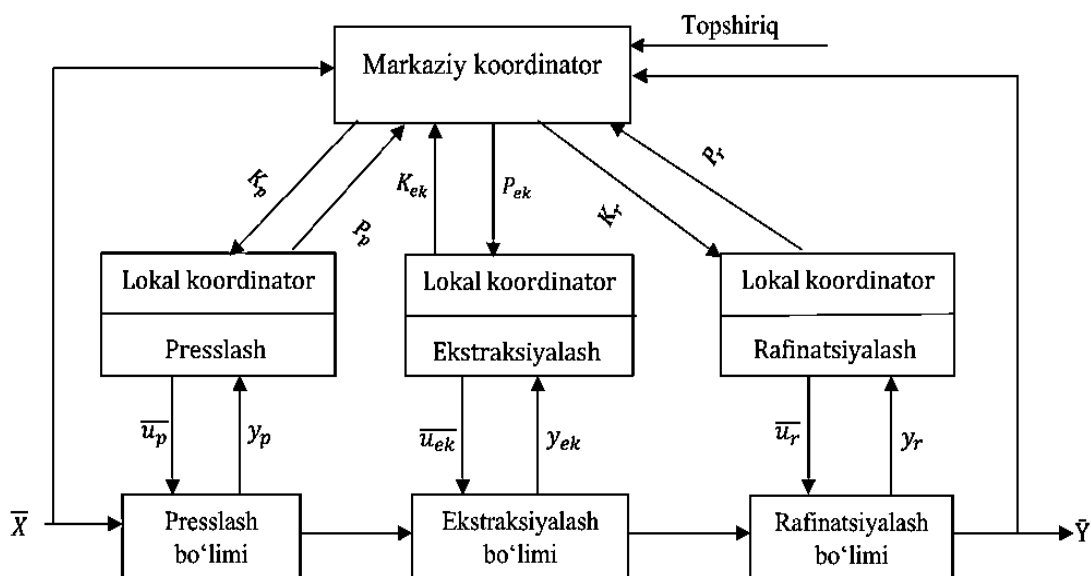
b) agar $(X_j^{opt} - X_j^j) \geq \varepsilon_i$ yoki $\|X_j^{opt} - X_j^j\| = \Delta x > \varepsilon_i$ bo‘lsa, u holda j kanal bo‘yicha sozlanuvchi qismga Δx_i minimallashtirish uchun boshqarish komandasi beriladi;

4) Shunday boshqaruvchi ta’sir $\Delta U(X_i)$ tanlanadiki u Δx_i minimallashtiradi. $\Delta U(X_i)$ ni tanlash quyidagi tartibda topiladi.

Har bir boshqaruvchi parametrning chegaraviy qiymatiga mos boshqaruv mavjud, ya’ni $U(\tilde{X}_j) \leq U(X_j) \leq U(\tilde{X}_j), (\tilde{X}_j) \leq (X_j) \leq (\tilde{X}_j)$.

5) Boshqaruv obyekti xususiyatidan kelib chiqqan holda quyidagi shartlarni yozamiz:

a) $U(U_i' + U_i'') = U(X_j') \pm U(X_j'')$ bunda $U(X_j'), U(X_j'')$ – X_i ni birinchi va ikkinchi qiymatlariga mos bo‘lgan boshqaruvchi ta’sir;



7-rasm. Chigitdan yog‘ olish jarayonining koordinatsion boshqarish algoritmi

b) $U(CX_j^i) = U(CX_j^j)$, qaysiki $C = \text{const}$, X_j^i - ning har qanday qiymat uchun boshqaruvchi ta'sir $U(X_j^j) = U(\tilde{X}_j) X_j^j / \tilde{X}_j$. Bundan kelib chiqadiki Δx_i ni minimallashtirilgan boshqaruvchi ta'sir $U(\Delta x_i) = U(\tilde{X}_j) \Delta X_i / \tilde{X}_j$.

Buning natijasida X_j^{opt} qiymatga erishish uchun beriladigan boshqaruv ta'sir:

$$U(X_j^{opt}) = U(X_j^j + \Delta X_i) + \text{sign}(U + \Delta X_i) \quad (11)$$

Ushbu tenglama k - boshqaruv parametrlarini optimal qiymatini hisoblab beradi, hamda U_k^j qiymatni ΔU_k ga ko'paytirish yoki kamaytirish orqali optimal boshqaruvni (11) amalga oshiradi.

To'rtinchi bob "**Chigitdan yog‘ olish jarayonining sinash natijasi**" deb nomlangan va bunda zamonaviy avtomatik boshqarish tizimlarini qo'llash orqali korxonada ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va avtomatlashtirish jarayonida katta yutuqlarga erishish mumkin.

O'simlik yog'larini ishlab chiqarish sanoati, xususan, «Yangiyo'l yog'-moy» korxonasi kabi yirik korxonalar, doimiy sifatni ta'minlash, samaradorlikni oshirish va raqobatbardoshlikni saqlash uchun texnologiyalarni modernizatsiya qilish zaruriyatiga ega.

Hozirgi kunda zamonaviy avtomatik boshqarish tizimlarini qo'llash orqali korxonada ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va avtomatlashtirish jarayonida katta yutuqlarga erishish mumkin. Ushbu yondashuv ishlab chiqarish jarayonlarini yuqori darajada nazorat qilish, aniqlikni oshirish va energiya samaradorligini yaxshilash imkonini beradi.

Sxemaning yuqori qismida "Texnologik jarayon" markaziy obyekt sifatida joylashtirilgan bo'lib, u nazorat va o'lchov asboblari hamda avtomatika elementlari

orqali boshqariladi. Shuningdek, axborotni qayta ishlash va boshqarish tizimi operator texnolog faoliyatini muvofiqlashtiradi hamda jarayonning uzluksiz monitoringini ta'minlaydi. Har bir texnologik bosqichning matematik modeli jarayonning statik va dinamik parametrlarini tavsiflovchi tenglamalar asosida shakllantirilgan va ular yordamida jarayon holatining vaqt bo'yicha o'zgarishi aniqlanadi.

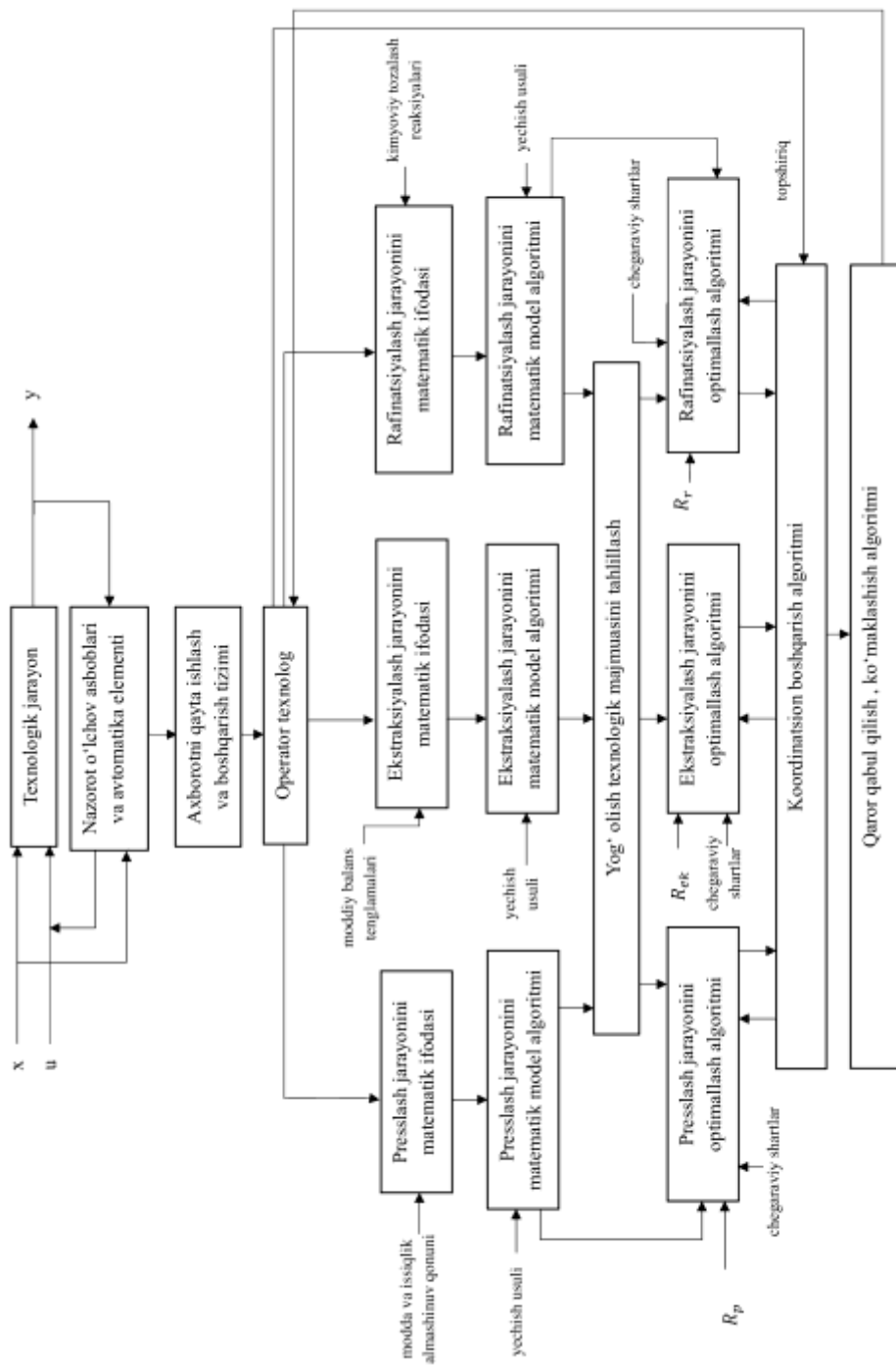
Modellar asosida o'tkaziladigan imitatsion hisoblashlar jarayonning statik va dinamik xususiyatlarini baholash, tashqi va ichki ta'sirlar ostida boshqarish ta'sirlarining samaradorligini aniqlash imkonini beradi. O'lchash vositalaridan (datchiklardan) olingan real vaqtli ma'lumotlar modellashtirish blokiga uzatilib, model parametrlarini aniqlashtirish va jarayon holatini baholashda foydalaniladi. Modellashtirish natijalari optimallashtirish blokiga uzatiladi, unda texnologik cheklovlar, sifat ko'rsatkichlari va boshqarish mezonlari hisobga olingan holda jarayonning optimal boshqarish parametrlarini aniqlash amalga oshiriladi.

Optimallashtirish jarayoni texnologik samaradorlikni oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va mahsulot sifatini barqaror ta'minlashga qaratilgan bo'lib, u APC darajasida amalga oshiriladi. Olingan optimal boshqaruv qarorlari koordinatsion boshqarish algoritmi orqali taqsimlangan boshqarish tizimiga uzatiladi.

Mavjud boshqarish tizimi real vaqt rejimida ijro qurilmalari orqali boshqarish obyektiga bevosita ta'sir ko'rsatib, texnologik jarayonning barqarorligini va ishonchliligini ta'minlaydi. Shu bilan birga, yuqori darajadagi qaror qabul qilish bloki va operator (qaror qabul qiluvchi shaxs) jarayon holatini monitoring qilish, favqulodda vaziyatlarda aralashish va boshqarish strategiyalarini moslashtirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Modellashtirish natijalari optimallashtirish blokiga uzatiladi, unda texnologik cheklovlar, sifat ko'rsatkichlari va boshqarish mezonlari hisobga olingan holda jarayonning optimal boshqarish parametrlarini aniqlash amalga oshiriladi. Optimallashtirish jarayoni texnologik samaradorlikni oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va mahsulot sifatini barqaror ta'minlashga qaratilgan bo'lib, u APC darajasida amalga oshiriladi. Olingan optimal boshqaruv qarorlari koordinatsion boshqarish algoritmi orqali taqsimlangan boshqarish tizimiga uzatiladi.

Taqsimlangan boshqarish tizimi real vaqt rejimida ijro qurilmalari orqali boshqarish obyektiga bevosita ta'sir ko'rsatib, texnologik jarayonning barqarorligini va ishonchliligini ta'minlaydi.



9-rasm. Chigitdan yog‘ olish jarayonlarini takomillashgan boshqarish tizimini struktura sxemasi

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan model, algoritm hamda dasturiy vositalar “Yangiyo‘l yog‘-moy” zavodida sinovdan o‘tdi va uning natijalariga ko‘ra yog‘ konsentratsiyasi 3-5% gacha yaxshilandi.

XULOSA

1. O‘simlik urug‘laridan yog‘ ajratib olish jarayonlarini xususiyatlari, boshqaruv tizimlarini hozirgi holati, modellashtirish, optimallashtirish va boshqarish usullarini tahlil qilib avtomatlashtirish va boshqarishni takomillashtirish omillari belgilandi.

2. Presslash, ekstraksiyalash, rafinatsiyalash jarayonlarini modda va issiqlik almashinuv, fizik, mexanik hamda kimyoviy qonuniyatlar asosida analitkli ifodalash, matematik modellashtirish ishlari amalga oshirildi. Bu jarayonlarni holatini aniq baholash va unga ko‘ra boshqaruv qaroridan qabul qilish imkonini berdi.

3. Tadqiq qilinayotgan jarayonlar uchun tanlangan mezon, qo‘yilgan chegaraviy shartlar hamda yechish usuli asosida optimallashtirish algoritmi ishlab chiqildi, ularga ko‘ra optimallashtirish masalasi yechildi.

4. Qo‘yilgan optimallashtirish masalasini yechish uchun har bir jarayonga alohida mezonlar tanlandi, chegaraviy shartlar belgilandi hamda yechish usullari asoslandi. Bu optimallashtirish algoritmini shakllantirish imkonini beradi.

5. Bir biri bilan uzviy bog‘langan yirik yog‘ olish majmuasini jarayonlarini boshqarish uchun iteratsiyasiz kvazichiziqlashgan koordinatsion boshqarish algoritmi ishlab chiqildi. Ushbu algoritm jarayonlarni holatini baholash orqali tezkor boshqaruvni amalga oshirish imkonini berdi.

6. Yog‘-moy korxonalarini uchun takomillashgan boshqaruv tizimini funksional-struktura sxemasi ishlab chiqildi.

7. Mavjud tizimlardan farqli presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarini birgalikda koordinatsiyalash tufayli optimal boshqaruvchi amalga oshiruvga erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSC.03/26.05.2022.Т.10.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

ИСАКОВА МАТЛУБА АБДУХАЛИМОВНА

**РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРАКЦИИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент -2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2024.4.PhD/T5077.

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tiiame.uz) и в Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Исмаилов Мирхалил Агзамович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Алимова Нодира Батиржановна
доктор технических наук, профессор

Туракулов Зафар Сафарович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Бухарский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2026 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc.03/26.05.2022.T.10.05 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Кори Ниязий, 39. Тел.: (99871) 237-46-68, факс: +(99871) 237-19-36, e-mail: admin@tiiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (регистрационный номер № _____). (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Кори Ниязий, 39. Тел.: (99871) 237-46-68).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2026 года.
(протокол рассылки № _____ от «_____» _____ 2026 г.).

Н.С.Маматов

Председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

Д.К.Бекмуратов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, доктор философии по техническим наукам (PhD)

С.С.Раджабов

Председатель научного семинара при Ученом совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, старший научный сотрудник.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Вопросы исследования и совершенствования процессов извлечения масла из семян растений в глобальном штабе в настоящее время становится важной составляющей глобальной продовольственной безопасности. Рост численности населения мира, неуклонное увеличение вопросов на масложировую продукцию, а также ограниченность сырьевой базы объективно определяют необходимость научно обоснованной оптимизации производственных процессов. Сложная физико-химическая природа технологических процессов, многофакторность и недостаточная точность традиционных методов требуют разработки новых научных подходов. При этом особое внимание уделяется повышению эффективности производства, увеличению выхода масла, улучшению качества продукции и исследованию системы управления с учетом концентрации вредных веществ.

В мировой научной практике с целью интенсификации процессов извлечения масел активно исследуются передовые методы, такие как ультразвуковая кавитация, микроволновая экстракция, сверхкритический CO₂ и технологии импульсного электрического поля (ИЭП). Однако данные технологии требуют применения специализированного оборудования нового поколения, разработки специальных конструктивных решений, а также значительных капитальных затрат. В Республике широко распространённые в масложировой промышленности ленточные экстракторы типа НД-1250 имеют стандартную конструкцию, разработанную ещё в советский период, и их технико-технологические параметры конструктивно исключают возможность установки ультразвуковых генераторов, микроволновых установок или реализации режимов сверхкритического давления. В таких условиях внедрение современных методов интенсификации в существующее промышленное оборудование является технически и экономически нецелесообразным. В связи с этим одной из актуальных задач является глубокое научное исследование физико-химических закономерностей процесса извлечения масла, протекающего в экстракторе НД-1250, построение новых математических моделей кинетики процесса на основе линейных и нелинейных динамических задач, а также разработка численных алгоритмов их решения и соответствующего программного обеспечения.

В Республике уделяется особое внимание вопросам расширения производства экологически чистой продукции на основе химической промышленности, нефтегазового сектора и сельскохозяйственного сырья с целью повышения экспортного потенциала и укрепления продовольственной безопасности. В реализации данных целей, в частности, в указах Президента Республики Узбекистан определены задачи, такие как «широкое внедрение ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий в экономике», «укрепление продовольственной безопасности», а также «увеличение производства экологически чистой продукции». В рамках реализации указанных задач приоритетными научными направлениями в области математического моделирования и оптимизации процессов прессования, экстракции и рафинации

являются: описание кинетики прессования в виде системы уравнений, основанных на физико-химических закономерностях, с учётом степени измельчения сырья и разрушения его структуры; разработка модели экстракции, полно описывающей механизм перехода масла из внутренней структуры семян в растворитель; формирование уравнений, количественно характеризующих генерацию вредных веществ на стадиях рафинации, а также создание интегрального алгоритма оптимизации, охватывающего все этапы процесса. Комплексное решение данных задач является одной из важнейших теоретических и практических основ научно обоснованного повышения эффективности производства.

Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 года № ПФ-6079 «Утверждение стратегии «Цифровой Узбекистан 2021-2030» предусматривает совершенствование и автоматизацию производственных и управленческих процессов, а также повышение эффективности учета зарубежных цифровых технологий. Также в Указе Президента от 18 ноября 2025 года № ПФ-59 "О мерах по снижению производственных затрат и повышению эффективности предприятий с государственным участием", а также в постановлениях от 12 января 2024 года № PQ-48 "О дополнительный меракс по поддержке развития ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий» 4 октября, 2025 № ПК-295 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности в регионах и привлечению промышленных предприятий к экспортной деятельности» определены задачи по активизации промышленного потенциала регионов, увеличению объемов производства, внедрению высокотехнологичных экетов и расширение внутреннего производства и экспортных рынков.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с IV приоритетным направлением развития науки и технологий республики «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Экстрактивные задачи изучались валими зарубежными учеными, среди которых Х. О. Чжао, Г. Дж. Ронг, Р. Б. Берд, У. Э. Стюарт, Э. Н. Ле, Э. А. Дельгадилло, М. Л. Ферон, Дж. М. Смит, М. К. Бхуйя, М. Г. Расул, М. К. Хан, Н. А. Ашват, А.К. Азад, М.П. Мофиджур, А.В. Кириллов, А.Л. Биглер и другие, внесшие значительный вклад в развитие области данных.

В Узбекистане в развитие процессов получения масла, совершенствование технологий переработки, а также внедрение энергоэффективных и экологически безопасных процессов внесли и продолжают вносить значительный вклад Н.Р. Юсупбеков,

Ҳ.З. Игамбердиев, С.А. Абдуракхимов, Ш.М. Гулямов, М.А. Карабаева, М.А. Исмаилов, Й.Ш. Авазов, Р.Р. Рамазонов, С.А. Ғайбуллаев, Ш.А. Караматов, И.А. Юсупов, Б.Т. Ҳамидов, А.О. Жабборов и другие.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по проекту ОТ-F7-88

«Совершенствование теоретических основ перспективных сложных химико-технологических систем с энерго и ресурсосберегающими процессами тепло- и массообмена для получения чистых продуктов» (2020–2025).

Цель исследования разработка усовершенствованной системы управления процессом получения масла из растительного сырья на основе моделей и алгоритмов.

Задачи исследования:

систематический анализ текущего состояния процесса получения растительного сырья;

разработка математической модели процессов прессования, экстракции и рафинирования объектов управления на основе физико-химических закономерностей;

разработка алгоритма математического моделирования основных процессов получения растительного масла;

выбор критериев оптимизации процессов производства масла и разработка соответствующих алгоритмов;

разработка алгоритма и программного обеспечения координационного управления технологическим комплексом процесса получения масла;

внедрение усовершенствованной системы управления исследованным процессом экстракции на основе разработанной модели и алгоритмов в промышленных условиях.

Объект исследования усовершенствованная система управления технологическим комплексом получения растительных масел из хлопковых семян.

Предмет исследования составляют модели, программное обеспечение и алгоритмы систем управления процессами получения масла из растительных семян.

Методы исследования. В ходе исследования использованы методы системного анализа, моделирования технологических комплексных моделей, оптимизации и цифровизации, технологических измерений, а также принципы управления.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель процесса получения масла из растительных семян, основанная на закономерностях массообмена;

разработан алгоритм анализа состояния технологического комплекса процессов дробления растительных семян, прессования масла и его очистки от жирных кислот;

выбраны критерии, характеризующие основные показатели процессов прессования, экстракции и рафинирования, и разработан алгоритм оптимизации, позволяющий находить их экстремальные значения;

разработан алгоритм координационного управления, обеспечивающий согласование процессов получения масла из растительных семян.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

в результате математического моделирования процесса получения масла из хлопковых семян определены основные показатели, характеризующие возможности управления процессами массообмена;

разработаны алгоритмы определения и оценки состояния основных этапов процесса получения масла, включая дробление семян, прессование масла и его очистку;

разработана усовершенствованная система управления, основанная на расчетных методах, позволяющая оценивать и оптимизировать процесс получения масла из хлопковых семян.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что выполнены методически обоснованные теоретические расчёты, дана оценка процесса получения масла из хлопковых семян на основе закономерностей массообмена, использованы математические модели и расчётные алгоритмы, прогнозирующие показатели качества конечного продукта, а также согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, проведённых с использованием методов и средств оптимизации сложных систем при оптимизации технологических процессов, и положительными результатами промышленно-испытательных экспериментов.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется возможностью прогнозирования качества конечного продукта в соответствии с общепринятыми критериями эффективности и конструктивным методом построения оптимальной системы управления технологическим процессом получения масла из хлопковых семян в классе усовершенствованных систем управления.

Практическая значимость результатов исследования определяется программной реализацией методики разработки перспективных систем управления, обладающих прогнозирующей моделью процесса получения масла в режиме реального времени, а также алгоритмами и программным обеспечением, обеспечивающими определение и контроль качества продукции в составе системы управления, что в результате повышает достоверность и оперативность получаемых оценок.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по оптимальному управлению технологическими процессами получения растительных масел:

на основе использования вычислительного алгоритма, формирующего управление оценкой состояния процесса получения масла из растительных семян, разработанная система оптимального управления многостадийным технологическим процессом экстракции растительных масел внедрена на АО «Янгиюль ёг-мой» (справка Ассоциации предприятий «Ўзёгмойсаноат» № КС/З-352 от 10 ноября 2024 года). В результате достигнута возможность повышения концентрации масла на 3-5%;

Математическая модель, основанная на закономерностях массообмена, и разработанное в соответствии с ней программное обеспечение внедрены в производство АО «Янгиюль ёг-мой» (справка Ассоциации предприятий

«Ўзёгмойсаноат» № КС/3-352 от 10 ноября 2024 года). В результате обеспечено сокращение общего времени, затрачиваемого на процесс экстракции, на 9%;

Разработана прогнозирующая математическая модель процесса получения масла из хлопковых семян, основанная на закономерностях массообмена, и внедрена на АО «Янгиюль ёг-мой» (справка Ассоциации предприятий «Ўзёгмойсаноат» № КС/3-352 от 10 ноября 2024 года). В результате предложен алгоритм координационного управления, обеспечивающий повышение качества масложировой продукции и согласование процессов прессования, экстракции и рафинирования.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации всего опубликовано 20 научных работ, в том числе 7 научных статей в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов докторских диссертаций, из них 3 статей в международных журналах и 4 статей в республиканских журналах, а также получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Основная часть диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении в этой части определяется актуальность научно-технической проблемы, определяются основные задачи, предмет и цель исследования. Также анализируется степень соответствия темы исследования приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан и освещается предшествующий уровень разработки темы.

Представлена научная новизна исследования и описывается его практическая направленность. Обосновываются достоверность и обоснованность полученных результатов, поясняется их научно-практическая значимость. Также приводится информация об апробации исследования.

Первая глава диссертации под названием **«Современное состояние управления процессом извлечения масла из растительного сырья»** состоит из четырех параграфов и исследует особенности процессов извлечения масла из семян растений, современное состояние систем автоматизации и управления растительными маслами, методы моделирования и оптимизации и управления процессом извлечения масла из хлопчатника, а также цели и задачи диссертационной работы.

В данной главе анализируется научная литература по технологическим основам процессов извлечения масла из растительного сырья и их системам управления. В частности, дается обзор существующих изобретений, патентов и авторских прав, а также рассматриваются пути повышения эффективности процессов экстракции.



Рис. 1. Блок-схема процесса извлечения масла из семян растений

Для обеспечения высокого качества и экономической эффективности процессов экстракции растительных масел на современных промышленных предприятиях большое значение имеет использование оптимальных систем управления. Эти системы управления обеспечивают стабильную работу технологических процессов и повышение эффективности производства за счет статической и динамической оптимизации. При этом одной из основных задач является достижение максимальной производительности, минимизация энергозатрат и поддержание качества конечного продукта на требуемом уровне.

Рациональное использование ресурсов в процессах экстракции и производство высококачественных растительных масел с минимальными энергозатратами являются одной из наиболее актуальных проблем, что требует перехода к эффективным системам контроля качества. В противном случае производство высококачественных рафинированных растительных масел станет невозможным. Современные подходы к управлению обеспечивают не только выпуск качественной продукции, но и предотвращение выпуска некачественной продукции.

Анализ литературы показывает, что в настоящее время информационные системы, необходимые для оптимального управления установками экстракции и рафинации растительных масел, недостаточно развиты. В частности, ощущается нехватка анализаторов расхода для мониторинга и управления процессами в режиме реального времени. Поэтому разработка систем виртуального мониторинга процессов экстракции в промышленных масштабах, расширение их функциональных возможностей и оптимизация процессов управления остается важной научной и практической задачей.

Вторая глава диссертации называется «**Математические модели процесса извлечения масла из семян растений**». В главе рассматриваются вопросы

создания и анализа математических моделей основных стадий производства растительного масла – прессования, экстракции и рафинации.

На рисунке 2 представлена математическая модель процесса прессования, основанная на «замкнутом цикле», разработанная для ускорения химических и диффузионных процессов при извлечении масла из семян растений, оценки степени разложения и снижения энергопотребления при достаточном разложении.

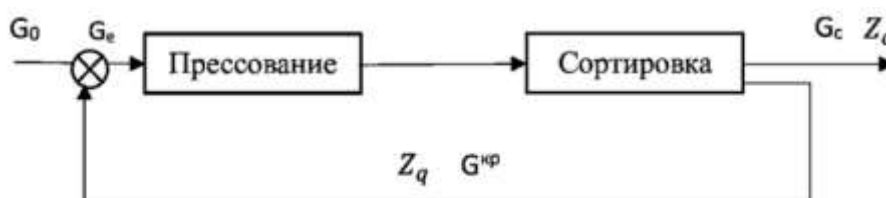


Рис. 2. Блок-схема процесса прессования и сортировки, основанного на «замкнутом цикле»

Размер семян (размер частиц) определяли методом ситового анализа.

Для эксперимента брали образец семян и просеивали его через набор лабораторных сит (ГОСТ 6613-86) с помощью ситовой машины в течение 10-15 минут.

$$\left[\begin{array}{l} d_{cp.} = \frac{\sum d_i}{n}, \\ E_y = E_0 \cdot e^{kt} \\ k = k_1 + \frac{k_2}{E_y} \\ G_c = \frac{m_{np.}}{m_{общ.}} \cdot 100\% \\ Z_q + Z_c = Z, (Z = 1) \\ G_e = G_y + G_0 \\ G_y = G_0 \cdot e^{-kt} \\ G_{масло} = G_{max} \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{kt}}\right) \end{array} \right. \quad (1)$$

Результаты моделирования процесса прессования в зависимости от основных управляющих параметров: времени, степени измельчения и содержания масла.

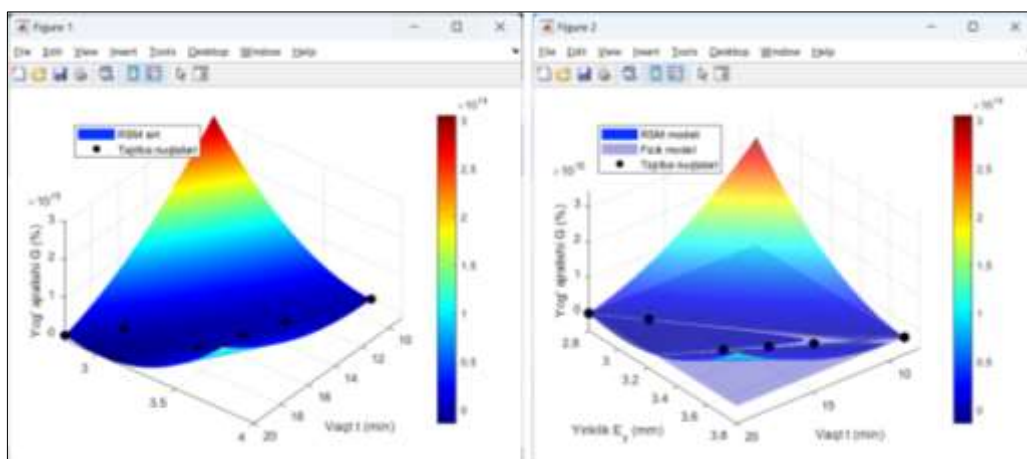


Рис. 3. Результаты моделирования процесса прессования

Процесс экстракции растительных масел представляет собой многопараметрический объект управления. На рисунке 3 приведено полное математическое описание процесса отбора масла. Получены математические модели процессов, происходящих при заборе масла из семян, посредством метода, описывающего биологические, физические процессы, процессы массо- и теплообмена, а также гидродинамическое состояние потока.

$$\begin{cases}
 \frac{dG_{\text{масло}}}{dt} = \varepsilon_d \cdot F_t (C_u + C_e) - Q_0 \frac{(1-c_0)}{1-c}, \\
 \frac{dG_{\text{масло}}}{dt} = k_d \cdot \frac{V}{m} [C_u - k_t \cdot C_e], \\
 \frac{dC_z}{dt} = k_z (C_{z,0} - C_z) \cdot \left(\frac{C_{e,y}}{C_{\bar{y}}}\right)^\alpha \cdot e^{\frac{-E_z}{RT}}, \\
 \frac{d\xi}{dt} = k \cdot \xi(1-\xi) \cdot e^{\left(\frac{-E_\xi}{RT}\right)}, \\
 \frac{dC_{u,y,k}}{dt} = -k_u \cdot \xi (C_{u,y} - \beta C_{m,y}) e^{\left(\frac{-E_q}{RT}\right)}, \\
 \frac{dC_{m,t,y,k}}{dt} = k_y \cdot \xi \left(\frac{C_{u,y}}{\beta} - C_{m,y}\right) e^{\frac{-E_q}{RT}}, \\
 k = k_0 \cdot e^{\frac{-E_q}{RT}}.
 \end{cases} \quad (4)$$

При получении результатов моделирования в программе MATLAB использовались следующие значения, полученные экспериментальным путём: $k_\xi = 0.25$; $E_\xi = 2400$; $k_u = 0.18$; $E_\xi = 2100$; $k_y = 0.15$; $E_s = 1950$; $k_z = 0.012$; $E_z = 2800$; $k_d = 0.035$, $k_t = 0.30$, $a = 0.035$, $b = 0.25$.

С целью повышения эффективности процесса экстракции следует оценить его моделирование с использованием приведенных математических

выражений (4). Для этого значения заданных управляющих параметров были проведены экспериментальным путём.

Решение дифференциальных результатов, описывающих динамические изменения во времени, аналитические методы во многих случаях являются сложными или невозможными. Поэтому для решения таких систем применяются методы последовательного интегрирования.

Одним из подходов к реализации математических выражений, разработанных для процесса прессования, является метод Рунге–Кутты, относящийся к классу одношаговых методов. В данном случае $f(y, t)$ включает следующие компоненты: имеется три дифференциальных уравнения, описывающих кинетику процесса, которые отражают изменение во времени концентрации растворителя $C_p(t)$, количества конечного продукта $G_{мас}(t)$ концентрации вредных веществ в масле $C_z(t)$, степени разрушения растительного сырья $\xi(t)$, концентрации масла, выделенного из семян $C_{сем}(t)$, а также концентрации масла, выделенного из мицеллы $C_{м.м}(t)$. Для представления целей этих данных в удобной и компактной форме, как в формуле (5), были приведены к векторному виду:

$$y(t) = \begin{pmatrix} G_{масло}(t) \\ C_p(t) \\ C_z(t) \\ \xi(t) \\ C_{сем}(t) \\ C_m(t) \end{pmatrix}, \frac{dy}{dt} = f(y, t) \quad (5)$$

(6) Кинетический коэффициент $k(t)$ определен уравнениями Аррениуса:

$$k = k_0 \cdot e^{\frac{-E_q}{RT}} \quad (6)$$

Для систем в векторной форме формулу метода Рунге-Кутты нужно записать следующим образом:

$$\begin{cases} k_1 = h \cdot f(y_n, t_n), \\ k_2 = h \cdot f(y_n + \frac{k_1}{2}, t_n + \frac{h}{2}), \\ k_3 = h \cdot f(y_n + \frac{k_2}{2}, t_n + \frac{h}{2}), \\ k_4 = h \cdot f(y_n + k_3, t_n + h). \end{cases} \quad (7)$$

Здесь h -шаг интеграции; его небольшое значение повышает точность оценки.

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (8)$$

На каждом шаге коэффициент расчёта по уравнению Аррениуса

меняется, и тем самым каждый элемент системы пересчитывается с учётом температуры в зависимости от времени.

В процессе математического рассмотрения дифференциальное уравнение (8) с использованием метода Рунге-Кутты решило, что результаты восстанавливают гладкие, устойчивые и полностью соответствующие выраженному смыслу закономерности изменения кинетических процессов во времени.

Результаты математической модели, разработанной на основе физико-химических закономерностей для масла, полученных методом данной экстракции, были реализованы в программе MATLAB в следующей последовательности (рис. 4).

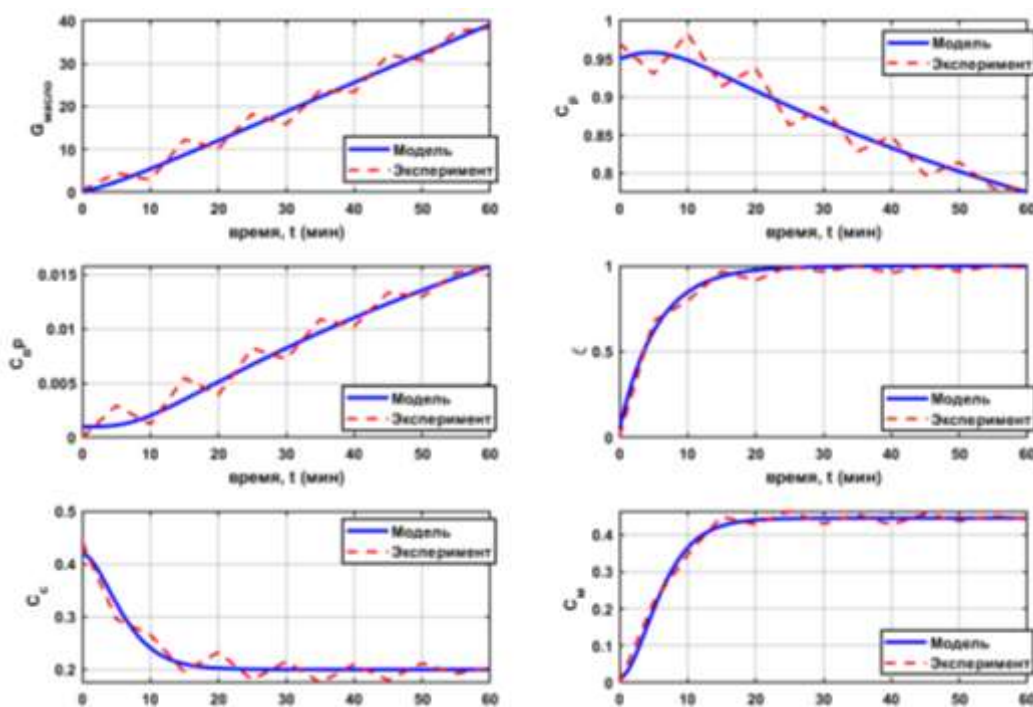


Рис. 4. Результаты процесса экстракции

В результате по данной последовательности были получены математические зависимости от содержащих растворитель, содержащих масло, а также общий выход масла из процесса. Кроме того, разработаны выражения, описывающие поэтапное разрушение клеточной структуры семян, вызывающее проникновение растворителя при экстракции. Этот процесс одновременно определяется как извлечение масла, так и переход вредных веществ. В модели введена новая переменная — степень разрушения структуры семян $\xi(t)$. Этот параметр характеризует степень воздействия растворителя на ткань семян и связывает между собой все протекающие процессы.

$\xi=0$ семья соединений, структура не нарушена (начало процесса), $\xi=1$ структура полностью разрушена (конец процесса). Основной принцип состоит в том, что и масло, и вредные вещества переходят из семени лишь в той степени, в какой нарушена его структура.

Третья глава под названием «Алгоритмы оперативного управления процессом получения масла» посвятила постановке задачи по оптимизации: при получении масла из семян осуществляется многостадийно посредством прессования, экстракции и рафинирования для оценки общей эффективности проведён системный анализ экономических, технологических и качественных показателей на каждом этапе.

Основная цель оптимизации процесса экстракции — получение максимального количества масла из заданного сырья. Эту цель выражают с помощью следующего математического критерия (9).

$$R_{\text{экс}} = \left(\frac{m_0 C + k_y (1 - e^{-aCt}) T}{m_0 C} \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

Для максимизации критериев устойчивости в рамках существующего ограничения математической модели вы устанавливаете набор параметров. В процессе оптимизации поддерживаются следующие граничные условия (10):

$$\begin{aligned} T^{\min} &\leq T_{\text{эк}} \leq T^{\max} \\ C^{\min} &\leq C_{\text{эк}} \leq C^{\max} \\ t^{\min} &\leq t_{\text{эк}} \leq t^{\max} \end{aligned} \quad (10)$$

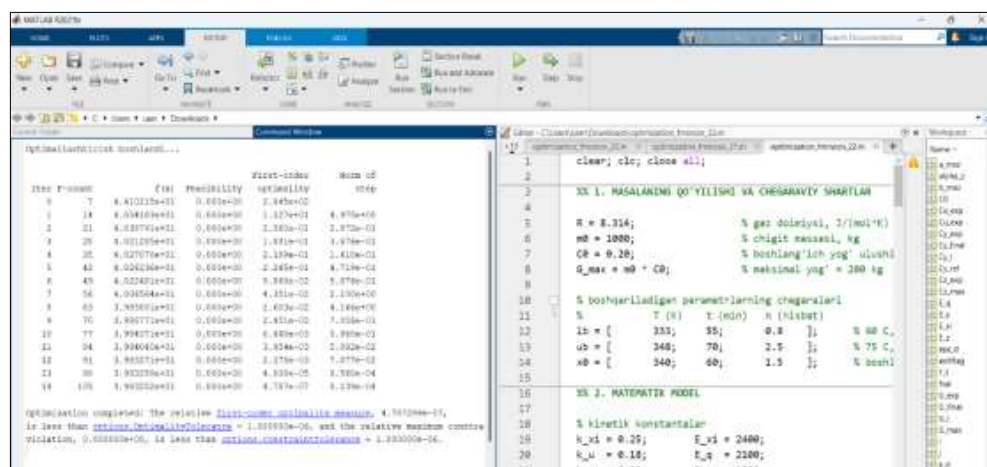


Рис. 5. Итерационная оптимизация процесса экстракции в среде MATLAB с использованием алгоритма `fmincon`

Задача оптимизации процесса извлечения с учетом данных граничных условий и критериев числа была решена в программе MATLAB с использованием алгоритма `fmincon` (рис. 5).

При определении температуры, содержаний растворителя и времени необходимо измерить $R_{\text{экс}}$. Для определения оптимальных результатов по заданному критерию использовались результаты анализа литературы, а также соответствующие граничные условия и экспериментальные данные.

С использованием программы MATLAB представлен процесс оптимизации извлечения по итерациям. Как видно из рис. 6, в ходе итераций целевая функция монотонно притягивает, при этом ограничения не

нарушаются, критерии эффективности последовательности первого порядка, и в результате устойчивое надежное решение.

```

OPTIMALLASHTIRISH NATIJALARI
-----
Optimal harorat:      60.0 C (333.0 K)
Optimal vaqt:        57.9 min
Optimal erituvchi nisbati: 0.80
-----
Yog' chiqishi:       105.2 kg (10.5%)
Zararli moddalar (Cz): 0.00559 kg/kg
Buzilish darajasi (xi): 0.998
R_eks (mezon):       93.33%
Cost function qiymati: 39.832516
-----
fmincon: exitflag = 1, iteratsiyalar = 14
fx >> |
-----
Ready

```

Рис. 5. Результаты оптимизации процесса экстракции, полученные в программе MATLAB

Согласно результатам оптимизации, для процесса установлены следующие оптимальные параметры: температура $T^* = 60^\circ\text{C}$, время $t^* = 57.9$ мин, концентрация масла $C^* = 0.8\%$, содержание масла в сырье $G_{\text{мас}}^* = 10.5\%$, степень разрушения семени $C_z = 0.00559\%$, $\xi = 0.99$ а также оптимальная степень экстракции $R^* = 93.33\%$.

Эти значения характеризуют рабочую точку процесса экстракции, что соответствует высокой эффективности и приводит к тому, что практически происходит извлечение масла из источника. Физико-химическая интерпретация полученных оптимальных параметров обеспечивает чувствительность кинетических процессов и хорошее соответствие оптимизационной модели реальным технологическим режимам.

Для управления процессами крупного комплекса по производству масла, связанными между собой, разработан итерационный квазилинейный координационный алгоритм управления (рис. 7).

Алгоритм координационного управления был создан в следующей последовательности:

1) В результате текущего состояния (X^j, U^j) и оптимизации определяются оптимальные значения управляющих параметров $(X_j^{\text{опт}}, U_i^{\text{опт}})$.

2) Определяются пороговые значения параметров:

$\tilde{X}_j^j \leq X_j^j \leq \tilde{\tilde{X}}_j^j, \tilde{U}_i^j \leq U_i^j \leq \tilde{\tilde{U}}_i^j$ в данном случае $\tilde{X}_j^j, \tilde{\tilde{X}}_j^j$ - малые и большие предельные значения входных и управляющих параметров;

$\tilde{U}_i^j, \tilde{\tilde{U}}_i^j$ - малые и большие значения выходных параметров. Если это предельное условие не выполняется, система управления возвращает автоматическое состояние и подает аварийный сигнал.

3) Если $(U_i^{\text{опт}} - U_i^j) \geq \sigma$ то $X_j^i = X_j^{\text{опт}}$ и управление по j-му каналу не меняется ($0 \leq \delta$ -уровень точности модели);

Если $(U_i^{\text{опт}} - U_i^j) \leq \sigma$ то рассматриваются следующие условия:

а) когда $(X_j^{\text{опт}} - U_j^j) \leq \varepsilon_i$ то управляющее влияние по X_j^j не меняется;

б) Если $(X_j^{\text{опт}} - X_j^j) \geq \varepsilon_i$ или $\|X_j^{\text{опт}} - X_j^j\| = \Delta x > \varepsilon_i$ то по j каналу настраиваемому участку подается команда управления для минимизации Δx_i ;

4) Выбирается такое управляющее воздействие $\Delta U(X_i)$ которое минимизирует Δx_i . Выбор $\Delta U(X_i)$ находится в следующем порядке.

Существует управление, соответствующее предельному значению каждого управляющего параметра, т.е. $U(\tilde{X}_j) \leq U(X_j) \leq U(\tilde{\tilde{X}}_j)$, $(\tilde{X}_j) \leq (X_j) \leq (\tilde{\tilde{X}}_j)$.

5) Исходя из свойств объекта управления, запишем следующие условия:

а) $U(U_i' + U_i'') = U(X_j') \pm U(X_j'')$, где $U(X_j')$, $U(X_j'')$ управляющее воздействие, соответствующее первому и второму значениям X_i ;

б) $U(CX_j') = U(CX_j'')$, здесь $C = \text{const}$, для любого значения X_j^i - управляющее воздействие $U(X_j^j) = U(\tilde{\tilde{X}}_j) X_j^j / \tilde{\tilde{X}}_j$. Отсюда следует, что управляющим воздействием Δx_i является $U(\Delta x_i) = U(\tilde{\tilde{X}}_j) \Delta X_i / \tilde{\tilde{X}}_j$.

В результате этого задается управляющее воздействие для достижения значения $X_j^{\text{опт}}$.

$$U(X_j^{\text{опт}}) = U(X_j^t + \Delta X_i) + \text{sign}(U + \Delta X_i) \quad (11)$$

Это уравнение рассчитывает оптимальное значение параметров k-управления и реализует оптимальное управление путем увеличения или уменьшения (11) значения U_k^j на ΔU_k .

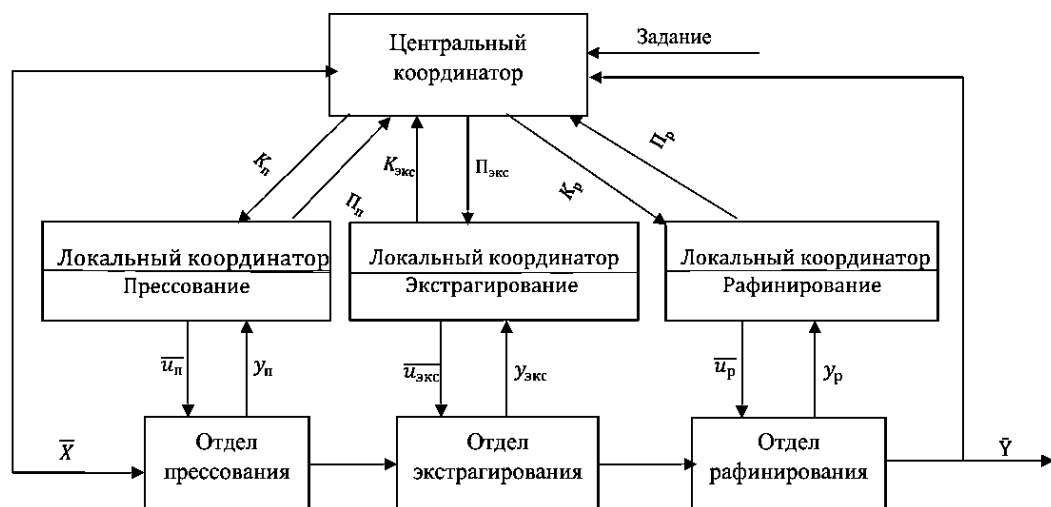


Рис. 7. Алгоритм координационного управления процессом экстракции масла из семян

Четвёртая глава под названием **«Результаты испытания процесса получения масла из семян»** посвящена тому, что применение современных систем автоматического управления позволяет добиться значительных результатов в оптимизации и автоматизации производственных процессов на предприятии.

Промышленность в производстве растительных масел, в частности крупных предприятий, таких как «Янгиюль ёғ-мой», нуждается в прогрессивных технологиях для обеспечения стабильного качества, повышения эффективности и сохранения конкурентоспособности.

В настоящее время применение современных систем автоматического управления позволяет добиться значительных результатов в оптимизации и автоматизации производственных процессов на предприятиях. Данный подход обеспечивает высокий уровень над технологическими процессами, повышение точности и обеспечение гарантированной энергоэффективности.

В верхней части схемы в качестве центрального объекта размещён «Технологический процесс», который управляется с помощью контрольно-измерительных приборов и элементов автоматики. Кроме того, система обработки информации и управления координирует деятельность оператора-технолога и обеспечивает непрерывный процесс мониторинга. Математическая модель каждого производственного процесса сформирована на основе веществ, описывающих статические и изменяющие параметры процесса, что позволяет определять изменение его состояния во времени.

Результаты анализа передаются в блоке оптимизации, где с учётом технологических ограничений, показателей качества и методов обеспечения реализации определены оптимальные параметры управления процессом.

Оптимизация процесса направлена на повышение технологической эффективности, разумное использование ресурсов и обеспечение стабильного качества продукции и реализуется на уровне АРС. Полученные оптимальные управляющие воздействия передаются в распределённую систему управления посредством координационного алгоритма управления.

Существующая система управления в режиме времени оказывает непосредственное воздействие на объект управления через исполнительные устройства, обеспечивая стабильность и надёжность технологического процесса. В то же время блокирование принятия решений верхнего уровня и оператор (лицо, принимающее решения) имеют возможность отслеживать состояние процесса, вмешиваться в аварийные ситуации и адаптировать стратегию управления.

Результаты анализа передаются в блок оптимизации, где с учетом технологических ограничений, показателей качества и способа управления определяется набор параметров управления процессом. Оптимизация процесса направлена на повышение технологической эффективности, разумное использование ресурсов и обеспечение стабильного качества продукции и реализуется на уровне АРС. Полученные оптимальные

управляющие решения передаются в распределенную систему управления посредством координационного алгоритма.

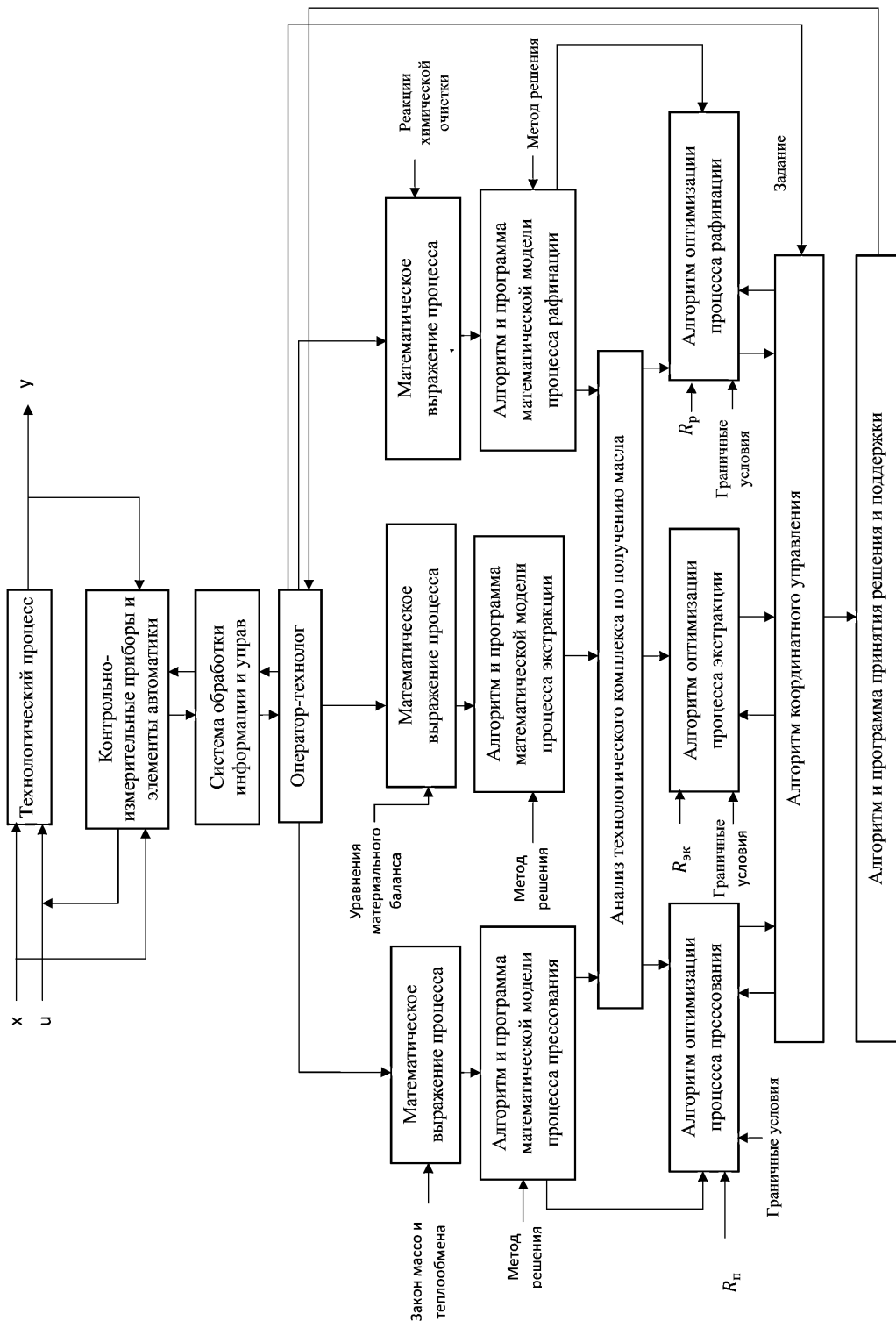


Рис. 9. Структурная схема усовершенствованной системы управления процессом получения масла из хлопкового семени

Распределённая система управления в режиме времени оказывает непосредственное воздействие на объект управления через исполнительные устройства, обеспечивая стабильность и надёжность технологического процесса.

Разработанные в рамках исследования модели, алгоритмы и программные средства прошли испытания на заводе «Янгиюль ёғ-мой», и по их результатам концентрация масла снизилась на 3–5 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По теме «Разработка усовершенствованной системы управления процессом экстракции растительных масел» сделаны следующие основные выводы:

1. На основе анализа основных процессов изъятия масла из растительных семян, текущего состояния систем управления, а также методов исследования, оптимизации и управления были ступенчатые факторы с появлением автоматизации и управления.

2. Представлены работы по аналитическому описанию и математическому моделированию процессов прессования, экстракции и рафинирования на основе закономерностей массо- и теплообмена, а также физических, механических и физических сил. Это решение точно оценивает состояние процессов и на этой основе принимает управленческие решения.

3. Для определения процессов на основе двух критериев, заданных граничных условий и метода решения был разработан алгоритм оптимизации, в соответствии с которым была решена задача оптимизации.

4. Для решения поставленной задачи оптимизация каждого процесса выбиралась на основе критериев, заданных граничных условий и обоснованных методов решения. Это разработать алгоритм оптимизации.

5. Для управления процессами крупного комплекса по производству масла, связанными между собой, разработан итерационный квазилинейный координационный алгоритм управления. Данный алгоритм обеспечивает возможность оперативного управления на основе оценки состояния процессов.

6. Разработана функционально-структурная схема модернизированной системы управления предприятиями масложировой промышленности.

7. В отличие от нынешних систем, благодаря объединению процессов прессования, экстракции и рафинирования достигнуто производство экономического управления.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/26.05.2022.T.10.05 AT THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS»**

**«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

ISAQOVA MATLUBA ABDUHALIMOVNA

**DEVELOPMENT OF AN IMPROVED CONTROL SYSTEM FOR THE
PROCESS OF EXTRACTING VEGETABLE OILS**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and productions

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

Tashkent – 2026

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2024.4.PhD/T5077.

The dissertation was performed at the National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”.

The abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tiame.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Ismailov Mirhalil Agzamovich Doctor of Technical Sciences, professor
Official opponents:	Alimova Nodira Batirjanovna Doctor of Technical Sciences, professor Turakulov Zafar Safarovich Candidate of Technical Sciences, associate professor
Leading Organization:	Buxoro State Technical University

Defense of dissertation will take place in «_____» _____ 2026 at _____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/26.05.2022.T.10.05 at the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel.: (99871) 237-19-36; fax: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiame.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (registration number № _____). Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel: (99871) 237-09-86).

Abstract of dissertation sent out on «_____» _____ 2026 year.
(mailing report № _____, on «_____» _____ 2026 year).

N.S.Mamatov

Chairman of the Scientific Council on award of scientific degrees, Doctor of technical Sciences, Professor

D.K.Bekmuratov

Scientific secretary of the Scientific Council for awarding academic degrees, Doctor of philosophy in technical Sciences (PhD)

S.S. Radjabov

Chairman of the scientific seminar at the Scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, senior researcher

INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

The aim of the research is to develop an improved control system for the process of oil extraction from plant raw materials based on mathematical models and algorithms.

The object of the study is an improved control system for the technological complex for extracting vegetable oils from seeds.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a mathematical model of the oil extraction process from plant seeds based on mass transfer laws has been developed;

an algorithm for analyzing the state of the technological complex of plant seed crushing, oil pressing, and fatty acid removal processes has been developed;

criteria representing the key performance indicators of the pressing, extraction, and refining processes have been selected, and an optimization algorithm for determining their optimum values has been developed;

a coordinated control algorithm enabling the synchronization of the oil extraction processes from plant seeds has been developed.

The practical results of the study mathematical modeling of the oil extraction process from cottonseed was utilized to identify the key indicators of the controllability of the exchange processes. The critical steps in the oil extraction process, including crushing seeds, squeezing oil, and cleaning, were evaluated using developed algorithms.

The process of extracting oil from cottonseed may now be evaluated and optimized thanks to the development of an enhanced control system based on computational techniques.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the optimal control of vegetable oil extraction processes:

An optimal control system for the multistage technological process of vegetable oil extraction, developed using a computational algorithm for assessing and controlling the oil extraction process from plant seeds, was implemented at Yangiyo‘l Yog‘-Moy JSC (Certificate No. KC/3-352 issued by the Association of Enterprises “O‘ZYOG‘MOYSANOAT” on November 10, 2024). As a result, it became possible to increase the oil concentration by 3–5%.

A mathematical model based on mass transfer principles and the corresponding software developed on its basis were implemented in the production process at Yangiyo‘l Yog‘-Moy JSC (Certificate No. KC/3-352 issued by the Association of Enterprises “O‘ZYOG‘MOYSANOAT” on November 10, 2024). As a result, the total extraction process time was reduced by 9%.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation includes an introduction, four chapters, a conclusion, references, and appendices. The volume of the dissertation is 111 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Часть I, Part I)

1. M.A.Isaqova, M.A.Ismailov, Z.T.Kannazarova, A.J.Isakov, O.J.Pirimov. Oil extraction research on Scopus from 2016 to 2024, a bibliometric overview // Discover Food journal, 2026. Volume 6. №.126. -Pp.1-27. <https://doi.org/10.1007/s44187-026-00868-2>. (№2, Scopus)

2. Sh.B.Umarov, M.A.Isaqova, O.O.Mukhitdinov, Q.U.Boboxujayev, D.M.Abdullayev, L.N.Samiev, N.B.Nosirov, V.O.Sapayev. Decentralized energy management in electrical and thermal microgrids utilizing reinforcement learning // Journal of Operation and Automation in Power Engineering, 2025. Volume 13. Special Issue, -Pp. 45-61. DOI:10.22098/joape.2025.18916.2468. (№3,Scopus)

3. A.Gapparov, M.Isakova. Study on the characteristics of water resources through electrical conductivity: A case study of Uzbekistan // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1142 (2023) 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/1142/1/012057. (№3,Scopus)

4. M.A.Ismailov, M.A.Isaqova. Methods for applying and optimizing digital control systems process of extracting vegetable oils // Chemical Technology, control and management. Tashkent. ISSN 1815-4840, 2024: Issue 5, –B. 42-46. (05.00.00, OAK Rayosatining 2024-yil 27-sentabrdagi 361-son qarori asosida doktorlik dissertatsiyalari natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashr, Scopus bazasida indekslanadi)

5. P.Ж. Баратов, М.А. Исоқова. Ёғни экстракциялаш жараёнини бошқаришнинг ноаниқ манتيқ асосидаги функционал схемаси // Agro ilm jurnal, Toshkent. ISSN 2091-5616. Maxsus son [82], 2022. –B .79-81. (05.00.00, №3)

6. P.Ж. Баратов, М.А. Исоқова. Зиғир мойини экстракциялаш жараёнларини модернизациялаш усуллари // Agro ilm jurnal, Toshkent. ISSN 2091-5616. 4-сон [83], 2022. –B 78-80. (05.00.00, №3)

7. M.A.Isaqova, M.A.Ismailov. Yog'ni ekstraksiyalash jarayonining optimallashtirish masalasining qo'yilishi // O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi jurnal. Toshkent. ISSN 2181-502X. №10, 2024. –B. 33-35. (05.00.00, №3)

II bo'lim (Часть II, Part II)

8. M.A.Isaqova, O'simlik moylarini presslash, ekstraksiya qilish va rafinatsiyalash jarayonlarini optimallashtirish // Development of science, Buxoro. ISSN 3030-3907, 2025, Vol. 6, –B. 210-217. (02.00.00, OAK Rayosatining 2024-yil 27-sentabrdagi 361-son qarori).

9. Ю.Ш. Авазов, М.А. Исоқова. Алгоритмы и системы управления жизненным циклом химико-технологической системы // XVI Международная научно-практическая конференция «Наука и технологии: шаг в будущее». 22–19 января 2020

года. Praha, -Ст. 60-64.

10. Y.Sh.Avazov, M.A.Isoqova. Life cycle of chemical technological processes coordinated control system // Uzacademiya ilmiy uslubiy jurnali. Toshkent. Vol.1, Issue 2, 2020. –В .171-175.

11. M.A.Isakova, M.A.Ismailov. Setting the problem of optimization of the oil extraction process, Excellencia international multi-disciplinary journal of education. DOI: <https://doi.org/10.5281/>. August 2024. –В. 259-262.

12. Ismailov M.A., Isokova M.A. An information-conceptual model of the extraction process of plant raw materials // Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research. Vol. 10, Issue 09, September 2023. – Pp. 458–462. ISSN 2349-5707, eISSN 2349-5715. (SJIF 6.980).

13. Ю.Ш. Авазов, М.А. Исоқова. Ахборот – бошқариш тизимларининг ҳаётий циклини бошқариш // “Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни” Республика илмий-техникавий анжуман 2020 йил. –Б.124-126.

14. Р.Ж.Баратов, М.А. Исоқова. Ўсимлик мойини экстракциялаш жараёнларини модернизациялаш усуллари // FRANCE international scientific-online conference: “Scientific approach to the modern education system” part 6, 31st july. –Pp.129-135.

15. М.А.Исмаилов, М.А. Исоқова. Кинетик қонуниятлар асосида экстракциялаш жараёнларининг математик ифодаси // “Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги анъанавий XXII илмий, амалий анжумани, Тошкент 2023. 12-13 май. –Б. 1447-1451.

16. Y.Sh.Avazov, A.A.Abdukodirov, M.A.Isoqova. Managing the life cycle of a newly created product // Web of Scientist: International Scientific Research journal. Indoneziya. ISSN 2776-0979. Vol. 2, Issue 5, 2021. –Pp. 871-885.

17. Р.М.Жалолова, М.А. Исақова. О‘zbekiston respublikasiadliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligining №BGU00627 raqamli “Dinamik boshqarish obyektlarining noaniq rostlagichlarini strukturaviy-parametrik sentezlash” mavzusiga oid guvohnoma 15.05.2022.

18. R.J.Baratov, M.A. Isaqova. O‘zbekiston respublikasiadliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligining №DGU17678 raqamli “Zig‘ir moyini ekstraksiyalash jarayonlarini modernizatsiyalash usullari” mavzusiga oid guvohnoma 17.07.2022.

19. М.А.Исақова, М.А.Исмаилов. О‘zbekiston respublikasiadliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligining №DGU38213 raqamli “O‘simlik yog‘larini ekstraksiyalash jarayonlarini komputer modellashtirish” mavzusiga oid guvohnoma 17.05.2024.

20. М.А.Исақова, М.А.Исмаилов. О‘zbekiston respublikasiadliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligining №DGU53562 raqamli “Paxta chigitidan ekstraksiya usulida yog‘ olish jarayonini optimallashtirish” mavzusiga oid guvohnoma 09.07.2025 y.