

**А. ҲАМДАМОВ, А. АРТИКОВ, А. ХУДАЙБЕРДИЕВ**

**ПАХТА МОЙИ МИСЦЕЛЛАСИНИНГ  
ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ  
БОСҚИЧНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

---

**А. ҲАМДАМОВ, А. АРТИКОВ, А. ХУДАЙБЕРДИЕВ**

**ПАХТА МОЙИ МИСЦЕЛЛАСИНИНГ  
ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ  
БОСҚИЧНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**Наманган - 2020**

**А.М. Ҳамдамов, А.А. Артиков, А.А. Худайбердиев. Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёни якуний босқичини такомиллаштириш. - Наманган: НамМТИ, 2020. - 118 б.**

Монография пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёни якуний босқичини такомиллаштириш борасидаги тадқиқотлар натижаларига бағишланган. Унда ўсимлик мойи мисцелласи, экстракцион мой, эркин ёғ кислоталари ҳамда эритувчиларнинг хусусиятлари ва ректификациялаш услубида мой таркибидан эркин ёғ кислоталарини ажратиб олишнинг бугунги кундаги ҳолати таҳлил этилган. Якуний дистилляция жараёни ва қўлланиладиган қурилмалар ҳақида маълумотлар келтирилган. Пахта мойи мисцелласини якуний дистилляциялаш жараёнини тизимли таҳлил қилиш, математик моделлаштириш, оптималлаштириш ва қурилмалар конструкцияларини такомиллаштириш масалалари батафсил ёритилган. Якуний босқич дистилляторларининг янги авлоди - роторли-дискли қурилманинг саноат синовлари натижалари ёритилган. Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш ва таркибидан ёғ кислоталарини ажратиб олиш жараёнларининг оптимал технологик тизими синтез қилиниб, ишлаб чиқаришга жорий этиш учун тавсия этилган.

Монографиядан илмий ходимлар, докторантлар, олий ўқув юрти ўқитувчилари, талабалари ва озиқ-овқат саноати корхоналарининг муҳандис-техник ходимлари фойдаланишлари мумкин.

**Масъул муҳаррир:**

техника фанлари доктори, профессор Абдурахимов С.А.

**Тақризчилар:**

техника фанлари доктори, профессор К.О.Додаев  
“Намангантолатекстил” МЧЖ МЛ бошлиғи А.Охунов.

Наманган муҳандислик-технология институти Илмий кенгашининг 2020 йил “ 29 “ февралдаги 7/6.1.5-сонли қарори билан чоп этишга рухсат берилди.

«Fazilatorgtexservis» нашриёти, 2020 й.

## КИРИШ

**Муаммонинг долзарблиги.** Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг Олий Мажлисга мурожаатномасида иқтисодиётда таркибий ўзгаришларни амалга ошириш, ижтимоий соҳаларни ривожлантириш, халқимизга муносиб турмуш шароитини яратиш, мамлакатимизни янада тараққий эттириш юзасидан устивор вазифаларга алоҳида эътибор қаратди. Жумладан, барқарор иқтисодий ўсишнинг энг муҳим гарови сифатида рақобатдош маҳсулотлар ишлаб чиқариш, улар учун янги халқаро бозорлар топиш ва экспорт ҳажмини кўпайтириш, транзит салоҳиятидан тўлиқ фойдаланиш эканлиги таъкидлаб ўтилди[1].

Шунингдек, ёғ-мой корхоналарини ҳар томонлама ривожлантириш, янги замонавий технологиялар билан жиҳозлаш ва соҳада ягона сиёсат юритилишини таъминлаш мақсадида Ўзбекистон Республикаси Президенти томонидан «Ёғ-мой тармоғини янада ривожлантириш бўйича қўшимча чоратadbирлар ва соҳани бошқаришда бозор механизмларини жорий этиш тўғрисида»ги ПҚ-4118-сонли қарор қабул қилинган. Бу қарорда ёғ-мой саноати корхоналарни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан қайта жиҳозлаш ва янгиларини ташкил этиш бўйича бажариладиган вазифалар белгиланган. Бу вазифаларни амалга оширилиши натижасида жаҳон бозорида талаб мавжуд бўлган янги турдаги рақобатдош товарлар ишлаб чиқаришни ўзлаштириш, республикамизнинг экспорт салоҳиятини юксалтириш, қўшимча маҳсулот ишлаб чиқариш ва ялпи ички маҳсулот ҳажмини сезиларли даражада ошириш имконини беради.

Маълумки, ёғ-мой ишлаб чиқариш тармоғи озиқ-овқат саноатининг етакчи тармоқларидан бири ҳисобланади. Саноатнинг бу тармоғида пахта, соя, рапс ва бошқа ўсимлик уруғлари ҳамда мева данакларидан мойлар олинади. Бу мойлар асосида парфюмерия, фармацевтика ва озиқ-овқат тармоқларида ишлатиладиган ёғлар, маргарин маҳсулотлари, майонез, кирсовун, атирсовун ва техника мақсадлари учун бошқа турдаги маҳсулотлар ишлаб ҳам чиқарилади.

Ёғ-мой саноати корхоналари томонидан ишлаб чиқариладиган маҳсулотларнинг умумий ҳажми республикада тайёрланадиган ялпи озиқ-овқат маҳсулотларининг деярли 40 % -ини ташкил этади. Шу сабабдан, сифат даражаси кафолатланган ва таннархи арзон бўлган маҳсулотлар ассортименти кенгайтириш мақсадида моддий ва энергетик ресурсларни тежаш имконини берувчи самарали технологиялар ҳамда ихчам ва интенсив технологик жиҳозларни озиқ-овқат саноати корхоналарига жорий этиш муаммоси долзарб саналади [2,3].

Ёғ-экстракция заводларида мойли ўсимлик уруғларини пресслаш ва экстракциялаш услублари билан ўсимлик мойлари ишлаб чиқарилади [4-5]. Экстракция жараёнида ҳосил бўлган ўсимлик мойининг бензиндаги эритмаси (мисцелла) таркибидан эритувчини қайта ажратиб олиш учун дистилляция жараёни қўлланилади. Пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш жараёнларининг тизимли таҳлили натижалари бу жараённи янада такомиллаштириш билан боғлиқ масалалар долзарб эканлиги ва уларнинг ечимлари илмий-амалий аҳамиятга эга бўлишини кўрсатмоқда.

Мисцеллани дистилляциялаш жараёнининг якуний босқичи келгуси технологик босқичларни кечишига ўз таъсирини кўрсатувчи ва маҳсулот сифатини кўп жиҳатдан аввалдан белгиловчи босқич ҳисобланади. Ушбу жараённи такомиллаштириш, уни амалга ошириш учун принципиал жиҳатдан янги аппаратлардан фойдаланиш ҳисобига бу жараёнда иккиламчи янги маҳсулот - ёғ кислоталарини ажратиб олиш туфайли жараённинг самарадорлигини янада ошириш айниқса долзарб масала ҳисобланади.

Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёнлари якуний босқичи ва уни амалга ошириш учун саноат амалиётида қўлланилаётган аппаратлар ўзларининг чегаравий имкониятларига эга. Технологик аппаратларни анъанавий услубда такомиллаштириш ишлари амалий жиҳатдан кутилган самарани бермаслиги мумкин. Бу йўналишда сезиларли технологик натижаларга эришиш учун пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш жараёнига янгича ёндашиш, жараённинг назарий ва амалий асосларини янада

ривожлантириш, жараёни янгича, юқори самарали усулларда ташкил этиш ҳамда янги типдаги интенсив қурилмаларни ишлаб чиқиш, саноат синовидан ўтказиш ва ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш талаб этилади. Дистилляция жараёнини математик моделлаштириш ва моделларни компьютерда тадқиқ этиш асосида рационал конструктив-технологик параметрларга эга бўлган ихчам аппаратлар лойиҳалаш, дистилляция қурилмалари тайёрлашда ишлатиладиган конструктив материаллар сарфларини қисқартириш, энергетик (иссиқлик) ресурсларини тежаш йўллари аниқлаш - илмий-амалий аҳамиятга молик бўлган долзарб масала ҳисобланади.

# **I-БОБ. ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ БОСҚИЧНИНГ ЗАМОНАВИЙ ҲОЛАТИ**

## **1.1. Қора экстракцион мой, эритувчи, эркин ёғ кислоталари ва мисцелланинг хусусиятлари**

Ёғ-экстракция заводларида мойли ўсимлик уруғларидан пресшлаш ва экстракциялаш услубларида ўсимлик мойлари ишлаб чиқарилади. Экстракция жараёнида ҳосил бўлган ўсимлик мойининг бензиндаги эритмаси мисцелла дейилади. Мисцелла таркибидан эритувчини қайта ажратиб олиш учун дистилляция жараёни қўлланилади. Дистилляция жараёни икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда (бирламчи дистилляция жараёнида) паст концентрацияли (10÷20 %) мисцеллани буғлатиш йўли билан, 100÷105 °С ҳароратда унинг таркибидаги мой миқдори 95÷98 % гача етказилади. Келгусида мисцелла концентрациясини ортиб боришига нисбатан унинг ҳароратини кўтарилиши кескин ўзгаради. Шу сабабдан, оралиқ маҳсулот - экстракцион (қора) мойнинг сифат кўрсаткичларини талаб даражасида сақлаб қолиш мақсадида, дистилляция жараёнининг иккинчи босқичида (дистилляциялашнинг якуний босқичи) юқори концентрацияли мисцелла таркибидаги қолдиқ бензин миқдори очик сув буғи воситасида ҳайдалади. Бу жараёнда асосан қора экстракцион мой олинади [5-12].

Қора экстракцион мой таркибида, кам миқдорда бўлса ҳам, турли ҳилдаги аралашмалар мавжуд бўлади. Бундай таркибий аралашмаларнинг тури ва уларнинг мойдаги миқдори кўпгина омилларга, жумладан мой олинган хом ашёнинг сифати, мой олиш технологияси, технологик режимларни олинаётган маҳсулот сифатига таъсири, тайёр мойнинг ташқи кўриниши ва уни сақлаш шароитларига боғлиқ бўлади.

Мойларда мавжуд бўлган асосий аралашмаларнинг технологик тавсифларини куйида кўриб чиқамиз.

Механик аралашмалар (ўсимлик парчалари, органик ва минерал чанглари ва мойда муаллақ ҳолатда сузиб юрувчи бошқа моддалар) ўсимлик уруғларидан

мой ажратиш олиш технологик босқичларида ҳосил бўлади. Одатда мойдаги механик аралашмалар миқдори  $0,1 \div 0,2$  % дан ортмайди [12].

Фосфатидлар турли хил органик моддалардан иборат бўлиб, улар нисбатан мураккаб таркибга эга. Фосфатидлар мойда эриган бекарор ҳолатда бўлиши сабабли мойнинг намлигини бирмунча ортиши ва уни совуши натижасида улар нам тортади ва мойнинг товар кўринишини бузадиган муаллақ сузиб юривчи заррачалардан ташкил топган ҳажмий чўкма ҳосил қилади. Фосфатидлар айрим технологик операцияларни, шу жумладан, рафинация ва гидрогенизация жараёнлари кечишини қийинлаштиради. Шу сабабдан, ҳозирги пайтда қора мойда муайян миқдордаги фосфатидларни қайта ишлашга лойиқ деб топилса, фосфатидлар ажратилади ва қайта ишлангандан кейин озиқ-овқат ва чорва мақсадларида фойдаланилади.

Ўсимлик мойларида  $0,1 \div 0,5$  % гача эриган стеаринлар мавжуд. Стеаринлар мойларда яхши эрийдиган юқори молекуляр массали тўйинмаган ва мураккаб кристалл тузилишга эга бўлган рангсиз моддалардир. Озиқ-овқат мойларида стеаринларни бўлиши мойнинг органолептик ва товар хоссаларини ёмонлаштирмайди.

Ўсимлик мойларидаги бўёқ моддалари асосан хужайрадаги мой билан таркибан бирга бўлган ва мойга ўзгармаган ҳолда ўтган бўёвчи моддалар ҳисобланади. Мойларга сариқ рангли каротин ва ксантофилл берса, зангор рангли хлорофил беради. Пахта мойига интенсив қора ранг берувчи госсипол бўёқ моддалари ичида муҳим ўрин эгаллайди.

Абсолют тоза мойларда специфик ҳидлар бўлмайди. Ароматик ва ҳид берувчи моддалар мойга хом ашёдан ўтади ёки ажратиш жараёнларида ёинки қайта ишлаш жараёнларида ҳосил бўлади.

Қора мойларда бирмунча углеводлар, жумладан, крахмал, целлюлоза ва пектин моддалари мавжуд. Қайта ишлаш жараёнларида улар пахта мойидаги фосфатидлар ва госсипол билан ўзаро таъсирлашиб, мойга тўқ сариқ ранг берувчи мураккаб бирикмалар ҳосил қилади.

Одатдаги шароитда мойлар сувда эримади, аммо ўзларида мустаҳкам тарзда бириккан  $0,2 \div 0,3$  % намликни сақлайди.

Мойли ўсимлик уруғлари ва таркибида мой тутган материаллардан мойларни деярли барча органик эритувчилар ёрдамида ажратиб олиш мумкин. Бу пайтда қайта ишланадиган эритма эритувчи таъсирида кимёвий ўзгаришларга учрамайди.

Ёғ-экстракция саноати корхоналарида қўлланиладиган барча турдаги эритувчиларни суяқ учувчан органик бирикма сифатида тавсифлаш мумкин. Ҳозирги кунда саноат корхоналарида ГОСТ 462-51, МРТУ 12Н № 20-63, МРТУ 12Н № 124-64, А ва Б русумдаги ТУ 38 101303-72 бензинлар, Нефрас А 65/75 ва Нефрас А 63/75 каби эритувчилар қўлланилади[13,14]. Бу эритувчилар нормал парафинлар, оз миқдордаги циклопарафиндан иборат бўлган изопарафинлар, ароматик ва тўйинмаган углеводород аралашмаларидан таркиб топган.

Экстракция бензинининг босими ва қайнаш ҳарорати ўртасида муайян боғлиқликлар кўплаб эмпирик формулалар орқали ифодаланган. Қўлланиш учун қулай бўлган Ашворт ва Антуан формуласи [14] энг кўп тарқалган формула ҳисобланади:

$$\lg(10p) = 3.13 \frac{568}{\sqrt{T^2 + 108000} - 307}, \quad (1.1)$$

бунда  $T$  - ҳарорат, К;  $p$  - босим, МПа.

Бензин бир неча моддалардан таркиб топганлиги учун унинг қайнаш пайтида буғланган қисми қолдиқ суяқлик қисмидан фарқ қилади. Ҳисоблаш ишларини бажариш учун берилган фракциядаги бензиннинг қайнаш ҳароратини, шунингдек унинг қайнаган ва қайнамаган қисмининг қайнаш ҳароратларини ҳам билиш керак.

Республикамизда ва чет элда мойли ўсимлик уруғлари кунжарасидан қолдиқ мойларни экстракциялаш услубида ажратиб олиш учун экстракцион бензин ва техник гександан кенг фойдаланилади. Экстракцион бензин ва техник гексан нормал парафинлар ва изопарафинлар, нафтенлар, ароматик ва тўйинмаган углеводород аралашмаларидан иборат [7,8,13].

Гексан буғлари босимини аниқлаш учун Антуан қуйидаги формулани таклиф қилган [14]:

$$\lg P = A - \left[ \frac{B}{t + C} \right], \quad (1.2)$$

бунда  $A = 6,87773$ ;  $B = 1171,530$ ;  $C = 224,366$ ;  $t$  - ҳарорат, °C.

Шунингдек, мойларни экстракциялаш жараёнида турли эритувчилар аралашмалари ҳам қўлланилади. Таркибида ёғ тутган моддалардан (фосфатидлар, углеводлар, госсипол ва ҳ.к) мойларни ажратиб олиш жараёнида эритувчилар аралашмаларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

Қора смородина уруғидан экстракция услубида мой ажратиб олиш учун [15] ишда турлича эритувчилардан фойдаланилган ва энг мақбул эритувчи ацетон эканлиги аниқланган. Экстракция жараёнининг оптимал шароитлари: ишчи ҳарорат 55 °C, жараён давомийлиги 40 минут, хом ашё нисбати - 1:2,5 (оғирлик:ҳажм, одатда гидромодуль берилади). Бунда мойнинг чиқиши 13,65 % ни ташкил этган.

[16] иш муаллифлари томонидан эритувчини аланга олиш хавфи, атмосферага буғларни чиқиши ва нефть қолдиқлари миқдорини камайтириш мақсадида мойли экинлар уруғларини экстракциялашнинг альтернатив тизимини топиш бўйича тадқиқотлар ўтказилган. Улар томонидан экстракция жараёнида мойли экинлар уруғларининг экструзияси, эритувчи сифатида изопропил спиртининг қўллаш, мойлардан ёпишқоқ моддаларни ажратиб олиш ва уларни қисман дезодорациялаш масалалари ўрганилган; тескари осмос ва ультрафилтрациялаш йўли билан мисцелладан эритувчини ажратиб олиш имкониятлари тадқиқ этилган. Мойни физик усуллар билан тозалаш жараёнинг охирги босқичи учун ҳам ўзгартирилган технологиянинг фойдали бўлиши мумкинлиги кўрсатилган. Шунингдек, бу ишда афлотоксинлар экстракцияси ҳам кўриб чиқилган.

Пахта чигитини экстракциялашда изогексан ва спиртлар аралашмасидан эритувчи сифатида фойдаланиш масалалари [17] ишда кўриб чиқилган. Чигит мағзи заррачаларидан госсипол ва мойни ажратиб олиш мақсадида янчилгандан

кейинги ўлчамлари 0,25 мм ва намлиги 9,5 % бўлган кунжара 5÷25 % ли изогексан ва изопропил спирти аралашмаси билан экстракцияланган. Эритувчиларни янги аралашмасининг эркин ва умумий госсиполни ҳамда мойни ажратиш бўйича самарадорлиги амалиётда қўлланаётган н-гександан қолишмаслиги ва унга нисбатан бир қатор афзалликларга эга эканлиги кўрсатилган. Эритувчиларнинг янги аралашмаси амалиётда қўллаш учун тавсия қилинган.

Эритувчи буғларидан фойдаланиб, таркибида мой бўлган материалларни экстракциялашнинг алоҳида томонлари [18] ишда кўриб чиқилган.

Эритувчиларни танлаш пайтидаги қийинликлар ва ноаниқликларни ҳисобга олиб, экстрактив дистилляция жараёнларини ўтказиш учун яроқли бўлган эритувчини (циклогексан, 2,4-диметилпентан, этилацетат ва этанол) танлаш модели ишлаб чиқилган [19]. Моделда қуйидаги саккизта омил ҳисобга олинган: танловчанлик, эритувчанлик, қовушқоқлик, солиштирма иссиқлик ўтказувчанлик, қайнаш ҳарорати, молекуляр оғирлиги, захарлилиги ва емириш (коррозия) хусусияти. Тоқ ўзгартириш натижасида танланган факторларнинг салмоғи коэффициентлари матрицаси қурилган. Моделни амалга ошириш ва эритувчилар самарадорлигини баҳолаш қиёсий даражалаш йўли билан исботланган.

Ёғ кислоталари органик бирикмалар синфига мансуб бўлиб, улар бир-бири билан муайян нисбатда ва тартибда жойлашган углерод, водород ва кислороддан ташкил топган. Ёғ кислоталарининг ҳар бир молекуласининг бир томонида карбоксил гуруҳи –  $\text{COOH}$ , иккинчи томонида эса метил гуруҳи –  $\text{CH}_3$ , шунингдек, бир нечта метилен гуруҳлари ( $-\text{CH}_2-$ ) жойлашган. Карбоксил гуруҳ молекуланинг кислоталилик хусусиятини ва уни турли кимёвий реакцияларга киришиш қобилиятини аниқлаб беради. Карбоксил турли кимёвий реакцияларга осонгина киришади. Ёғ кислоталарининг карбоксил гуруҳи глицеринга қўшилиб, триглицеридлар ҳосил қилади. Бу гуруҳда сув иштирокида ёғ кислоталари глицериндан ажралади, натижада мойда эркин ёғ кислоталари пайдо бўлади [20].

Ёғ кислота радикаллари турлича бўлиб, тўйинган ёғ кислота радикалларининг активлиги паст бўлганлиги сабабли улар кимёвий реакцияларга қийин киришади. Тўйинмаган ёғ кислота радикаллари, айниқса икки ва ундан ортиқ қўшбоғлилари, ниҳоятда актив. Улар турли кимёвий реакцияларга, жумладан, оксидланиш ва тўйиниш реакцияларига осон киришади.

Пахта мойи таркибидаги тўйинган ёғ кислоталари миқдори 22-25 %, тўйинмаган ёғ кислоталари миқдори эса 75÷78 % ни ташкил қилади [6].

### 1.1-жадвал

#### Ёғ кислоталарининг пахта мойидаги таркиби (%)

| Тўйинган кислоталар         |                             |                              |                                 |                           |                               |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Миристин<br>C <sub>14</sub> | Палмитин<br>C <sub>16</sub> | Стеарин<br>C <sub>18</sub>   | Арахин<br>C <sub>20</sub>       | Беген<br>C <sub>22</sub>  | Лигноцерин<br>C <sub>24</sub> |
| 0.3÷1.3                     | 12.8÷28                     | 0.9÷3.3                      | 0.4÷1.4                         | 0.4÷1.4                   | -                             |
| Тўйинмаган кислоталар       |                             |                              |                                 |                           |                               |
| Олеин<br>C <sub>18:1</sub>  | Линол<br>C <sub>18:2</sub>  | Ленолен<br>C <sub>18:3</sub> | Гексадецен<br>C <sub>20:1</sub> | Эрук<br>C <sub>22:1</sub> | ва бошқ.                      |
| 13.9÷35.0                   | 34÷57.2                     | 0.1                          | -                               | -                         | 1÷2.8                         |

Мойларнинг йод сони триглицеридлар таркибига кирувчи ёғ кислоталарининг қўшбоғ сони ва тўйинувчанлик даражасини белгиловчи кўрсаткич ҳисобланади. Ёғ кислоталарида қўшбоғлар сони ортиши билан мойларда йод миқдори ҳам ортади. Барча тўйинган ёғ кислоталарида йод сони нолга тенг, тўйинмаган ёғ кислоталарида эса қўшбоғни ортиши билан йод сони ҳам кўтарилади. Шунинг учун икки ва ундан ортиқ қўшбоғли ёғ кислоталари ҳаво кислороди билан борадиган турлича кимёвий реакцияларга осон киришади, таркибида йод сони юқори бўлган мой муайян шароитларда анча тез оксидланади. Бу пайтда уларда озик-овқат мойи сифатини тезда ёмонлаштирадиган ўзига хос аччиқ ёки қийин ажраладиган ҳид пайдо бўлади [20].

*Callis temon lanceolatus* DC ўсимлик уруғи таркибидаги мойнинг таркиби ва усуллари ўрганилди. Мойда 2 % поляр ва 98 % поляр бўлмаган моддалар, улар ичида триглицеридлар (86,9 %) дан, шунингдек, моно- ва диглицеридлар, эркин ёғ кислоталари, мумли эфирлардан ташкил топган. Мойда линол (74,5 %), олеин (12,3 %), пальмитин (9,3 %), стеарин (1,6 %), каприл (0,8 %), лаурин

(0,7 %), арахидон (0,3 %), линолен (0,2 %), беген (0,2 %), миристин (0,1 %) ни ташкил этади [21].

Ўтказилган тажрибалар натижасида [22] иш муаллифлари қуйидаги хулосага келишди: поляр бўлмаган эритувчиларда ҳақиқий мойлардаги кислота сони қийматига мос келувчи концентрацияда ўсимлик мойи коэффицентининг ўз табиатига яқин бўлган кўринишда топилди. Тадқиқот ўтказилаётган тизимда ҳарорат 25 °С дан 80 °С гача кўтарилиши билан ассоциацияланиш даражаси линол кислотаси учун 16,7 %, олеин кислотаси учун 18,4 % пасайишига олиб келади. Айтилганларни ҳисобга олиб, хулоса қилишимиз мумкинки, «ёғ кислоталари - нополяр эритувчи» тизимида ёғ кислоталарининг ассоциацияланиш даражасининг пасайтириш (уларни ўсимлик мойларидан ажратиш) жараёнларини тезлаштириш учун ҳарорат таъсири билан бирга яна қўшимча ташқи таъсир ҳам керак.

Ёғ кислоталарининг солиштирма иссиқлик сиғими ҳар бир ёғ кислоталари учун идеал газларнинг солиштирма иссиқлик сиғими, критик ҳарорати ва *ацентрик* коэффиценти ҳисобига асосланган Rowlinson-Bondi усули бўйича аниқланади. Суюқ триацилглицеридларни, шунингдек, ўсимлик мойларининг солиштирма иссиқлик сиғимини ҳисоблашда, ёғ кислоталари аралашмалари учун аниқланувчанлик коэффиценти ва триацилглицерид молекуласи тузилишини ҳисобга олувчи тузатиш коэффиценти ҳисобга олиниши зарур. Олинган тажриба маълумотлари умумий тузатиш коэффицентини аниқлашга келади. Бу ишда ёғ кислоталарининг солиштирма иссиқлик сиғимининг ҳисобланган ва тажрибавий қийматлари ўртасидаги фарқ  $\pm 5$  % дан ортмайди [23].

Барча ёғ кислоталари учун, чумоли ва уксус кислоталаридан ташқари, уларнинг суюқ ҳолатдаги зичлиги 1000 кг/м<sup>3</sup> дан кичик. Профессор А.Е. Луцковнинг маълумотларига кўра [20], молекуласида  $n$  та углерод атоми бўлган модда зичлигини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\rho_n = \frac{bn}{bn+1} \rho_{лим}, \quad (1.3)$$

бунда  $\rho_{\text{лим}}$  - зичликнинг берилган гомологик қатори учун лимит, ёғ кислоталари учун  $\rho_{\text{лим}} = 0,877$  ;  $n - \text{const}$ ,  $b = - 4486$ .

Тўйинмаган ёғ кислоталарининг зичлиги мос равишда тўйинган ёғ кислоталари зичлигидан катта. Молекуласида бир хил углерод атоми ва турли хил қўшбоғ бўлган тўйинмаган ёғ кислоталари зичлиги қўшбоғ сони кўпайиши билан ортади. Қўшбоғ билан боғланган кислоталар зичлиги худди шу сондаги қўшбоғ билан боғланмаган ёғ кислоталари зичлигига қараганда катта.

Ёғ кислоталари қиздирилганда уларнинг ҳажми ортади, совутилганда эса камаяди. Ҳарорат ўзгариши билан ёғ кислоталарининг ҳажми ва зичлиги нотекис ўзгаради. Ёғ кислоталари ҳажмининг ўзгаришини ҳарорат 10 °C га ўзгарганда зичлик ўзгаришини ифодалайдиган уларни термик кенгайиш коэффициенти ёрдамида ифодалаш мумкин. Ёғ кислоталарининг қайнаш ҳарорати ташқи босим пасайиши билан камаяди [20].

Тўйинмаган ёғ кислоталари молекуласидаги углерод атомлари сони ортиши билан уларнинг қайнаш ҳарорати ҳам ортади.

## 1.2-жадвал

### Босимга боғлиқ ҳолда ёғ кислоталари ҳароратининг ўзгариши

| Ёғ кислоталари  | Босимга боғлиқ ҳолда ҳароратнинг ўзгариши, °C |        |                        |                       |
|-----------------|-----------------------------------------------|--------|------------------------|-----------------------|
|                 | 133.3 Па                                      | 533 Па | 213*10 <sup>2</sup> Па | 10*10 <sup>5</sup> Па |
| C <sub>6</sub>  | 61.7                                          | 82.8   | 107.3                  | 205.8                 |
| C <sub>7</sub>  | 74.9                                          | 96.3   | 121.1                  | 223.0                 |
| C <sub>8</sub>  | 87.5                                          | 109.1  | 134.6                  | 239.7                 |
| C <sub>9</sub>  | 98.9                                          | 121.2  | 147.5                  | 255.6                 |
| C <sub>10</sub> | 110.3                                         | 132.7  | 159.4                  | 270.0                 |
| C <sub>11</sub> | 119.8                                         | 143.3  | 170.8                  | 284.0                 |
| C <sub>12</sub> | 130.2                                         | 154.1  | 181.8                  | 298.9                 |
| C <sub>13</sub> | 139.9                                         | 164.2  | 192.2                  | 312.4                 |
| C <sub>14</sub> | 149.2                                         | 173.9  | 202.4                  | 326.2*                |
| C <sub>15</sub> | 157.8                                         | 182.8  | 212.0                  | 339.1*                |
| C <sub>16</sub> | 167.4                                         | 192.2  | 221.5                  | 351.5*                |
| C <sub>17</sub> | 175.1                                         | 200.8  | 230.7                  | 363.8*                |
| C <sub>18</sub> | 183.6                                         | 209.2  | 240.0                  | 376.1*                |

\* катталик экстраполяциялаш йўли билан олинган.

Ёғ кислоталарини термик парчаланишини тўхтатиш мақсадида уларни ҳайдаш жараёни вакуум остида, айна бир вақтнинг ўзида ўта қиздирилган сув буғи билан олиб борилади. Очiq сув буғи таъсирида ёғ кислоталарининг қайнаш ҳароратини пасайиши аввалдан маълум.

Атмосфера босими остида 100 °C ҳароратдаги тўйинган сув буғини жараёнга киритилиши натижасида C<sub>10</sub> гача бўлган қуйи молекулали кислоталарнинг қайнаш ҳарорати кескин пасаяди. Шунинг учун уларни «учувчан» дейилади.

Сув буғи билан 100 °C ҳароратда юқори молекулали ёғ кислоталари ҳайдалганда қуйи молекулали ёғ кислоталарига қараганда кам учувчанликни намоён қилади. Палмитин кислотасининг 100 °C ҳароратдаги буғ босими 0,56 Па, стеаринники эса 0,15 Па га тенг. Сув буғи таъсирида жуда юқори ҳароратда ва вакуум остида бу кислоталарнинг учувчанлиги ортади.

Нернст кўрсатмасига кўра, ёғ кислоталарининг буғ босими ва ҳарорати ўртасида қуйидаги формула ёрдамида ифодаланган қонуният мавжуд:

$$\ln p = \frac{\lambda_0}{RT} + 1,75 \ln T - \frac{\sum}{R} T + c', \quad (1.4)$$

бунда  $p$  - ҳайдалаётган модданинг буғ босими К;  $\lambda_0$  - абсолют ноль ҳароратда модданинг молекуляр буғланиш иссиқлиги;  $R$  - универсал газ доимийси,  $8,314 \cdot 10^3$  Ж/(кмоль·К);  $\sum$  - модданинг суюқ ва газсимон ҳолатидаги иссиқлик сифимлари фарқини ифодаловчи ҳарорат коэффиценти.

Ёғ кислоталарининг солиштирма иссиқлик сифими уларни қиздириш ҳароратининг ортиши билан кўтарилади. Ҳозирги вақтда мисцелла константалари аддитивлик қонуни асосида ҳисобланади. Бунда мисцелла ҳақиқий эритма ҳисобланади, шу сабабдан унинг физик-кимёвий хусусиятларини ўзгариши юқоридаги қонунга бўйсунди.

Мисцелла таркибидаги мой концентрациясининг тахминан 50–60 % гача кўтарилиши натижасида унинг қовушоқлиги бир текис, нисбатан секин ўзгаради, сўнгра қовушоқликни тез суратда кўтарилиши кузатилади. Пахта

мойи–трихлорэтилен мисцелласининг қовушоқлиги қуйидаги эмпирик формула орқали ҳисобланиши мумкин [24]:

$$\lg \mu = ax + b, \quad (1.5)$$

бунда  $\mu$  - қовушоқликнинг динамик коэффиценти, спз;  $x$  - мисцелладаги мой улуши (масса бўйича);  $a$  ва  $b$  - коэффицентлар, уларнинг қийматлари қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:  $a = 2,24 - 0,0094 t$ ,  $b = 0.1364 - 0.00353 t$ ;  $t$  - ҳарорат, °C.

Мой, эритувчи ва мисцелланинг сирт таранглигини ҳароратга боғлиқлиги чизиқли характерга эга. Мой ва енгил учувчан экстракция бензини учун сирт тарангликни  $\sigma$  ҳароратга  $t$  боғлиқлиги қуйидагича аниқланади [25]:

$$\sigma_t = 35.5 - 0.080t, \quad (1.6)$$

экстракцион бензин учун эса

$$\sigma_t = 21.78 - 0.089t. \quad (1.7)$$

Ўсимлик мойларининг молекуляр диффузия коэффиценти қиймати мойнинг қатламга ажратиш усули билан топилган. Ўсимлик мойларининг молекуляр диффузия коэффицентларининг 20 °C ҳароратдаги қийматлари (см<sup>2</sup>/с) қуйида келтирилди:

- эритувчи - экстракцион бензин

қора пахта мойи, к.с.11,5\*.....0,71·10<sup>-5</sup>

рафинацияланган пахта мойи.....0,70·10<sup>-5</sup>

\*- кислота сони, мг КОН.

- эритувчи - дихлорэтан

қора пахта мойи, к.с.11,5.....0,29·10<sup>-5</sup>

Мисцелланинг асосий муҳим хусусиятлари қайнаш ҳарорати ва мисцелла устидаги учувчан компонент буғлари босими ҳисобланади. Турлича босимларда мисцелланинг қайнаш ҳароратини унинг концентрациясига боғлиқлиги [7] ишда кўриб чиқилган. Бу боғлиқлик шуни кўрсатадики, мисцелла концентрацияси (масса бўйича) 60 % дан ортганда унинг қайнаш ҳарорати

бирдан ортади ва бу ҳолат дистилляция жараёнининг ҳароратини кўтарилишига олиб келади.

Мисцеллани дистилляциялаш жараёнида қўлланиладиган энерго-иқтисодий ускуна ва иссиқлик алмашиниш жиҳозларини лойиҳалаш учун зарур бўлган маълумотлар - қайта ишланадиган ўсимлик мойлари мисцелласининг иссиқлик-физик хоссалари [26] ишда ўрганилган. Ўтказилган тадқиқотлар натижада кунгабоқар мойи мисцелласи таркибидаги Нефрас-А русумли эритувчининг бўғланиш иссиқлигини ҳароратга ва концентрацияга боғлиқлиги тадқиқ қилинган. Тоза эритувчидан фарқли равишда, мисцелладаги эритувчининг бўғланиш иссиқлигини ўзгариши тўлқинсимон характерга эга эканлиги аниқланди.

[27] иш муаллифлари томонидан олиб борилган тадқиқотларда экспериментал маълумотларни умумлаштириб, Нефрас-А 63/75 русумли экстракцион бензин ва рафинацияланмаган турли мойлардан иборат мисцелланинг ҳарорати ва концентрацияси ўртасидаги боғлиқлик асосида турли ўсимлик мойларининг зичликларини ҳисоблаш тенгламаси ҳосил қилинган.

## **1.2. Ўсимлик мойларини дистилляциялаш жараёни яқуний босқичи ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнлари ҳолати**

Дистилляция жараёни саноатнинг кимё, озиқ-овқат ва бошқа тармоқларида кенг тарқалган ва ўрганилган технологик жараёнларидан бири ҳисобланади [8,11].

Дистилляция усуллари қадимдан маълум бўлган. Ҳатто ўрта асрларда ҳам буюк шарқ олими, врач ва файласуфи Абу Али ибн Сино атиргул мойи ва бошқа доривор моддаларни ўсимликлар таркибидан экстракциялаш йўли билан ажратиб олиб, улардан турли хилдаги дамламалар ва шифобахш доридармонлар тайёрлаган [28].

Органик эритмаларни, хусусан ўсимлик мойи мисцелласини, концентрлаш (дистилляциялаш) жараёнининг моҳияти уларни бўғлатиш ва ҳайдаш йўли билан нисбатан тоза компонентларга ёки турли таркибли

фракцияларга ажратишдан иборат бўлади. Дистилляция жараёнида эритувчи эритма таркибидан қайнаш ҳароратида қисман буғланади. Бу пайтда эриган компонентнинг эритма таркибидаги концентрацияси ортади, унинг ушбу агрегат ҳолати эса ўзгармайди [29].

Ўсимлик мойларини дистилляциялаш жараёнининг охириги босқичини кечишига унинг асосий параметрлари - аппаратдаги ишчи босим қиймати, қайта ишланаётган мисцелланинг қайнаш ҳарорати ва концентрацияси таъсири муҳим аҳамиятга эга бўлади. Жараённинг ушбу параметрларини ўзаро таъсири натижасида суюқлик-буғ тизимида мувозанатда бўлган компонентлар ва фазаларнинг ихтиёрий ўзгарувчан параметрлари сони фазалар қоидаси бўйича аниқланади [30,31].

Озиқ-овқат саноати корхоналарида, хусусан ёғ-экстракция заводлари шароитида, асосан икки компонентли эритмалар - бинар аралашмалар дистилляция қилинади. Маълумки, пахта мойи мисцелласи - пахта мойининг экстракцион бензиндаги эритмаси бўлиб, у бир-бирида тўла эриган икки компонентли аралашма ҳисобланади. Бинар аралашмаларни дистилляциялаш жараёнининг асосий қонуниятлари Д.П. Коновалов ва М.С. Вревскийлар томонидан, бинар аралашма буғларининг умумий босимини суюқ фаза таркибига функционал боғлиқлиги асосига ўрнатилган [32,33].

Ёғ-экстракция заводларида эритувчи сифатида атмосфера босими остида қайнаш ҳарорати 100 °С дан паст бўлган ва танлаб таъсир этадиган органик суюқликлар қўлланилади. Мисцелла концентрациясини ортиши билан унинг қайнаш ҳарорати тоза эритувчининг қайнаш ҳароратига нисбатан юқори бўлган қийматларга кўтарилади [8].

Дистилляция жараёнида мисцелладаги мой концентрациясини ортиши билан унинг ҳарорат депрессияси ҳам ортиб бориши сабабли мисцеллани қайнаш ҳарорати кўтарилади. Одатда ўсимлик мойлари мисцелласининг ҳарорат депрессияси ночизиқли тарзда ўзгаради. Дистилляция жараёнининг технологик режимлари мисцеллани ишчи босимдаги қайнаш ҳарорати ва концентрациясининг чегаравий қийматлари билан чекланади. Бунда мисцелла

ҳароратининг ўзгартирмасдан ундаги эритувчини келгусида ҳайдаш мумкин бўлмайди. Шу сабабдан, мой таркибидан эритувчининг қолдиқ қисмини чиқариб юборишни осонлаштириш мақсадида эритувчи буғларининг парциал босимини пасайтиришга сабаб бўлувчи очиқ сув буғи ёки инетр газ қўлланилади [34,35].

Юқорида келтирилган ҳолатларни ҳисобга олиб, ўсимлик мойларини дистилляциялаш жараёни икки босқичда - бирламчи ва охириги босқичларда амалга оширилади.

Дистилляция жараёнининг бирламчи босқичида мисцелла вакуум остида, атмосфера босими ёки ундан ортиқ босимлар остида, буғлатиш йўли билан қуюлтирилади. Бу пайтда аппарат ғилофига ёпиқ усулда бериладиган сув буғи иссиқлигидан фойдаланилади [7,10,41].

Дистилляция жараёнининг охириги босқичида мисцелла таркибидан эритувчининг қолдиқ миқдори очиқ усулда берилаётган сув буғи муҳитида ҳайдалади. Бу жараёнда мисцелла таркибидан эритувчини тўлиқ чиқариб юбориш мақсадида мисцелла форсункалар воситасида сув буғи муҳитига пуркалади, унга томчилардан ҳосил бўлаётган юпқа суюқлик плёнкасида ва суюқликнинг йиғилган ҳажмида ишлов берилади.

Мисцеллани қиздирилган ҳолатда, турлича конструкциядаги форсункалар воситасида, майда томчилар кўринишида аппаратнинг бўш қисмига сочиб бериш (пуркаш) йўли билан дистилляциялаш жараёни [36,37] ишларда ёритилган.

Мисцеллани плёнка ҳолатида дистилляциялаш жараёни аппаратнинг иссиқлик алмашилиш юзаси бўйлаб оқиб тушадиган ёинки кўтариладиган суюқлик плёнкасини ҳосил қилиш ва унга ишлов бериш усуллари билан тавсифланади. Суюқликни кўтарилувчи плёнкасининг кўчиш тезлиги катта бўлиши сабабли жараён оқиб тушадиган плёнкадагига нисбатан интенсивроқ кечади [38].

Мисцеллани қатламда дистилляциялаш жараёни одатда аппаратнинг туб қисмида йиғилган суюқлик ҳажмида амалга оширилади [39].

Мисцеллаларни концентрлашнинг юқорида кўрсатиб ўтилган усуллари суюқлик ва буғ фазаларининг контакт юзаси катталиги бўйича бир-биридан фарқланади. Фазаларнинг контакт юзаси қанчалик катта бўлса, дистилляция жараёнини жадаллаштиришда муҳим омил ҳисобланадиган эритувчининг ҳайдаш тезлиги ҳам шунча катта бўлади.

Мисцеллани плёнка ҳолатида дистилляциялаш жараёни асосан бирламчи дистилляция босқичида қўлланиладиган трубкали буғлатиш аппаратларида ҳамда қисман жараённинг охириги босқичи аппаратларида (уларнинг плёнка ҳосил қилувчи зонасида) амалга оширилади. Бу босқичда мисцелла концентрацияси, мой оғирлиги бўйича,  $95\div 98$  % гача ортади. Маълумки, мисцелла таркибидан эритувчининг буғлатилиши натижасида унинг сирт таранглиги катталашади. Шу сабабдан, саноат амалиётида  $80\div 85$  % ва ундан юқори концентрацияли мисцелла сочиб бериш услубида, суюқликнинг юпқа плёнкасида ёки унинг йиғилган ҳажмида (қатламда) очиқ сув буғи билан ҳайдалади. Қабул қилинган ушбу ишлов бериш усуллари мисцеллани дистилляциялаш жараёнининг охириги босқичини ташкил этади.

Мисцеллани дистилляциялаш жараёнини жадаллаштиришда вакуумнинг роли [29,40] ишларда кўрсатилган. Чуқур вакуум остида, нисбатан паст қайнаш ҳароратида, мисцелла концентрациясини юқори қийматларгача етказиш мумкин. Шунинг эътиборга олиб, пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш жараёнининг охириги босқичида вакуум қийматининг оптимал чегаралари 650-700 мм сим. уст. ( $0,85\div 0,92$  кгк/см<sup>2</sup>) бўлиши тавсия этилган [7].

Сув буғини очиқ услубда мисцелла оқимига киритилиши ҳам дистилляция жараёнини жадаллаштириш имконини беради [7,9,34]. Дистилляция жараёнининг охириги босқичида очиқ сув буғини кўп миқдорда (300 кг/т) ишлатилиши унинг дистилляциялаш тизимидаги умумий сарфини ортишига сабаб бўлади.

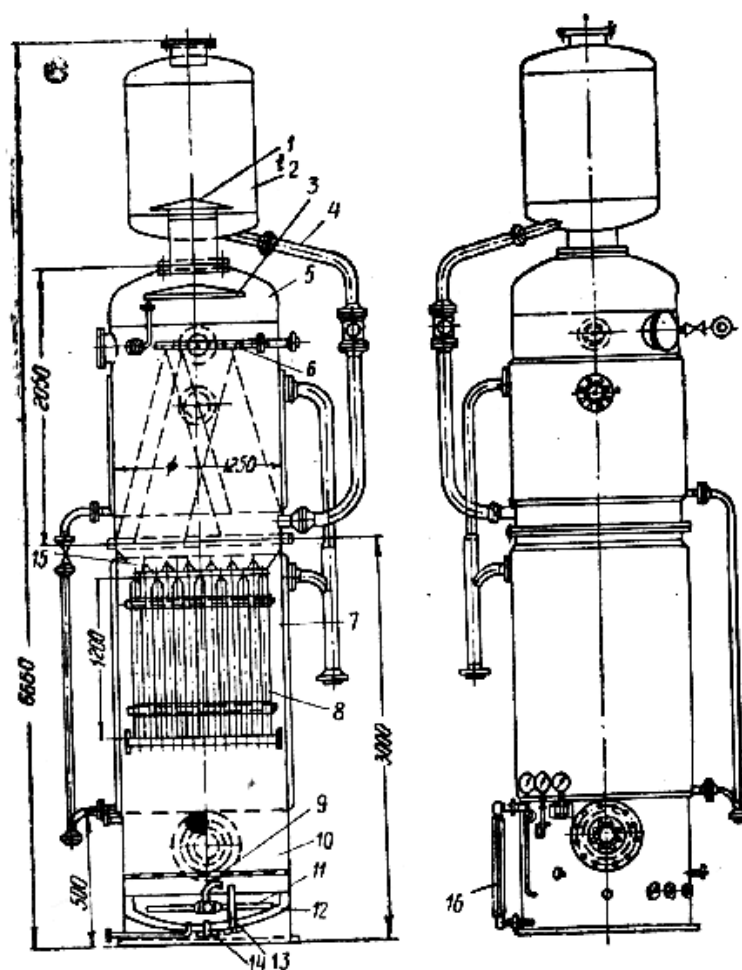
Қуйида ёғ-мой саноати корхоналарида кенг фойдаланиладиган дистилляция аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақидаги маълумотларни критик таҳлил қилишга ўтамиз.

Ҳозирги вақтда мисцеллани дистилляциялаш жараёни якуний босқичида ишлаш принципи мисцеллани сочиб бериш, уни плёнка қатламида ва суюқликнинг йиғилган ҳажмида ишлов бериш усулларига асосланган аппаратлардан кенг фойдаланилади [42,43].

Дистилляция жараёни якуний босқичи учун вертикал цилиндрик корпусли аппарат [44] ишда тавсия этилган. Аппарат конструкцияси асосан корпуснинг юқори қисмига жойлаштирилган сепаратор (томчи ажраткич), бир-биридан тенг масофада устма-уст жойлаштирилган конуссимон тақсимловчи элементлар ўрнатилган вертикал вал ва корпуснинг туб қисмига жойлаштирилган буғ барботеридан иборат. Аппарат дастлабки суюқликни кириши ва тайёр маҳсулотни чиқиши учун патрубклар, мисцеллани сочиб берувчи форсункалар ва воронкасимон тўсиқлар билан таъминланган. Корпуснинг ишчи секциялари ташқи томондан буғ ғилофи билан ўралган. Мисцелла киритиладиган патрубکاга бирлаштирилган форсункалар конуссимон шаклдаги тақсимловчи элементлар устига жойлаштирилган. Бунда конуссимон тақсимлаш элементлари форсункалар томонга кичик асоси билан ўрнатилган, ҳар бир воронкасимон тўсиқлар эса икки қўшни тақсимлаш элементлари оралиғига жойлаштирилган ҳолатда корпуснинг ички деворига маҳкамланган. Воронкасимон тўсиқнинг марказий тешиги диаметри конуссимон тақсимлаш элементининг катта асоси диаметрига тенг.

Мисцеллани дистилляциялаш жараёнининг иссиқлик-гидродинамик модели [45] ишда муҳокама қилинган. Ишлов бериладиган мисцелла дастлаб аппарат ичида жойлаштирилган қиздирилувчи тарновда, мисцелла ва қизиган буғнинг дисперс оқимида ҳаракатланиши даврида мунтазам равишда буғланади, сўнгра йиғилган суюқлик қатламига берилади. Концентрланган эритманинг бир қисми қатламдан, паст концентрацияли бирламчи мисцелла билан аралаштириш мақсадида тарновга қайтарилади. Турлича концентрацияли эритмаларнинг ноизотермик аралашуви натижасида ҳосил бўлаётган аралашмада ҳажмий қайнаш содир бўлиши сабабли дистилляция жараёни сезиларли даражада жадаллашади.

НД-1250 экстракция линиясининг охирги босқич дистиллятори (1.1-расм) ёғ-мой саноати корхоналарида энг кўп ишлатилаётган жихозлардан бири ҳисобланади [5,7-9,46]. Дистилляторнинг ишлаш принципи мисцеллани пуркаш, унга плёнка қатламида ва эритманинг йиғилган ҳажмида очик сув буғи билан ишлов беришга асосланган. Мазкур дистиллятордаги плёнка ҳосил қилувчи элементларни (ясси шитокларни) икки турдаги - қиздириладиган ва қиздирилмайдиган конструкцияси мавжуд.



**1.1- расм. НД-1250 дистиллятори:** 1 - томчи қайтарувчи зонт; 2 - сепаратор - томчи ушлагич; 3 - перфорацияланган ҳалқасимон трубкали зонт; 4 - йиғилган мисцеллани қайтариб тушириш трубаси; 5 - пуркаш камераси; 6 - форсунка; 7 - плёнка қатлами ҳосил қилиш камераси; 8 - шитоклар; 9 - тўрсимон тарелка; 10 - дезодорация камераси; 11 - хочсимон барботёр; 12 - буғ қобиғи; 13 - қуйилиш трубаси; 14 - мой тўкиш трубаси; 15 - ариқчалар; 16 - трубкали сатҳ кўрсаткич

Дистилляторда жараён вакуум остида, қуйидаги тартибда амалга оширилади. Қиздирилган мисцелла  $3 \text{ кгк/см}^2$  гача бўлган босим остида

форсунка воситасида дистилляторнинг ички бўшлиғига пуркалади [47]. Қиздирилган мисцелла томчиларининг ўлчами кичик ва буғланиш юзаси катта бўлиши сабабли, аппаратнинг бу қисмида, очик сув буғи муҳотида, эритувчи буғларининг интенсив ҳайдалиши содир бўлади.

Юқори концентрланган мисцелла томчилари йиғилиб, тарновлардаги ариқчалар воситасида шитокларга қуйилади ва келгусида уларнинг юзалари бўйлаб юпқа плёнка ҳолатида тақсимланади. Бу пайтда сочиб бериш туфайли қисман концентрланган мисцелла шитокларнинг ички томонидан ёпиқ усулда берилаётган сув буғи билан қўшимча қиздирилади. Аппарат ҳажми бўйича пастдан юқори томон ҳаракатланаётган очик сув буғи муҳотида мисцелла плёнкаси юзасидан эритувчи қўшимча тарзда ҳайдалади. Қиздирилмайдиган конструкцияли шитокларда эса плёнка ҳолатида оқиб тушаётган мисцелла юзасидан бензинни ҳайдалмай қолган қисми фақат очик усулда бериладиган сув буғи таъсирида қўшимча ҳайдалади. Шу тариқа икки бор қуюлтирилган мисцелла аппаратнинг туб қисмига йиғилади ва бу ерда жойлаштирилган барботёр орқали берилаётган очик сув буғи воситасида бензин қолдиқларидан тўлиқ тозаланади. Бу пайтда мойнинг йиғилган қалин қатлами бир вақтнинг ўзида аппарат филофи орқали ёпиқ усулда берилаётган сув буғи билан қўшимча тарзда белгиланган ҳароратгача қиздирилиши ёки аксинча, зарур ҳолатларда, бу филофга берилиши мумкин бўлган сув билан совутилиши ҳам мумкин.

Тайёр экстракцион мой қуйилиш трубаси орқали аппаратдан узлуксиз чиқарилиб, совуткичга қуйилади. Охирги босқич дистилляторининг мой бўйича иш унумдорлиги 30 т/сутка, мойнинг аппаратда бўлиш вақти эса 4÷5 минутни ташкил этади.

Юқоридаги тавсифланган охирги босқич дистилляторининг иш унумдорлиги юқорилигига қарамасдан бу дистилляция аппаратининг камчиликлари ҳам мавжуд, масалан, плёнка ҳосил қилувчи шитокларнинг қўшимча қиздирилиши жараёнга сарфланадиган сув буғининг умумий сарфини орттиради; аппарат тубида йиғиладиган мисцелла сатҳининг бир меъёردа ушлаб туриш муаммоси ҳал этилмаганлиги ва сув буғини хочсимон барботёр

воситасида йиғилган мисцелла қатламининг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб бир текисда тарқатиш имконияти йўқлиги сабабли дезодорация жараёни самарадорлиги етарли даражада бўлмаслиги мумкин; аппаратнинг баландлиги бўйича габарит ўлчамлари катталиги металл сарфини орттиради.

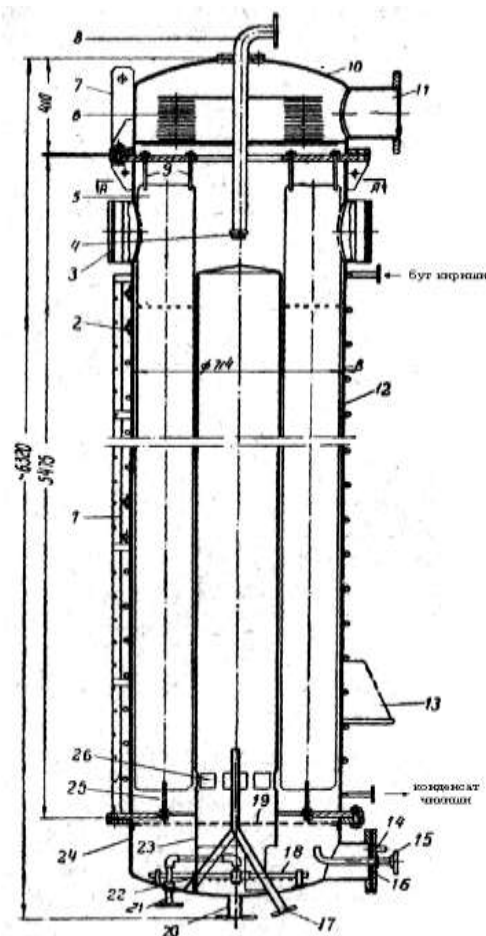
Ушбу дистилляторнинг юқорида келтирилган камчиликларини бартараф этиш ва унда амалга оширилаётган жараён самарадорлигини ошириш бўйича бир қанча изланишлар олиб борилган [37,39,48]. Тадқиқотлар натижасида мазкур дистилляторнинг пуркаш зонаси учун самарадор форсункалар тавсия этилган [37], унинг плёнкали зонасидаги қиздирувчи шитоклари ўрнига эса қия жойлаштирилган металл пластиналар тўпламидан иборат бир нечта плёнка ҳосил қилувчи секциялар ўрнатиш тавсия этилган. Аппарат тубида йиғиладиган мисцелла сатҳининг автоматик тарзда бир меъёрда ушлаб турувчи мослама ва очиқ сув буғини йиғилган мисцелла қатлами юзаси бўйлаб бир текисда тарқатувчи цилиндрик барботёр тавсия этилган [39].

Муаллифлар томонидан олинган асосий илмий-амалий натижалар Бухоро ёғ-экстракция заводида ишлаб чиқаришга жорий этилган. Бунинг натижасида корхонадаги НД-1250 дистиллятордаги технологик оқимларнинг гидродинамик структураси яхшиланган, мисцеллани қисқа вақт ичида юмшоқ ҳарорат режимларида сифатли қайта ишлаш ва сув буғи сарфини қисқартириш мумкин бўлган. Синов натижалари мисцеллани ҳайдаш жараёни самарадорлиги ортганлиги ва аппарат иш унумдорлиги бўйича қўшимча ресурсга эга эканлигини кўрсатган.

Мисцеллани пуркаш ва унга плёнка қатламида ишлов бериш принципига асосланиб ишлайдиган ДС-70 русумли уч босқичли дистилляция ускунасининг дастлабки икки корпуси бирламчи дистиллятор, учинчиси эса охирги босқич дистиллятори ҳисобланади [7].

Дистилляция ускунасининг I босқичи бирламчи мисцеллани аппаратга узатиш ва тизимдаги мисцеллани циркуляция қилиш учун насос, сепаратор ва горизонтал экономайзердан, II босқичи эса сепараторли трубкали вертикал буғлатгичдан иборат. Ускунанинг III босқичи таркиби трубкали вертикал

қиздиргич ва вертикал колонна типда ишланган пластинкали охирги босқич дистиляторидан иборат бўлади.

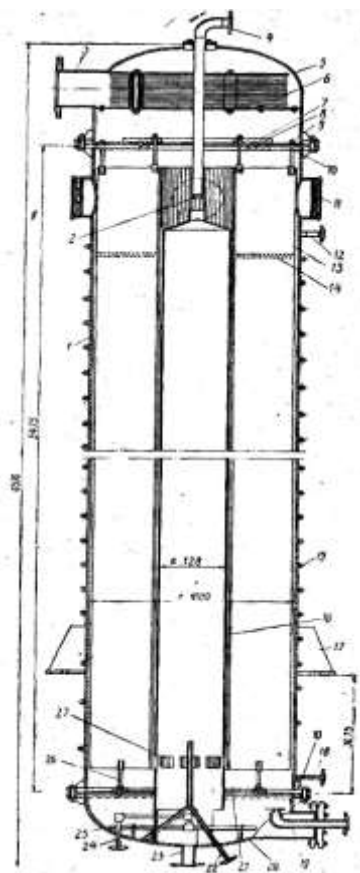


**1.2- расм. ДС-70 дистилятори:** 1 - иссиқликни химояловчи қатлам каркаси; 2 - ташқи қиздириш трубкаси; 3 - кузатув фонари; 4 - тарелкасимон форсунка; 5 - пластиналар; 6 - томчи қайтарувчи дисклар; 7 - монтаж пластиналари; 8 - мисцелла киритиш трубаси; 9 - пластина учун туткичлар; 10 - юқори қопқок; 11 - эритувчи ва сув буғлари аралашмасини чиқариш патрубкеси; 12 - цилиндрик корпус; 13 - таянч; 14 - термограф учун патрубкеси; 15 - тайёр мойни чиқариш патрубкеси; 16 - туйнук; 17 - очиқ буғни киритиш патрубкеси; 18 - барботёр; 19 - панжара; 20 - тўкиш патрубкеси; 21 - барботёрга буғ киритиш патрубкеси; 22 - ички иситиш трубаеси учун устун; 23 - ички иситиш трубаеси; 24 - аппаратнинг туб қопқоғи; 25 - пластинанинг қуйи туткичи; 26 - ички иситиш трубаесидаги ойна.

Ускунанинг III босқич дистилятори (1.2-расм) уч қисмдан ташкил топган цилиндрик колоннадан иборат бўлиб, унинг ичига махсус туткичлар воситасида умумий юзаси  $84 \text{ м}^2$  бўлган 40 дона перфорацияланган юпқа пўлат пластиналар осилган ҳолатда жойлаштирилган. Пластиналар аппарат ўқиға горизонтал текислик бўйича  $140^\circ$  қиялик бурчағи остида ўрнатилган. Юқори

концентрланган мисцелла тарелкасимон форсункалар ёрдамида вертикал пластиналар ўртасига сочиб берилади. Пластиналар, аппарат корпуси деворлари ва иситилувчи марказий труба юзаларидан оқиб тушаётган мисцелла пастдан юқорига кўтарилаётган очик сув буғи оқимида ювилиб, вакуум остида эритувчидан тўлиқ ажратилади. Бу пайтда мисцелла қисман дезодорацияланади.

МЭЗ аппарати (1.3-расм) ҳам мисцеллани дистилляциялашнинг уч босқичли схемаси бўйича ишлайди, конструктив жиҳатдан юқорида кўриб ўтилган ДС-70 аппарати каби ўхшаш тузилишга эга бўлиб, ундан габарит ўлчамларининг катталиги ва пластиналар сонининг кўплиги билан фарқланади [7].



**1.3- расм. МЭЗ дистиллятори:** 1 - корпус; 2 - тарелкали форсунка; 3 - эритувчи ва сув буғлари аралашмасини чиқариш патрубкеси; 4 - мисцелла киритиш трубаси; 5 - аппаратнинг юқори қисми; 6 - томчи қайтирувчи дисклар; 7 - бурилма шайба; 8 - шарли таянч; 9 - юқориги тутқич; 10 - фланецли бирикма; 11 - кузатув ойнаси; 12 - корпусни қиздирувчи змеевикнинг буғ киритиш патрубкеси; 13 - пластина; 14 - пластинанинг перфорацияланган участкаси; 15 - иситувчи змеевик; 16 - ички қиздириш трубаси; 17 - таянч юза;

18 - конденсат чиқариш патрубкasi; 19 - қора мойни чиқариш патрубкasi; 20 - аппаратнинг туб қисми; 21 - панжара; 22 - очик сув буғи киритиш учун патрубкa; 23 - тўкиш патрубкasi; 24 - барботёрга буғ бериш патрубкasi; 25 - барботёр; 26 - қуйи тутқич; 27 - ички қиздириш трубаcидаги кузатув ойнаси

ДС-70 ва МЭЗ ускуналарининг афзалликлари каторига қиздирувчи сув буғи сарфининг нисбатан камлиги, дистилляциялаш ҳароратини пасайтириш ва мой сифатини яхшилаш мақсадида жараёни вакуум остида олиб борилиши ҳамда аппаратлар ишини бошқариш автоматлаштирилганлигини киритиш мумкин.

Мазкур аппаратларнинг ўзига хос умумий камчилиги ҳам мавжуд: улар катта ишлаб чиқариш майдонларини эгаллайди, баландлик бўйича габарит ўлчамлари ихчам эмас, конструкцион металл сарфи юқори ва кўп миқдорда электр энергияси истеъмол қилади.

Гильдебрандт, Больман, Андерсон ва Эллис-Челмерс якуний дистилляторлари ҳамда Лурги аппаратининг ишлаш принциплари мисцеллани очик сув буғи билан тарелкада ва қатламда қайта ишлаш услубларига асосланган [31].

Лурги дистилляция ускунаси [8] иккита аппаратдан ташкил топган. Юқори концентрацияли мисцелла иккинчи аппаратнинг тарелкалари бўйлаб сочилиб, пастга оқа бошлайди ва оқимга қарама-қарши йўналишда кўтарилаётган очик сув буғи билан қайта ишланади. Қора мой аппаратнинг куб қисмида йиғилаётган қатламда очик сув буғи билан қисман қайта ишланади ва биринчи аппаратнинг йиғувчи қисмига узлуксиз қўйилади. Бу ерда мой очик сув буғи билан қатламда қайта ишланади. Йиғувчи зонадаги мойнинг доимий сатҳи мунтазам ушлаб турилади.

Мазкур гуруҳ дистилляторларидаги мавжуд тарелкалар аппарат конструкциясини мураккаблаштиради. Бу эса аппаратларни тайёрлаш, таъмирлаш ва уларга техник хизмат кўрсатиш ишларини қийинлаштиради.

Уч корпусли «Олье» дистилляция аппаратида [9] унинг иккинчи корпусида, иситувчи агент сифатида эритувчининг экстра буғлари ишлатилади.

Бундай ечим дистилляция жараёнида сув буғининг умумий сарфини қисқартиришга олиб келади.

Вакуум остида (0,034 МПа) ишловчи дистилляторнинг якуний босқичида мисцелла змеевик орқали ёпиқ усулда бериладиган сув буғи билан қиздирилади ва диаметри 6 мм бўлган сопло орқали қалпоқчали тарелкага берилади. Тарелкадаги мисцелла очик сув буғи билан интенсив равишда қайта ишланади. 105÷110 °С ҳароратдаги тайёр мой якуний дистиллятордан даврий равишда тўпланишига қараб сўриб олинади.

Якуний дистилляторда ҳосил бўлган бензин ва сув буғлари аралашмаси вакуум-насос орқали сўриб олиниб, трубкали горизонтал вакуум-конденсаторга киритилади. Бу ерда буғларнинг конденсацияланиши натижасида тизимда сийракланиш ҳосил бўлади.

«Олье» дистилляция ускунасининг афзалликлари қуйидагидан иборат: дистилляторнинг қиздириш юзаси катталиги (300 м<sup>2</sup>) ҳисобига унинг иш унумдорлиги ҳам юқори - 18 м<sup>3</sup>/соат; ускунанинг I корпусидан чиқарилаётган иккиламчи буғлардан II корпусда қиздирувчи агент сифатида фойдаланилиши сабабли жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғининг солиштирма сарфи кам; охирги босқич дистилляторда жараён вакуум остида кечиши сабабли олинadиган мойнинг сифати юқори бўлади.

Шу билан бирга, “Олье” ускунаси бир қатор камчиликларга ҳам эга: конструкцион материаллар сарфи юқори; I корпусдан чиқаётган иккиламчи буғлар иссиқлигидан келгусида фойдаланиш зарурияти бу босқичда ишчи босимнинг юқори бўлишини талаб этади, бу эса ўз навбатида ундаги мисцелланинг қайнаш ҳароратини 120÷125 °С гача кўтарилишига ва юқори ҳароратни мойнинг сифат кўрсаткичларига салбий таъсирини ортишига сабаб бўлади [9].

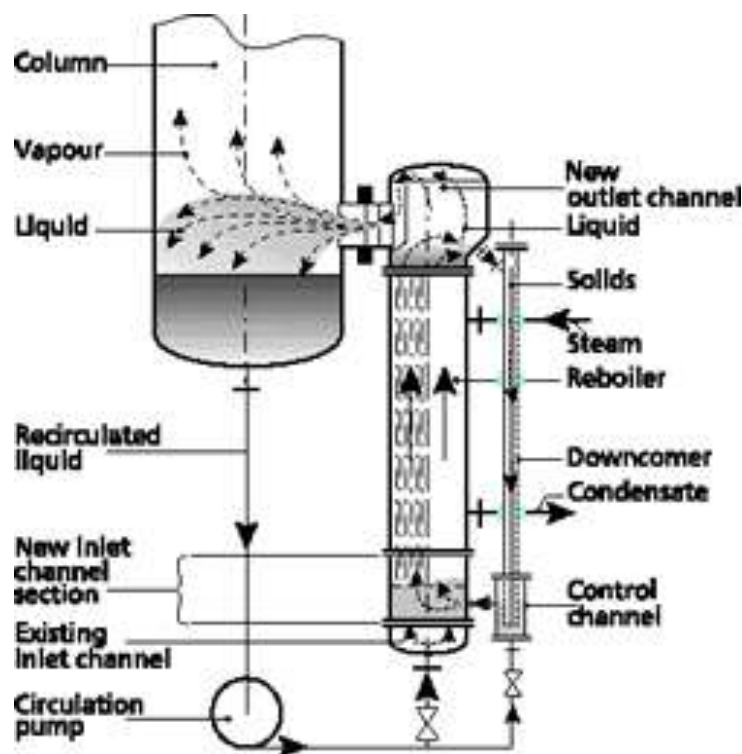
Қиздириладиган каналда мисцелла оқими структурасини визуал кузатиш натижалари бўйича турли концентрацияли мисцелла оқимларининг ноизотермик аралашуви ўрганилиб, технологик оқимларнинг зарурий структурасини ҳосил қилиш шартлари [49] ишда муҳокама этилган. Тадқиқот

натижалари асосида дистилляция аппаратлари самарадорлигини улардаги оқимлар структураси қай даражада ташкил этилганлиги бўйича аниқлаш мезонлари тавсия этилган. Мазкур критерийлар бўйича беш турдаги дистилляторлар ҳақидаги маълумотлар умумлаштирилиб, қиёсий баҳоланган. Таққослаш натижалари бўйича роторли плёнкали аппаратлар афзал деб топилган.

Линас технологияси дистилляция жараёнида суюқлик плёнкасини кўп маротаба ўзгартиришга асосланган [50]. Дарҳақиқат, одатдаги дистилляция плёнкасини ўзига ҳос афзалликлари мавжуд, жумладан, оддий тузилиши, оқимнинг гидравлик қаршилигини жуда кичиклиги ва яхши аралаштириш қобилияти. Бунинг юқори тезликларида плёнканинг вертикал юза бўйлаб оқими тўхтаб қолиш эҳтимоллиги иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнилари беқарор бўлишига сабаб бўлади. Шу сабабдан, плёнка ўзининг барча хусусиятларини амалга ошира олмайди. Линас технологиясида иссиқлик ва модда алмашилиш юзасидаги иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнларининг микро балансига асосий эътибор қаратилган.

Klarex Technology фирмасининг дистилляция колоннаси [51] конструктив жиғатдан ўзаро бириктирилган цилиндрик сепаратор, вертикал қайнаткич ва конденсатордан иборат бўлиб, циркуляцион насос билан бутланган (1.4-расм). Ўз-ўзини тозаловчи қобиқ-кувурли иситкичнинг қиздириш юзаси жараён мобайнида суюқликнинг ифлосланишини олдини олади. Суюқлик зарралари жараёнга буғ ҳолида киритилади ва маҳсулотлар иссиқлик алмашгич юзаларида қайта ишлашга асосланган.

Буғ колоннанинг қуйи қисмидан юқорига томон ҳаракат қилади. Аппаратнинг юқори қисмидан чиқиб кетаётган буғ конденсаторда совутилади. Конденсатланган суюқлик флегма йиғувчи идишга йиғилади ва бу ерда унинг бир қисми флегма сифатида колоннанинг юқори қисмига, жараёнга қайтарилади. Конденсатланган суюқликнинг асосий қисми дистиллят ёки олий сифатли маҳсулот сифатида тизимдан чиқарилади.



**1.4-расм. Klarex Technology фирмасининг дистилятори**

Термолабил суюқликларни дистиляциялаш жараёнини жадаллаштириш, буғ фазаси иссиқлигидан тўлароқ фойдаланиш ва жараён мобайнида тайёр маҳсулот тозалигини сақлаб қолиш мақсадида [52] иш муаллифлари томонидан дистиляция колоннасига горизонтал тўсиқлар билан учта герметик секцияга бўлинган корпус қўшиш тавсия этилган. Корпуснинг ўрта ва қуйи секциясида мисцеллани сочиб бериш учун буғ эжектори мавжуд, унинг юқори секциясига змеевикли тарнов ўрнатилган. Мисцелла змеевикли тарновда, пастки ва ўрта секциялардан кирган буғларнинг иссиқлиги ҳисобига қиздирилади. Замонавий назариясига мувофиқ, фазалар ўртаси чегарадаги молекуляр қатлам суюқлик фазасидан буғ фазасига ўтаётган эритувчи масса оқимиға қаршилик кўрсатиши маълум. Шу сабабдан, аппаратдаги гидродинамик ишлов бериш усулларини қайта ташкил этиш ва фазалар ўртасидаги контакт юзасини ташкил этувчи молекуляр қатламни бузиш масалалари ҳал этилган.

[53] ишда аппаратнинг юқори қисмида енгил фракцияни тўпланиши ва флегмани жараёнға тўлиқ қайтарилиши шароитларида аппаратларнинг буғ фазаси бўйича минимал иш унумдорлигини аниқлаш масалалари ёритилган.

Ушбу масалалар ечимини бинар аралашмаларни даврий дистилляциялаш жараёнига қўллаш алгоритми тақдим этилган. Юқориги ва қуйи фракция маҳсулотларининг доимий таркиби сақланадиган оралик интервални аниқлаш ва аппаратларнинг буғ фазаси бўйича минимал иш унумдорлигини ҳисоблаш услублари ишлаб чиқилган.

Уч компонентли аралашмаларни ажратиш учун термик интегралланган дистилляция колонналари [54] энергетик жиҳатдан самарали ҳисобланади, лекин жараён динамикасини назорат қилишдаги мавжуд қийинчиликлар уларнинг амалиётга қўлланилишини чегаралайди. Турли тизимларда пентан, гексан ва гептани бинар аралашмага ажратиш динамикаси таҳлил қилинган.

Интегралланган дистилляция ускунаси оралик маҳсулотни ажратиб олувчи иккита кетма-кет уланган колоннадан ташкил топган. Дастлабки аралашма тўйинган ҳолатда  $1.55 \text{ кгк/см}^2$  (абсолют) босим остида киритилади, деб фараз қилинади. Колоннада 7 комбинациядаги ажратиш жараёни кўриб чиқилган ва ҳисоблаш натижалари таҳлил қилинган. Термик интегралланган колонналарда дистилляция жараёнининг динамикаси колоннадаги иссиқлик манбаи, эффекти, ажралиб чиқаётган иссиқлик билан боғланмаган анъанавий тизимларга қараганда анча қулай ва осон назорат қилиниши кўрсатилган.

[55] ишда вакуум шароитида ( $1 \div 5 \text{ мм.сим.уст.}$ ) юқори молекулали ёғ кислоталарининг кўп компонентли аралашмасини дистилляциялаш жараёнига сув буғининг таъсири ўрганилган. Жараёнга киритиладиган сув буғи миқдорини ҳисоблаш ва унинг параметрларини танлашда қайта ишланаётган суюқликнинг қайнаш ҳароратини пасайтириш имконини берувчи шароитни эмас, балки суюқлик-буғ фазалари ўртасидаги контакт юзасининг ортиши ва буғланишнинг максимал тезлигини таъминлайдиган гидродинамик ҳолатни яратиш мақбул эканлиги кўрсатилган. Бунда буғ-суюқлик тизимидаги фазавий мувозанат шароитларида суюқликнинг қайнаш ҳарорати вакуумнинг зарурий қиймати катталигини таъминлаши керак, киритиладиган сув буғи миқдорини эмас.

Ажратувчи деворли колоннада камида иккита компонентдан ташкил топган дастлабки аралашмани танланган эритувчи билан экстрактив

дистилляциялаш усулида ажратиб олиш технологияси [56] ишда келтирилган. Эритувчи колоннанинг ҳар иккала қисмига параллел ёки улардан бирига, бирламчи аралашма ҳаракатига нисбатан қарама-қарши йўналишда киритилади. Колоннанинг ҳар иккала қисмидаги эритувчи ва экстракт оқимларининг нисбати берилган таркибдаги экстракт ва рафинат олинишини таъминлайдиган даражада ушлаб турилади. Тавсия этилаётган бу усул  $C_4-C_5$  фракцияли углеводородларни ёки ароматик аралашмаларни ажратиб олишда қўлланилиши мумкин.

$0,67 \div 1,33$  кПа босим остида ва  $220 \div 230$  °С ҳароратда ёғ кислоталарини дистилляциялаш усули ишлаб чиқилган [57]. Жараён дистилляцияланадиган ёғ кислоталари массасига нисбатан  $0,5 \div 2,0$  % миқдордаги ортобор кислотаси ва  $0,1 \div 0,2$ % миқдордаги ионол иштирокида олиб борилади. Мазкур усул оксидланиш жараёнини ва вакуум остида дистилляциялаш жараёнида ёғ кислоталарининг термооксидланиш полимеризациясини барқарорлаштириш имконини беради.

[58] ишда Ofru Recycling фирмаси томонидан ишлаб чиқарилган ASC-150 русумли компакт дистилляция аппарати ҳақида маълумотлар берилган. Аппаратнинг баландлиги 2,4 м бўлиб, у кунига  $200 \div 600$  л миқдордаги дистиллятни қайта ишлаши мумкин. Мазкур дистилляция ускунаси, мойли қиздириш аппаратидан фарқли равишда, ифлосланган эритмани ҳайдаш жараёнини тезлаштирувчи интегралланган буғ қиздириш тизимига эга. Қолдиқ фракцияни ҳайдаш кубидан тез туширишни таъминлаш мақсадида кубнинг туби конуссимон шаклда ишланган. Буғ қиздириш тизими 400 В кучланиш остида ишлайди.

Насадкали колонналар суюқликни кам миқдорда ушланиб қолиши талаб этилганда, босимлар фарқи кичик бўлган ҳолатларда ва кичик ҳажмдаги маҳсулот ишлаб чиқариш объектларида ишлатилади. Саноат корхоналарида асосан Рашиг ҳалқалари билан тўлдирилган насадкали колонналардан кенг фойдаланилади. Сўнги йилларда насадкаларнинг бир қатор янги турлари - Палл ҳалқалари, Берл эгари, Спрейпак ва бошқалар яратилди. Бундай насадкалар-

нинг айрим турларидан катта диаметрли саноат колонналарида фойдаланиш ҳам юқори самара бермоқда.

[59] ихтиро муаллифлари томонидан тавсия этилган ускуна соапстокдан мой ҳамда қисман ёғ кислоталарини сульфат кислота иштирокида амалга ошириладиган кимёвий реакциялар асосида ажратиб олиш учун мўлжалланган. Тавсия этилган ускуна таркиби реактор, эжектор, технологик трубалар, барботёр, фильтр, сиғимли идишлар, ёғ ушлагич ҳамда реактор устига жойлаштирилган ва эжектор билан туташтирилган сепаратордан иборат. Сепаратор икки секцияли қувурлар орасидаги бўшлиқда совутиладиган кожух--қувурли иссиқлик алмашилиш аппарати кўринишида ишланган. Сепаратор бўшлиғига насадкалар қатлами жойлаштирилган ва қатлам устига суюқликни сочиб берувчи форсункалар ўрнатилган. Ускунанинг конденсациялаш юзаси катталаштирилганлиги ва унда абсорбцион тозалаш секциясининг мавжудлиги сабабли реакция зонасида буғланаётган кислотанинг катта қисмини иккиламчи буғлар таркибидан ажратиб олиш ва технологик циклга қайтариш мумкин бўлади. Шу тариқа атмосферага зарарли моддаларнинг чиқиши бартараф этилади. Роторли ректификаторлар деб аталувчи марказдан қочма куч таъсири остида ишлайдиган жиҳозлардан суюқлик-буғ тизимида масса алмашилиш жараёнларини ўтказиш, фазалар контакт юзасини орттириш ва уларнинг йўналтирилган ҳаракатини ташкил этиш учун фойдаланилади. [40] ишда кўрсатиб ўтилганидек, вакуум остида олиб бориладиган ректификация жараёнларининг аҳамиятли томони шундаки, бу пайтда босимни камайтириш билан суюқлик ва буғнинг солиштирма ҳажмлари фарқи ортиб боради. Роторли ректификаторлардан мақсадга мувофиқ фойдаланилганда, масалан,  $1,33 \div 2,66$  кПа босим остида буғнинг ҳажмий сарфи суюқликнинг солиштирма сарфини 3-5 маротаба кўпайтириши мумкин. Бу ҳолат ташқи таъсир қўлланилмаган ҳолатларда масса алмашилиш жараёнининг қулай шароитларини яратиш қийин ёки ҳатто мумкин эмаслигини кўрсатади.

### **1.3. Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёни якуний босқичини моделлаштириш, оптималлаштириш ва такмиллаштиришнинг замонавий тенденциялари**

Ҳозирги кунда замонавий компьютерларнинг техник ва дастурий таъминоти имкониятларининг тез суръатлар билан ортиб бориши технологик жараёнларни, хусусан иссиқлик ва модда алмашиниш жараёнларини тадқиқ этишда математик моделлаштириш усулидан кенг фойдаланиш имконини бермоқда.

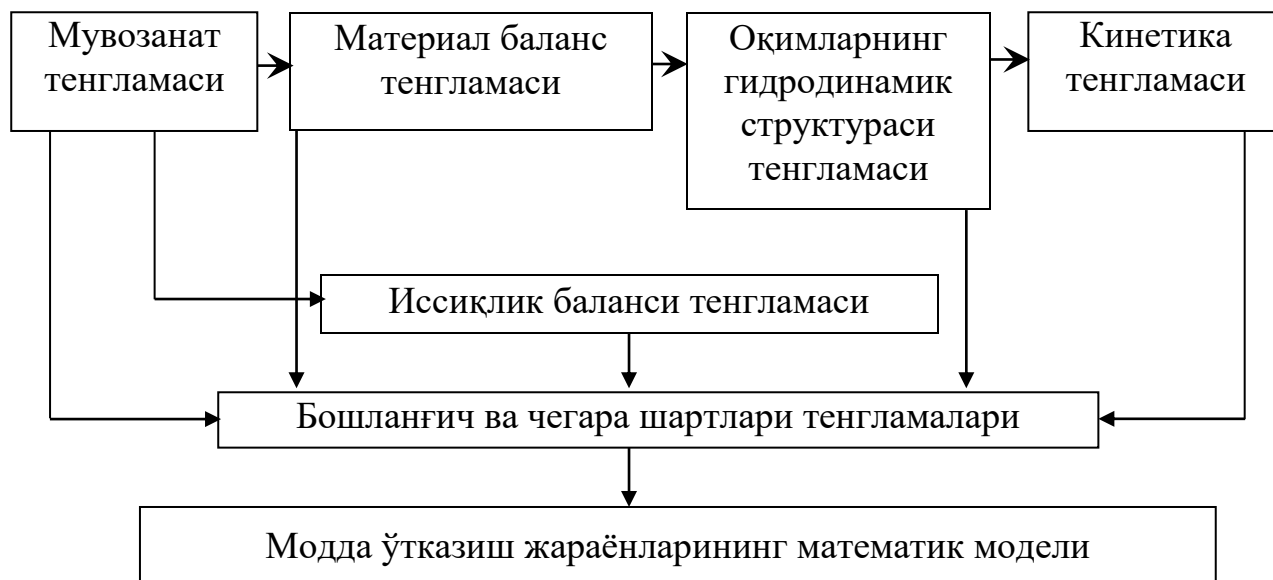
Технологик жараёнларни математик моделлаштириш уч босқичда олиб борилади: ўрганилаётган жараённинг математик моделини тузиш, жараённинг асосий параметрлари қийматларини ҳисоблаш учун масалани ечиш дастурини яратиш ва математик моделни ўрганилаётган реал жараёнга адекватлигини аниқлаш.

Хар қандай технологик жараённи моделлаштириш пайтида дастлаб унинг иерархиявий структураси аниқланади, сўнга унинг қуйидаги «элементар» жараёнлари аниқлаб олинади:

- технологик оқимлар ҳаракати;
- кимёвий ўзгаришлар;
- фазалар ўртасидаги модда алмашинуви;
- иссиқлик ўтказиш;
- модданинг агрегат ҳолатини ўзгариши.

Моделлаштирилаётган объектнинг математик ифодасини тузиш пайтида тизимли таҳлил усуллари (блокларга ажратиш принципини қўллаб) фойдаланиб, яхлит жараён таркибидаги барча элементар жараёнлар чуқур таҳлил қилинади.

Блокларга ажратиш принципи бўйича дистилляция жараёнининг таҳлил қилишда унинг хар бир блокини деталлаштиришга, унинг ўрганилганлигига ва кам ўрганилган блокларни аниқлашга алоҳида аҳамият берилади (1.5-расм).



**1.5-расм. Дистилляция жараёнини моделлаштиришнинг блокли принципи**

Дастлаб жараённинг берилган мувозанат ҳолати тўғрисидаги маълумотларга эга бўлгандан сўнг, математик ифода структурасининг асоси сифатида жараённинг гидродинамик модели ўрганилади. Сўнгра моделдан аниқланган гидродинамик шароитларни ҳисобга олиб, модда ўтказиш жараёнининг кинетикаси, ундан кейин эса иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнлари ўрганилиб, иерархиявий поғонадаги ҳар бир жараён учун унинг математик ифодаси тузилади.

Жараённинг математик моделини шакллантиришнинг охириги босқичида, ўрганилган барча «элементар» жараёнларнинг математик ифодалари ва чегаравий шартлар битта тенгламалар тизимида, жараённинг математик модели сифатида, бирлаштирилади.

Шундай қилиб, дистилляция жараёнининг математик моделини тузиш пайтида қуйидагиларни ҳисобга олиш лозим бўлади:

- модда ва энергиянинг сақланиш қонунларини ифодаловчи математик ифодалар;
- жараённинг мувозанат ҳолатини ифодаловчи ифодаловчи тенгламалар;
- элементар жараёнларни ифодаловчи тенгламалар;
- технологик жараён параметрлари ўртасидаги боғлиқликларни ифодаловчи эмпирик тенгламалар;

- жараён параметрларига кўрсатиладиган технологик чекламалар.

Бинар ва кўп компонентли тизимларда модда ўтказиш жараёнлари назарияси ва ҳисоблаш методлари [31,60,61] ишларда батафсил ёритилган.

Критик нуқталардан узоқда бўлган шароитларда, буғ фазасининг зичлиги суёқлик фазаси зичлигидан кичик бўлгани учун, молекулалар ўртасидаги ўзаро таъсир кучи кам. Бундан келиб чиқиб, мувозанат ҳолатини ҳисоблашда, суёқ фазанинг ноидеаллиги сабабли, тизимнинг идеал бўлмаган ҳолатида одатда молекулалар ўртасидаги ўзаро таъсир кучини ҳисобга олмасликка рухсат этилади. Бундай ёндашиш буғ фазаси параметрларини ҳисоблашни сезиларли даражада осонлаштиради: агар буғ фазаси идеал газ қонунларига бўйсунса, бунда фугитивлик (кимёвий потенциал эквиваленти) аралашмадаги шу компонентнинг парциал босимига тенг бўлади [60].

Математик моделларни қуришга тизимли ёндашишнинг умумий стратегияси қуйидаги босқичлардан иборат бўлади: иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнлари структурасини сифат таҳлили; иссиқлик-модда алмашилиш жараёнларининг математик моделини синтез қилиш; математик моделни реал шароитга адекватлигини текшириш ва модел параметрларини идентификациялаш. Санаб ўтилган ҳар бир босқичлар моҳиятини қисқача кўриб чиқамиз.

Иссиқлик-модда алмашилиш жараёнлари структурасининг сифат таҳлили асосида биофизик ва кимёвий жараёнларни ҳисобга олувчи гидромеханикдинамик тенгламаларнинг умумий тизими шакллантирилади. Кўп компонентли икки фазали реал аралашмаларда кечадиган ва кимёвий реакциялар таъсири билан мураккаблаштирилган иссиқлик ва масса ўтказиш жараёнларини тавсифловчи термогидродинамик тенгламалар ёпиқ тизимини тизимли таҳлили [62] ишда ёритилган.

Бундай тенгламалар тизими айрим муҳандислик масалаларининг математик тавсифини тузишда дастлабки пункт бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Технологик курилмаларда амалга ошириладиган жараёнларни тизимли таҳлил қилишда уларда кечадиган барча ҳодисаларни шартли равишда иккита босқичга - микро- ва макро босқичларга ажратиш қабул қилинган [62].

Иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнларининг математик моделини синтез қилиш қуйидаги усулларда амалга оширилиши мумкин:

- қора қути концепциясидан келиб чиқадиган, объектнинг кириш ва чиқиш сигналлари ҳақидаги маълумотларни қайта ишлашнинг формал методи билан;

- биринчи босқичда олинган иссиқлик-модда алмашилиш жараёнларининг умумий модели структурасини кетма-кет соддалаштиришга асосланган метод билан;

- оқимлар структураси ва аппаратлардаги биофизик-кимёвий ўзгаришлар тўғрисидаги модел тушунчаларини жалб этиш билан.

Микрокинетик омиллар қаторига молекулляр (хужайра даражасидаги) босқичда ва аппарат оқимларининг локал қисмида биофизик ва кимёвий ҳодисалар кечиш тезлигини белгиловчи биофизик-кимёвий таъсирлар йиғиндисидан киради.

Ҳозирги пайтда кам энергия сарфлаб ўсимлик мойи аралашмасидан зарарли қўшимчалардан тозаланган пахта мойи мисцелласини олиш, шунингдек мисцеллани қатламда дистилляциялаш жараёнида бу моддаларни ҳайдаш механизмининг ўрганиш ҳамда жараёни ҳисоблашнинг илмий асосланган методикасини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади. Мазкур йўналишда ўтказилган тадқиқотлар натижасида кўп компонентли пахта мойи эритмасини қатламда дистилляциялаш жараёнининг математик модели олинган [63].

Ўсимлик мойлари мисцелласини дистилляциялаш жараёнида юз берадиган фазавий ўзгаришлар (конденсация) пайтида иссиқлик алмашилишни жадаллаштириш масалалари [64] ишда ўрганилган. Амалий вазифаларга мувофиқ, термодинамик параметрларни ростлашнинг режимли ва аппаратуравий усуллари асосида, типавий саноат конденсаторининг энергетик юкламасини

камайтириш мақсадида, қайнаш, буғлатиш ва ўзаро аралашмайдиган суюқлик аралашмалари буғларини конденсациялаш жараёнларига тегишли масалалар шакллантирилган ва қисман ҳал этилган. Буғ аралашмалари оқимиға қарама-қарши йўналишда суюқликни сочиб берувчи аппаратдаги иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг характеристика-ларини ҳисоблаш принципи ишлаб чиқилган. Ўзаро аралашмайдиган суюқликларнинг иккиламчи буғлари аралашмасини конденсациялаш ва суюқликнинг пуфакли қайнаши жараёнларида иссиқлик алмашилишнинг математик модели ишлаб чиқилган. Модел иссиқлик бериш коэффиценти ва қайнаш жараёни характеристикалари ўртасидаги микдорий боғлиқликларни акс эттиради. Ўсимлик мойи эритмаларини кучсиз эритмалар билан қайнашида иссиқлик бериш қонуниятлари ўрнатилган.

[65] ишда мураккаб кимёвий технологик тизимларни моделлаштириш дастур муҳотида амалга оширилган. Мойли мисцеллани дистилляциялаш, эритувчи буғларини конденсациялаш ва газ-ҳаво аралашмалари таркибидан эритувчини адсорбция усулида ажратиб олишнинг умумлашган замонавий схемалари бўйича жараёнларнинг математик моделлари ишлаб чиқилган. Математик моделлар моляр мицеллаларни дистилляциялаш ва эритувчини рекуперациялаш тизими ишининг оптимал режимларини аниқлаш ва тизим таркибига кирувчи элементларни такомиллаштириш учун қўлланилган.

Иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнларини математик моделлаштиришдан кўзланган асосий мақсад - жараёнларни оптималлаштириш ҳисобланади. Оптималлаштириш масаласига тизимли ёндашиш учун масалани математик шакллантирилиши характерлидир [66].

Масалани формаллаштириш қуйидаги уч босқични ўз ичига олади:

- масалани мавжуд стандарт шакллардан бири ёрдамида математик ифодалаш;
- оптималлаштириш алгоритми асосида оптимал шароитларни аниқлаш;
- оптимал шароитларни амалиётга қўллаш.

Оптималлаштириш масаласини қўйилиши оптималлик критерийсини танлаш, технологик чекламаларни белгилаш, оптималлаштириладиган омилларни танлаш ва мақсад функциясини тўлиқ шакллантириш босқичларини ўз ичига олади.

Оқимлар структураси нуқтаи назаридан иссиқлик-модда алмашилиш жараёнларини оптималлаштиришда технологик жараён ва қайта ишланаётган маҳсулотнинг ўзига хос хусусиятлари ҳамда жараённинг конструктив расмийлаштирилиши ҳисобга олинади.

Даврий дистилляция жараёнининг модели тўлиқ бўлмаганда жараён динамикасини оптималлаштиришнинг нейрон тизимлари техникасига асосланган умумлашган усули [67] ишда таклиф этилган. Оптималлаштиришнинг бу усули бўйича ўтказилган назарий тадқиқотлар натижалари дистилляция ускунасининг амалдаги динамик режимларига мос келишини кўрсатди. Усул нисбатан оддийлиги билан фарқ қилади.

Иссиқлик алмашилиш аппаратли дистилляция колоннасининг концентрацион ва ҳайдаш секциялари ўртасида қўшимча флегма ва иккиламчи буғ ҳосил бўлиш жараёнлари содир бўлади. Бундай колонналарнинг ўзига хос хусусияти (конструктив элементлар ва ўзгарувчан технологик параметрларнинг кўплиги) уларда амалга ошириладиган жараёни оптималлаштиришда зарурий ҳисоблашлар ҳажмининг кескин ортишига олиб келади. Бундай колоннада экстрактив дистилляция усулида тоза этанол олиш жараёнини оптималлаштиришда ҳисоблашнинг янги усули [68] таклиф этилган. Оптималлаштиришнинг мазкур усули бўйича ўтказилган ҳисоблашлар асосида тоза этанол олиш жараёнида энергетик ресурслар сарфини қўшимча қисқартириш имкониятлари аниқланган.

[69] ишда юқори босим остида дистилляциялаш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари, муаммолари ва бу усулни амалга оширишда энергияни тежаш имкониятлари кўриб чиқилган. Босим остида дистилляциялаш жараёни технологик параметрларининг оптимал чегаралари аниқланган.

[70] ишда охирги ўн йилда ўсимлик мойлари ишлаб чиқариш тизимида мисцеллани дистилляциялаш жараёнлари билан боғлиқ муаммолар таҳлил этилиб, тегишли хулосалар қилинган; ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатини яхшилаш, энергия сарфини қисқартириш ва маҳсулот таннархини пасайтириш мақсадида дистилляция аппаратларини модернизациялаш ва технологик жараёнларини такомиллаштиришнинг истиқболли йўналишлари аниқланган.

Ўсимлик мойлари, мойлар ва ёғ кислоталарини колоннада ҳосил бўлаётган иккиламчи буғлар ёрдамида дастлабки иситиш, ташқи иссиқлик алмашилиш аппаратида иккинчи маротаба қайта иситиш ва колонна ичида кетма-кет жойлашган бир нечта тарелкалар орқали ўтказиш, ички иссиқлик алмашилиш аппаратида охирги совутиш ва буғ фазаси таркибидан мақсадли маҳсулотларни ажратиб олиш йўли билан дистилляциялаш ва дезодорациялашнинг такомиллашган усули таклиф этилган [71]. Вакуум остида ишлайдиган тизимда кесишган оқимларни аралашмаган ҳолатда ҳосил бўлиши кўзда тутилган. Бундай тизимда фойдаланилган мой ва ёғ тозалаш аппаратининг принципиал схемаси ва унинг асосий қисмлари келтирилган ва изоҳланган.

Тарелкали контакт элементлари турларининг кўплиги ва уларнинг тузилиши хилма-хил эканлиги тарелка конструкциясини танлашни қийинлаштиради. Шу сабабдан, умумий талаблар (аппарат ҳажм бирлигида юқори самарадорлик ва бошқ.) билан бирга бир қатор специфик талаблар ҳам ишлаб чиқилиши мумкин: фазалар бўйича юкламани кенг интервалда ўзгариши пайтида барқарор ишлаши, ифлосланган суюқликлар муҳитида ҳам ишлаш қобилияти, коррозиядан ҳимоялаш имконияти ва ҳ. Бу талаблар ҳар бир конкрет жараён учун, тарелканинг у ёки бу типдаги конструкциясини яроқли эканлигини аниқлаш пайтида ўзгариб боради.

Тарелкали колонналарнинг асосий ўлчамлари (диаметри ва баландлиги) уларнинг буғ ва суюқлик бўйича юкламаси, тарелкани тури ва ўзаро таъсир этувчи фазаларнинг физик хоссаларига боғлиқ бўлади.

#### 1.4. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларининг қўйиш

Мисцеллани дистилляциялаш жараёни якуний босқичи экстракция усули билан ўсимлик мойлари ишлаб чиқариш тизимидаги муҳим технологик босқич эканлиги кўрилди. Дистилляция жараёнининг охириги босқичи ўсимлик мойининг юқори концентрланган мисцелласи таркибидан эритувчини тўлиқ чиқариб юбориш (ҳайдаш) мақсадида амалга оширилади. Ушбу жараён етарлича ўрганилганлигига қарамасдан, амалга оширилишининг ўзига хос томонлари билан жараён дистилляциялашнинг бошқа турларидан фарқландиган хусусиятларга ҳам эга. Дистилляция жараёни якуний босқичини оптималлаштиришда жараёни амалга оширилиш чегараларини ўсимлик мойининг сифат кўрсаткичларини сақлаб қолиш ва энергетик ресурсларни (иссиқлик энергиясини) тежаш заруриятидан келиб чиқиб белгилаш тавсия этилади.

Дистилляция жараёнини самарали амалга ошириш учун турли конструкциядаги даврий ва узлуксиз ишловчи аппаратлар тавсия этилган. Аммо дистилляторлар конструкциясини лойиҳалаш жараёнида эритувчи таркибидан эркин ёғ кислоталарини ажратиб олиш масаласи функционал-технологик мақсад сифатида қўйилмаган.

Эркин ёғ кислоталарини дистилляциялаш жараёнининг аппаратуравий расмийлаштиришда олинadиган мойнинг сифат кўрсаткичларига асосланилади. Адабиётларда келтирилган маълумотлар бўйича тайёр мой таркибидаги экстракцион бензиннинг қолдиқ миқдори, масса бўйича, юздан бир фоизни ташкил этади. Юқори концентрланган мисцеллани дистилляциялаш жараёнининг технологик режимлари рухсат этиладиган чегаравий ҳарорат қиймати билан чекланади. Шу сабабдан, технологик аппарат ўсимлик мойи мисцелласини юмшоқ ҳарорат режимларида қайта ишланиши, қайта ишлаш давомийлигининг минималлиги ва тайёр ўсимлик мойининг амалдаги Давлат стандарти бўйича белгиланган чакнаш ҳароратини таъминлаши лозим.

Дистилляция жараёнини ҳисоблаш учун физик моделларда ўтказилган тажриба натижаларини қайта ишлаш йўли билан олинган турли критериял тенгламалар таклиф этилган.

Инерт газлар билан ҳайдаш механизми микрокинетикаси етарли даражада чуқур ўрганилган. Жараёни ҳаракатлантирувчи кучининг қуйидаги таркиби таклиф этилган: биринчи - суюқликнинг ҳақиқий ва мувозанат ҳароратлари ўртасидаги фарқ, иккинчи - инерт газ ва суюқлик ҳароратлари ўртасидаги фарқ. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар биринчи таркибдаги ҳаракатлантирувчи куч иккинчисидан юқори эканлигини кўрсатди [36].

Шуни ҳам таъкидлаш лозимки, ҳозирги кунга қадар охириги босқич дистилляторидан чиқарилган эритувчи буғлари таркибидан эркин ёғ кислоталарини колоннали аппаратларда ажратиб олиш жараёнининг адекват математик модели таклиф этилмаган.

Юқоридаги баён этилган фикрларга асосланиб, дистилляция жараёнини тадқиқ этиш вазифасини математик моделлаштириш, жараёни олиб боришнинг оптимал шароитларини аниқлаш ва оптимал конструктив-технологик параметрларга эга бўлган аппаратларни лойиҳалаш масаласи сифатида ифодалаш мумкин. Диссертация ишида ушбу масалалар ечимини топишга оид изланишлар, тайёр маҳсулот сифатига кўрсатиладиган талаблар асосида, дистилляциялаш жараёни якуний босқичини оптимал шароитларларда ташкил этиш йўли билан очиқ буғ сарфини қисқартириш, экстракцион қора мойнинг сифат кўрсаткичларини яхшилаш, рафинация жараёнида сарфланадиган ишқор миқдорини камайтириш ва рафинация жараёнида тайёр маҳсулот чиқишини орттириш йўналишларида олиб бориш режалаштирилади.

Қўйилган асосий мақсадларга эришиш учун қуйида аниқ белгиланган, мавжуд ва кам ўрганилган тадқиқот вазифаларини ечиш зарур:

- дистилляция жараёнининг иерархиявий структурасини аниқлаш ва тизимни тизимли таҳлил принциплари асосида мукамал ўрганиш;
- дистилляциялашнинг охириги босқичи иерархиявий структурасидаги элементларда кечадиган оддий жараёнларнинг математик тавсифларини тузиш,

технологик чекламаларни математик шакллантириш ва ҳар бир элемент салмоғини жараён миқёсида қиёсий баҳолаш асосида уларнинг математик тавсифларини жараённинг математик модели сифатида битта яхлит тизимга бирлаштириш;

- пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш тизимининг мувозанат ҳолатини ўрганиш;

- колоннаги аппаратда мисцеллани дистилляциялаш ва ажратилган эритувчи буғлари таркибидан эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнларини уларнинг математик моделларида тадқиқ этиш;

- диссертация ишини бажариш пайтида олинган асосий назарий натижаларни яримсаноат аппаратида реал жараёнга адекватлигини текшириш;

- яримсаноат аппаратида олинган экспериментал натижаларни математик моделда олинган натижалар билан таққослаш;

- назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижалари асосида охириги босқич дистилляторининг саноат намунасини лойиҳалаш учун колоннаги аппаратнинг оптимал конструктив-технологик параметрларини ҳисоблаш;

- саноат корхонаси шароитида янги дистиллятор конструкцияни синовдан ўтказиш ва синов ўтказиш методикаси ишлаб чиқиш;

- янги типдаги дистилляторни ишлаб чиқаришга жорий этиш натижасида эришиладиган техник, технологик ва иқтисодий самарадорлик кўрсаткичларини ҳисоблаш ва ёғ-мой саноати учун жараёни рационал ташкил этиш бўйича илмий-амалий характердаги тавсиялар бериш.

## **II-БОБ. ПАХТА МОЙИ МИСЦЕЛЛАСИНИНГ ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ БОСҚИЧНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ**

### **2.1. Технологик жараёнларни тизимли таҳлил қилиш методикаси**

Барча тадқиқотларнинг бажарилишида тизимли фикрлаш асосидаги таҳлил самарали натижа беради. Аммо тизимли таҳлилга турлича ёндашувлар ва қўллаш услублари уни мураккаб жараён бўлиб кўринишига сабаб бўлмоқда. Кўп ҳолатларда таҳлил қилиш ишнинг охирги қисмидан, яъни яхши тизимни топишдан бошлаш керак деб тушунилади. Бунда тизимга тўлиқ эътибор бермасдан ва масаланинг ечимини топиш кетма-кетлигини аниқламасдан туриб лозим бўлган ечимга қўйиладиган талаблар белгиланади, оптимал ечим қидирилади. Изланишларимизни умумлаштириб, янгича таҳлил усулини таклиф қилдик. Таҳлил фикран борлиқни белгилаб олишдан, унинг ичидаги тизим ва ундаги жараённи тўлиқ ўрганишдан бошланиши керак. Аслида тўғри таҳлил қилиб, оптимал қарор қабул қилиш энг яхши усулдир. Такдим этилаётган ишда тизимли таҳлил қилиш илмини ривожлантириб, масалаларни оптимал ечиш асосида қарор қабул қилиб, оптимал натижаларга эришиш мақсади кўзда тутилади.

Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда, тизимли таҳлил илмини ривожлантириш мақсадида, унинг бошланғич алгоритми (услуби) таклиф қилинди. Қуйида мазкур алгоритм ёрдамида кўп босқичли таҳлилни амалга ошириш услублари, оптимал қарор қабул қилиш йўллари технологик тизимлар мисолида кўрсатилади. Таклиф этилаётган услубни қўллаган тадқиқотчи текширилаётган тизимга босқичма-босқич кириб боради, содда таҳлилдан мураккаб таҳлилга ўтиб, тизимли таҳлилни барча тадқиқотларида қўллаш имкониятига эга бўлади.

Тизимли фикрлаш ва тизимли таҳлилнинг мукамалроқ усули ҳақида қуйидагиларни айтиш мумкин: Ҳар бир масалада тизимли таҳлилни бошлашдан аввал тизим иборасидан юқорироқ субстанция белгиланди. Бу *борлиқ*дир. Борлиқнинг ўзини объект деб қаралса бўлади. Биз бу ишда тизим иборасини

таҳлил учун ўз ўрнини топилишига ҳаракат қилдик. У тизимдан юқорироқ бўлган субстанция, борлиқнинг элементиدير. Ва энди тизимли таҳлилни бажаришда тизим ибораси борлиқ иборасини ичида бўлди. Таклифимиз натижаси бир нечта ибораларни бошқача тўғрироқ аниқлаб, уларга тўғри эътибор берилиши кераклигини кўрсатди. *Ушбу усул Ампер вақтида бўлганда, балким Ампердан неча ўнлаб йиллар кейин эмас, балки Ампер даврида электродвигатели топилган бўларди.*

Борлиқнинг физикавий қисми, баъзида материалистик ёки материя қисмини тизим деб қабул қилиниши ва ундаги жараёнга эътибор берилиши ечим топилишини аниқлаштиради. Жоиз бўлса борлиқ деган сўзга синоним қилиб объект деган сўзни олинishi таҳлил қилишни осонлаштиргандай бўлди.

Тизимли фикрлаш борлиқни - объектни аниқлашдан бошланади, унинг асосида фикр объектдаги иккита нарсага - тизимга ва ундаги жараёнга қаратилади. Кўп йиллар давомида тизимли таҳлил масалаларини ривожланиши бўйича қилган хулосам унга етарли даражада ечим топишим имкониятини берди. Албатта, бу борада яна бахslashувлар ва таклифлар бўлиши мумкин. Энг асосийси энди тизимли фикрлаш, тизимли ёндашиш ва тизимли таҳлил усуллари қар бир фанга оид масалаларда ишлатиш мумкин бўлиб қолди.

Шундай қилиб, тизимли фикрлаш ёки таҳлил қилиш учун:

- қар бир фанда, қар бир изланишда биринчи топилиши керак бўлган нарса бу борлиқ, уни замонавий қилиб объект деб атаймиз;
- иккинчи навбатда борлиқ ёки объектдаги иккита нарса - тизим ва унинг ичидаги жараён аниқланади;
- учинчи навбатда бош тизимдаги иерархик поғоналар ва улардаги тизимлар аниқланади;
- тўртинчи навбатда тизимлардаги жараёнлар топилади. Иерархик поғоналаш услубидан фойдаланиб объект ичига кетма-кет кириб бориш куч етганча давом этаверади;
- кичик (элементар) объектлар ўртасидаги боғланишларни аниқланиши оптимал ечим топилишига имкон беради.

Аслида фикрлаш ва таҳлил қилиш Одам яратилган даврдан бошланганлигига қарамай, бу ишни ҳар ким ўзича бажаради ва албатта ўзича тўғри бажараётган бўлади. Тўғри фикрлашни инсонга унинг туғилганидан бошлаб билдиришга ҳаракат қилинади. Маълумоти, билими ортган сайин инсоннинг таҳлилий фикр юритиши яхшиланиб бораверади. Фикрлашда қандайдир тартиб бормикин деган масалада тизимли фикрлаш ва тизимли таҳлил иборалари кириб келди. Тизимли фикрлаш ва тизимли таҳлил тартиби бўйича кўплаб таклифлар берилган, мақола ва китоблар ёзилган. Умумий бир ечим бериш мумкинмикин деганда тўғри фикрлаш масаласини бир фикрга қаратсак яхши бўладиганга ўхшаб қолди. Фикрлашлар кўпинча борлиқнинг бир қисмида, бирон бир ходиса ёки жараёни таҳлил қилиш орқали амалга ошириларди. Тўғри фикрлаш учун асосий борлиқни ва ундаги жараёни тўғри аниқлаб олинса, фикрлаш ва анализ қилиш ҳам равшанлашади. Ана энди ҳар бир фаннинг ва унинг таркибий бўлимлардаги борлиқни - объектни ва ундаги тизим ва жараёни аниқлаб олинса, уни тушиниш ва тушинтириш осонлашади. Ҳозирча Борлиқнинг материал қисмини ҳам, борлиқ ва ундаги жараёни ҳам яхлитлаб, тизим деб ифодалаш қабул қилинган эди. Лекин Борлиқнинг ўзини иккита тушунчадан иборат деб қабул қилиниши фикрлаш ва таҳлил қилишни янада осонлаштиради.

Фикрлаш ва таҳлил қилиш тартибини ҳал қилиш учун тизимли деган иборага мурожаат қиламиз. Бунда баъзи ўрганиб қолинган фикрлардан чекиниш, таҳлилни равшанроқ бўлишига ёрдам беради. Масалан, ходиса ва воқеаларни, умуман жараёнлар ва шунга ўхшаш тизимни ҳаракатлантирувчи, яъни юритувчи тушунчалар тизим ва тизимчалар ичида жорий бўлади.

Тизимли фикрлашни ривожлантиришда учта тушунча асосий ўринни эгалайди. Бу объект, тизим ва жараён тушунчаларидир. Авваламбор фикрлашда тизим, интернационал сўз сифатида тизим, асосий мазмунни ифодаловчи ибора сифатида қабул қилинган. Мисол тариқасида, Интернет дастурига кириб тизим сўзига мос лавҳаларни топиш учун топшириқ берилса, унда куёш тизими, космик алоқа тизими, линзалар тизимси, қон томирлар тизими, нерв тизимси,

ирригация тизимлари, совитиш тизими, ўз-ўзидан ростланувчи тизим, тенгламалар тизими, координаталар тизими, ўлчовлар тизими, ўлчов бирликлари тизими, меҳнатга прогрессив ҳақ тўлаш тизими, китобларни жойлаштириш тизими, Менделеевнинг элементлар даврий тизими, аппарат, технологик линия, цех, ишлаб чиқариш, мамлакат, регион, вилоят, туман каби кўплаб ибораларни учратилади.

Чуқурроқ фикрланса келтирилган барча тизимлар асосини борлиқни ифодаловчи элементлар деб қабул қилиш мумкин. Баъзида жараёнлар тизим-сини ифода этмоқчи бўлинади. Мисол учун, космик алоқа, совитиш, ўз-ўзидан ростланувчи, ўлчовлар, ҳақ тўлаш, жойлаштириш, дунёқараш каби жараёнлар ҳақида гапирилганда улар ситема бўлмайди, аксинча, улар содир бўладиган борлиқ-объектнинг элементлик томонлари (конструкция, элемент, элементлар мажмуаси ва бошқа жараёнлар кечадиган борлиқ) тизим сифатида фикри-мизда бўлади. Энди юқоридагиларни инобатга олиб жараёнлар тизимлари эмас, балки улар кечадиган элементлар тизими деб қаралса таҳлил аниқроқ бўлади.

Яхшироқ фикрланганса, келтирилган табиий ва сунъий тизимларнинг ўзларини борлиқ-объектнинг элементи деб қабул қилиб, уларнинг ўзи элементлар йиғиндисидан иборатлигини англаймиз. Элементлар маълум мақсад учун ишлайдиган қандайдир кетма-кетлик тартибида - алгоритмида йиғилгандир.

Шундай қилиб, тизим нима деган саволга у борлиқнинг физик ифодаси, аксарият материалистик тушунчадаги борлиқни ифодаловчи элементдир ва уни тартибга солинган элементлар тўплами дейиш мумкин. Тизим борлиқни ифодаловчи нарсаси, бирлик, бутунликни ташкил этувчи нарсалар мажмуидир. Шунинг билан бир қаторда тизим ибораси тартиб, соҳа, тармоқ, шоҳобча каби маъноларда ҳам ишлатилади. Табиий тизимларни таҳлил қилинганда уларни қанчалик тартиб билан тузилганлиги инсон фикрини ҳайратлантиради. Инсон ўзи учун керакли тизимларни ташкил этишга уринади. Оптимал тизимларни ташкил этишда инсонга тизим ичидаги жараённи ўрганиш асосида тизимли фикрлаш асос бўлади.

**Жараён** - бу тизим ҳолатининг ўзгариши дейиш мумкин. Тизимда кўплаб жараёнлар содир бўлади, Шунинг билан бир қаторда асосий жараёнга эътибор бериш керак. Асосий жараён - бу тадқиқот этилаётган жараён бўлиб, тадқиқотчининг асосий эътибори қаратилган жараёндир, айрим ҳолларда асосий жараёндан ташқари қўшимча жараёнларни ҳам ўрганишга тўғри келади. Ва асосийси, изланувчининг (изланувчи - у туғилганидан бошлаб, боғча, мактаб, университет ва умрининг охиригача ўрганувчи ва таҳлил қилувчи инсон) эътиборини тортувчи борлиқни объект деб аташ мақсадга мувофиқ бўлади.

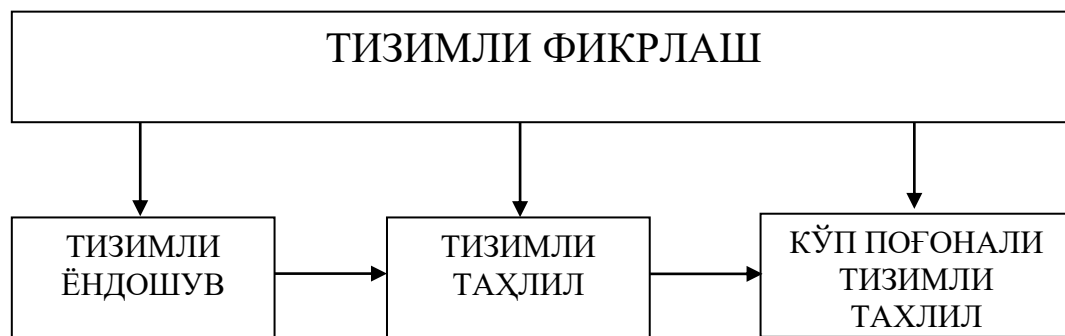
**Объект** - бу тизимдан юқоридаги субстанция, у тизим ва ундаги жараённинг бирга кўрилиши, у изланувчини эътибори қаратилган ва изланиш олиб бориладиган борлиқ. Объект тушанчасини тўғри баҳоланиши барча фанларни ўқитишда тизимли таҳлилдан унумли фойдаланиш имконини беради. Шундай қилиб ҳар бир фаннинг таркибида борлиқ - объект бор. Аслида биз объектни таҳлил қиламиз. Бунинг учун объектнинг кириш ва чиқиш параметлари аниқланади. Объектни тўлиқроқ ўрганишга кўп поғонали тизимли таҳлил ёрдам беради.

**Иерархик поғона** (ёки сатх). Фан ва техниканинг замонавий ривожланган ҳолатида *Катта тизимни* оддий тизимларнинг тўғридан тўғри олинган тўпламидан иборат деб таҳлил қилиш мураккабликлар ва чалкашликларни келтириб чиқариши мумкин. Шунинг учун тизимни ташкил этувчи элементларни гуруҳлаш талаби кучаймоқда. Бу ишда иерархик поғоналарга ажратиш услубидан фойдаланиш яхши натижа беради.

**Тизимли таҳлил.** Тизимни ва ундаги жараённи ўрганиш, уларнинг биргаликдаги кириш ва чиқиш параметрларини топиш, параметрларнинг ўзаро боғланишларини аниқлаш орқали тўғри ечим топилади. Демак, тизимли таҳлил тизим билан жараённинг кириш ва чиқиш параметрларини аниқлаб, уларнинг ўзаро боғланишларини топиш учун бир-бирига таъсир қилувчи ички иерархик поғоналардаги тизимчалар ва улардаги жараёнларнинг кетма-кетлиги асосида ўз ифодасини топади. Тизимли фикрлаш ва таҳлилнинг тарихи ва ривожланиши. Тизимлар назарияси ва тизимли таҳлил терминлари ёки қисқача

тизимли ёндашиш, охири пайтда тизимли фикрлаш, ҳозирча стандарт талқинга эга эмас. Фан хронологияси тизимлар назарияси ва тизимли таҳлилни ўтган аср ўрталарида пайдо бўлганлигини таъкидланишига қарамасдан, бу тушунчалар инсоният пайдо бўлиб, фикрлашни бошлаганидан буён ишлатилаётганлигини эътироф этиш мақсадга мувофиқ. Илк таҳлил соддароқ, осонроқ бўлса, борган сари у мураккаблашиб, аста-секин ечим топиш йўллари кидиришнинг ҳар хил усуллари вужудга кела бошлаган. Тизим тушунчасининг таърифида ҳам кўплаб вариантларни топиш мумкинки, уларнинг бир қисми чуқурроқ фалсафий ёндашишга асосланган, қолган қисми эса тизимдаги амалий масалалар ечимини топишга ундайдиган оддий ҳолатларга асосланган бўлади [122-124].

Тизимли фикрлаш ва тизимли таҳлилни мукамаллаштиришдаги иккинчи янгилик тизимли фикрлаш, тизимли ёндашув, тизимли таҳлил, кўп поғонали таҳлил тушунчаларини ишлаб чиқиш ва аниқлаштириш масалалари кўриб чиқилди, уларнинг кетма-кетлиги ва ўзаро боғлиқлиги аниқланди (2.1-расм).



**2.1- расм. Тизимли фикрлаш, тизимли ёндашиш, тизимли таҳлил, кўп поғонали тизимли таҳлил тушунчаларинг ўзаро боғланиши**

Авваллари изланувчи фикрлашида текширилаётган объект тизими битта иерархик босқичда кўрилган ва шунга яраша ечимлар белгиланган, кейинчалик икки ва ундан ортиқ иерархик сатҳдаги фикрлаш танланган. Жумладан тизимдаги жараённинг макро- ва микрокинетикаси иборалари асосида тизимни поғоналашга интилишган. Аслида тизим ичидаги элементлардаги жараёни микрокинетика деб қаралган.

Энди қарор қабул қилиш ҳақида фикрлар равшанлашади. Қарор қабул қилиш жараёнида, тизим ичидаги иерархик сатҳлардаги жараёнларни таҳлил этиш асосида катта тизимни таҳлил этиш, ораликдаги иерархик босқичлар тизимларини етарли даражада ўрганишга яхши эътибор бериш олинган натижани тўлиқроқ ифодалайди. Мисол қилиб, технологияларни ташкил этишда атом-молекуляр даражадаги жараёнларнинг таҳлилидан технологик линияларни ташкил қилишга сакраб ўтилиши ўрнига ораликдаги тизимларни тўлиқроқ инобатга олиш яхши натижа беради.

Тизимли таҳлил асосида изланувчи камида учта даражада масалани аниқлаши ва ечимини топишга интилиши мумкин:

- библиографик билимини ошириши, тадқиқ этилаётган борлиқ тўғрисидаги ўз тушунчаларини ва дунёқарашини кенгайтириши, чуқурлаштириши;
- борлиқни анализ қилиши, тадқиқ этилаётган тизим элементларининг ўзаро муносабатини аниқлаши, керак бўлса янги хусусиятларини топиши;
- ечимлар синтез қилиши, ўзини қизиқтирган тизимнинг ишлаш самарадорлигини ошириши.

Йиллар давомида бажарилган илмий ишлар, адабиётларда келтирилган услублар, ҳар бир ғояни, таҳлил услубларини қиёслаб, асосий услуб таклиф қилинмоқда. Таклиф этилаётган услуб мавжуд услубларни ривожлантирган ҳолда тизимни деярли қийинчиликсиз таҳлил этиш имкониятини беради[125, 126,127]. Бу услубни муҳандислик технологияларида қўлланилиши яхши натижаларни кўрсатди. Унинг самараси хусусан кўплаб докторлик ва номзодлик диссертация ишларида кўрилди. Ривожлантираётган услубиёт аста-секинлик билан илмий ишларни бажарилиши ва амалиётга татбиқ этилишида ўз натижаларини бермоқда ва кейинчалик кенг қамровда ишлатилади деган умиддамиз.

Тизимли таҳлилни қуйидаги кетма-кетликда бажарилиши мумкин.

1. Аввало, иш бошлангич тизимнинг ўзини тўлиқ ўрганишдан бошланади.
2. Тизимдаги муҳим жараёнлар тўлиқ ўрганилади.

3. Тизим ва тизимдаги жараённинг кириш ва чиқиш кўрсаткичлари аниқланади.

4. Кўрсаткичларнинг боғланишлари топилади. Кўрсаткичларнинг боғланишлари баённомалар, иборалар, жадваллар, графиклар, расмлар, аксарият математик ёки компьютер моделлари асосида ифодаланиши мумкин.

5. Оптимал ечим топилади, қарор қабул қилинади.

Бошланғич тизимда кўрсаткичлар боғланишларининг топилиши мураккаб бўлса, кўп поғонали тизимли таҳлил усули таклиф қилинган. Яъни, кўрсаткичларнинг боғланишлари топилиши учун қадамма-қадам тизим ичига кириб (заруратга кўра), кўриб чиқиладиган тизимнинг (элементнинг) ташкил этувчи элементлари аниқланади.

**Кўп поғонали тизимли таҳлил усули ҳақида.** Тадқиқот этиладиган борлиқ (ишлаб чиқариш, халқ хўжалиги соҳаси, мамлакат, вилоят, район, ишлаб чиқариш корхонаси, уюшмалар ёки аппарат, аппарат элементи ёки бир нечта аппаратлардан иборат технологик линия, ёки завод ва ҳ.к) бирламчи бўлган объектнинг катта тизими (бирламчи иерархик сатҳ) сифатида қабул қилинади. Тизимни ва унда содир бўладиган (текшириладиган) жараён ўрганилиб, кириш ва чиқиш параметрлари аниқлангандан сўнг, асосий тизимнинг ташкил этувчи элементлари аниқланади. Унинг ҳар бир элементи, иккинчи иерархик сатҳ тизими элементи деб аталади. Иккинчи иерархик сатҳ ҳар бир элементида - тизимида кераклик жараён текширилади ва тизим ҳамда жараён параметрлари аниқланади.

Иккинчи иерархик сатҳ тизимининг ҳам ташкил этувчи элементлари аниқланади. Иккинчи иерархик сатҳ тизимининг ҳар бир элементи, учинчи иерархик сатҳ тизими деб аталади. Учинчи иерархик сатҳ тизимининг ҳар бир элементида мазкур иерархик сатҳ тизимининг жараёнлари кўрилади, уларнинг параметрлари аниқланади.

Шу тариқа бирламчи тизимнинг ичига кириб бориб фикран тизимчаларни аниқлаш имкон даражасидаги чуқурликкача давом этади. Ўтган асрнинг

ўрталаридан бошлаб бизда ва шу жумладан, хорижий адабиётларда ҳам изланилаётган объект қора қутига (2.2- расм) ўхшатишган [122,126].



## 2.2- расм. Объектни номалум (қора) қути сифатида ифодаланиши

Тизимли таҳлилнинг хусусий ҳолларида изланилаётган объект қора қути бироз оқариши мумкин, баъзида ечим топиш учун у етарли деб қабул қилинади. Таъкидлаш керакки, кўп поғонали тизимли таҳлил асосида қора қути оқариб бориши ва тўлиқ оқариши мумкин. Тизим ва ундаги жараёнлар биргаликда таҳлил қилиниши сабабли топиладиган ечим аниқроқ бўлади.

Фикрларимизни умумлаштирилиб, тизимли таҳлилнинг қуйидаги алгоритмик формуласини тавсия этдик [128]:

$$\text{Тизим таҳлил} = [(\text{тизим} + \text{жараён}) \rightarrow \text{параметрлар}] * n. \quad (2.1)$$

Тизим таҳлилни мазкур алгоритмик формула асосида қуйидагича кетма-кетликда бажарилиши мумкин.

1. Текширилаётган борлиқ - элемент тизим деб қабул қилинади ва ўрганилади.

2. Унда содир бўлаётган жараёнлар аниқланади ва ўрганилади. Таъкидлаш лозимки, ҳар бир текширилаётган элементда - тизимда кўплаб жараёнлар содир бўлади, улардан тадқиқ этилиши лозим бўлган жараёнлар танланади.

3. Тизим билан жараён ўрганилиб, тизимга ҳамда жараёнга тааллуқли параметрлар, энг асосийси, кириш ва чиқиш параметрлари аниқланади.

4. Танланган тизимдаги параметрларнинг бир-бирига таъсири ва боғланиши аниқланади. Бунинг учун аксарият ҳолатларда тизим ичига кетма-

кет, қадамба-қадам кириб борилади. Бунинг учун тизимнинг кўп поғонали таҳлили таклиф этилган.

Шундай қилиб, кўп босқичли таҳлил услубидан фойдаланиш, тизим ичидаги ҳодисаларни тўлиқроқ аниқлаш ва объектни тўлиқ англаш оптимал ечимларини танлаш имконини беради.

**Тизимли фикрлаш, таҳлил ва оптимал ечим топиш босқичлари.**

Тизимли таҳлил ва ечим топиш қуйидаги кетма-кетликда амалга ошириш таклиф этилади.

*Биринчи босқич* (тизимли таҳлил):

- аввал танланган борлиқ - объект ўрганилади. Объектга бўлган талаблар шакллантирилади. объектдаги иккита нарса - тизим ва унинг ичидаги жараён аниқланади;

- ҳар бир тизимда (элементда) кўп жараёнлар содир бўлади. Жараёнлар тўпламидан қўйилган масала ечимини тўғри топиш учун зарур бўлган жараёнлар танланади;

- тизим ҳамда тадқиқ этилаётган жараённинг кириш, чиқиш параметрлари ўрганилади. Кўп ҳолларда, параметрларнинг ўзаро боғланишини аниқлаш, тизимни тадқиқ этиш учун унинг ичидаги тизимларни аниқлаш талаб этилади;

- элемент - тизим тузилиши аниқланади. Қўрилаётган тизимни (элементни) ташкил этувчи элементлари аниқланади ва ҳар бир танланган элемент ва жараён учун унинг параметрлари (кўрсаткичлари) аниқланади. Шу тарзда тизимга чуқурроқ кириб борилади. Элементни (тизимни) ташкил этувчи тизимларга ажратиш жараёни чекланмаган. Бу жараён зарурият даражасига ва оптимал қарор қабул қилиш учун тадқиқотлар ўтказиш имкониятларига қараб амалга оширилади.

*Иккинчи босқичда* (параметрларни ўзаро боғланишини аниқлаш) объект кўриниши ва қўйилган масала мазмунига кўра, ҳар бир тадқиқотчи ўзининг тадқиқот олиб бораётган соҳаси услубларининг катта имкониятларидан фойдаланиши мумкин.

Параметрларнинг миқдорий муносабатларини аниқлаш математик ифодалардан фойдаланишни талаб этади. Бу эса математик ёки компьютер моделларига мурожаат этишга олиб келади. Математик ёки компьютер моделлари энг ичкаридаги тизимнинг жараёнидан бошланиб, юқорига чиққан сари умумлаштириб бораверилади ва умумий модель тузилади. Параметрларнинг ўзаро боғланишлари аниқлангандан сўнг оптимал тизимни қидиришга ўтиш мумкин.

*Учинчи босқичда* (оптимал ечим танланиши) тизимли таҳлил асосида шаклланган талаблар аниқлаштирилади ва конкретлаштирилади. Бирламчи тизим ҳамда ҳар бир иерархик поғонадаги тизимлар учун оптималлаштириш шартлари аниқланади. Оптимал ечим топиш усули танланиб, оптимал ечим топилади.

Шуни таъкидлаш керакки, биринчи босқич - тизимли таҳлилни бошланиши, барча фанлар учун универсал бўлиши мумкин. Иккинчи ва учинчи босқичлар эса, ҳар бир соҳада қўйиладиган масалага боғлиқ ҳолда бажарилади.

Тизимли таҳлил оптимал тизимларни қидиришнинг фанлардаги мавжуд бўлган қўплаб усуллариغا йўл очиб беради.

**Оптимал ечим қидиришнинг ўзига хослиги.** Параметрларнинг ўзаро боғланишлари аниқлангандан сўнг оптимал тизимни қидиришга ўтиш мумкин [125]. Оптималлаштиришнинг маъноларидан бири ечимлар тўпламидан энг мақбул ечимни танлаб олиш деб тушунилади. Айрим ҳолларда бундай ечимлар тўпламини шакллантириш мумкин, айрим ҳолларда эса бунинг иложи бўлмайди. Бунда ечимларни кетма-кет топиб, оптимал ечим томонига қараб силжиш лозим бўлади. Бундай ҳолатларда компьютер моделларидан фойдаланиш, ҳисоблаш экспериментларини ўтказиш яхши натижа беради. Оптимал ечимни қидирилиши оптимал нуқтага математик кетма-кет яқинлашишдан иборат бўлади.

Оптимал ечим топишда қуйидаги тартибни тавсия этиш мумкин:

*Оптималлаштириш масаласининг қўйилиши.* Бу иш оптимал ечим қидириш муаммосини аниқлашнинг асосий қисмидир. Тизимда қўп босқичли

таҳлилдан фойдаланиш, тизим ичидаги тизимчалардан бошлаб жараёнларни ўрганишни амалга ошириш кўп босқичли оптимал ечимларни топиш имконини беради.

*Оптималлаштириш мезонини (критерийсини) ва шартларини танлаш* энг аввало, корхона даромадини ҳисобга олишдан келиб чиқади. Кўпинча корхона даромадини максимал қилишга интилиш керак,

$$\text{Даромад} = (H - T_n) * M_m \rightarrow \max. \quad (2.2)$$

Даромад ўз навбатида маҳсулот нархи  $H$ , унинг таннархи  $T_n$  ва миқдоридан  $M_m$  ташкил топади.

Оптималлаштириш мезонида даромад аниқланиши учун уни ташкил этувчи мезонлар таҳлил этилиши керак. Муҳандислик амалиётида кўп ҳолатларда маҳсулот нархи  $H$  ўзгармас деб қабул қилинади, унда тизим ишининг самарадорлигини ошириш ёки маҳсулот таннархини камайтириш талаб этилади. Бундан келиб чиқиб, маҳсулот таннархини камайтиришга ёки тизим ишининг самарадорлигини оширишга қаратилган тизим ёки жараён кўрсаткичлари (мисол учун, хомашё концентрацияси, ҳарорати, сарфи ёки жараённи ҳисоблашда ишлатиладиган коэффициентлар) ҳисобидан оптималлаштириш мезонлари ва шартлари қабул қилинади.

*Мақсад функцияси шакллантириш.* Мақсад функцияси - оптималлаштириш мезонининг объект параметрлари орқали боғлиқлик ифодаси ёки функциясидир. Мақсад функциясини тузишда баённомалар ёки аксарият ҳолларда компьютер модели асосида оптималлаштириш шартларини ҳисоблаш имконини берувчи математик ифодаalar ёки компьютер маълумотлари асос бўлади.

*Оптимал ечим топиш усулини танлаш.* Оптимал ечим танлашнинг кўп усуллари таклиф этилган ва бу муаммога кўплаб китоблар бағишланган. Кўп ҳолларда оптимал компьютер моделлари асосидаги ҳисоблаш усуллари ёки мақсадга йўналтирилган тасодиқий қидирув усуллари билан оптимал шароитларни топиш осонроқ бўлади.

*Оптималлаштириш масаласини ечиш* - мақсад функцияси асосида, қидирув услубига биноан ҳисоблашлар амалга оширилади. Қўйилган шартларни қаноатлантирувчи ечим оптимал ечим сифатида қабул қилинади.

Тизимли таҳлил ва оптимал ечим қабул қилиш усули турлича муҳандлислик технологик тизимлари мисолида амалга оширилган, улар:

- хом ашёга механик ишлов беришни (майдалаш, аралаштириш мисолида) икки-уч иерархик сатҳдаги тизимлари;
- уч-тўрт иерархик сатҳдаги иссиқлик алмашинув тизимлари;
- беш-олтита иерархик сатҳдаги дистилляциялаш, қуритиш, ректификациялаш тизимлари;
- олтита-тўққизта иерархик сатҳдаги биокимёвий, иссиқлик ва модда алмашувли тизимлар.

## **2.2. Пахта мойи мисцелласининг якуний дистилляциялаш ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратишда тизимнинг мувозанат ҳолатини ўрганиш**

Ўсимлик мойи мисцелласи икки ёки ундан ортиқ компонентлардан ташкил топган бир жинсли суюқлик аралашмаси сифатида қаралиши мумкин. Бундай аралашмани таркибий компонентларга ажратиш учун дистилляция усули қўлланилади.

Ҳайдаш жараёнида суюқлик таркибидан енгил учувчан компонентни буғланиши сабабли унинг суюқлик фазасидаги миқдори камайиб боради, буғ фазасидаги миқдори эса ортиб боради. Буғланмай қолган суюқлик таркиби асосан юқори ҳароратда қайнайдиган, қийин учувчан компонент - экстракцион мойдан иборат бўлади.

Жараёни амалга оширишда мисцелланинг қайнаш ҳароратини пасайтириш мақсадида, аралашма компонентларининг сувда эримаслигини эътиборга олиб, унинг таркибига қўшимча компонент сифатида юқори ҳароратли сув буғи очиқ усулда киритилади.

Дистилляция жараёни якуний босқичида ҳайдалаётган компонент суюқлик ва буғ фазалари ўртасидаги мувозанат ҳолатга мувофиқ тарзда

ажратилади. Жараённинг мувозанат ҳолатларини аниқлашда фазалар қонидасидан фойдаланилади [76,77]:

$$\Phi + C = K + 2, \quad (2.3)$$

бунда  $\Phi$  - фазалар сони (суюқлик, буғ);  $C$  - эркинлик даражаси сони;  $K$  - тизимдаги компонентлар (ўсимлик мойи, ёғ кислоталари, бензин, сув буғи) сони.

Жараён вакуум остида ( $P = \text{const}$ ) кечади, унинг ўзгарувчан параметрлари - мисцелла концентрацияси, жараён ҳарорати ва сув буғи сарфи.

Углерод атоми сонига кўра ёғ кислоталари бир-биридан фарқ қилади. Турлича таркибга эга бўлган ёғ кислоталари барометрик конденсаторда турлича конденсацияланиш ҳароратига эга бўлади. Пахта мойи таркибидаги ёғ кислоталари ичида энг учувчанлари каприн, лаурин, миристин ва палмитин кислоталари ҳисобланади. Экстракцион бензин асосан гександан  $C_6H_{14}$  иборат, шунинг учун уни баъзан техник гексан деб ҳам аталади.

Раул қонунига мувофиқ, суюқлик юзасидаги енгил учувчан компонент буғларининг парциал босими берилган ҳароратдаги тоза компонент буғларининг босимига пропорционал бўлади [78]:

$$P_i = x_i p_i^*, \quad (2.4)$$

бунда  $P_i$  - енгил учувчан компонентнинг парциал босими,  $x_i$  - енгил учувчан компонентни мой таркибидаги миқдори,  $p_i^*$  - тоза ҳолатдаги компонентнинг тўйинган буғлари босими;  $i$  - енгил учувчан компонентнинг тартиб сони.

Маълумотномалардан [79,80] фойдаланиб, жараён давомида муайян ҳароратдаги компонентлар буғлари босимини аниқлаш учун қуйидаги эмпирик формулани ёзиш мумкин:

$$p_i^* = b_{10i} + b_{11i} t, \quad (2.5)$$

бунда  $b_{10i}$ ,  $b_{11i}$  - маълумотларни қайта ишлаш натижасида олинган доимий коэффициентлар;  $t$  - енгил учувчан компонент ҳарорати, °C.

Математик ифодаларни шакллантириш жараёни тизимнинг турли ҳарорат режимлари учун энгил компонент молекулаларининг мувозанат ҳолатини тасвирлашдан бошланади[84]:

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1) x}, \quad (2.6)$$

бунда  $x$  ва  $y$  - паст ҳароратда қайновчи  $a$  компонентнинг суюқликдаги ва унга нисбатан мувозанат ҳолатида бўлган буғдаги моляр улуши;  $\alpha = p_1/p_2$  - нисбий учувчанлик коэффиценти;  $p_1$  ва  $p_2$  - компонентларнинг берилган ҳароратдаги тўйинган буғлари босимлари, кПа.

Бир хил ҳарорат остида бўлган икки компонентли аралашмадаги ҳар бир компонентнинг тўйинган буғ босими қиймат жиҳатдан бир-биридан фарқ қилади. Шу сабабдан аралашманинг  $t$ - $x$ - $y$  мувозанат чизиғи диаграммасини куриш учун қуйидаги формулалардан фойдаланилди:

$$x = \frac{P - p_2}{p_1 - p_2}, \quad (2.7)$$

$$y = \frac{p_1 x_1}{P}, \quad (2.8)$$

бунда  $P$  - аралашма буғларининг умумий босими; кПа.

Эритувчи (техник гексан) ва турли ёғ кислоталарининг (гексан, каприн, лаурин ва миристин) турли ҳароратдаги тўйинган буғ босимлари қуйидаги 2.1-жадвалда келтирилган.

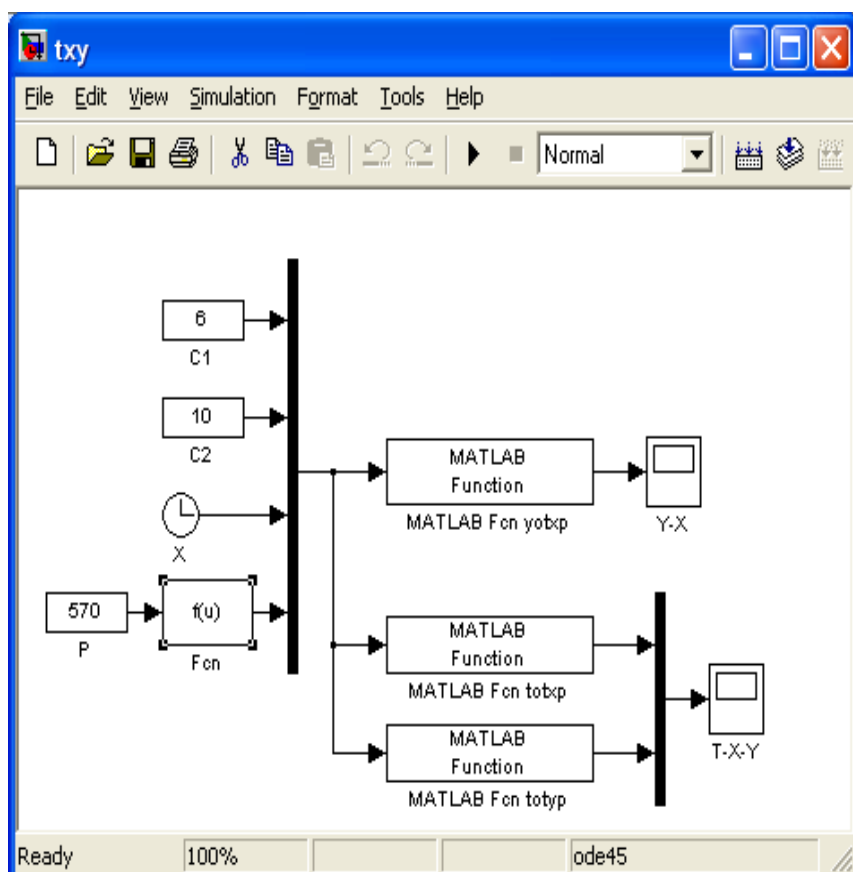
Маълумки, аралашманинг қайнаш ҳарорати ундаги компонентлар улушларига бевосита боғлиқ бўлади. Гексаннынг қайнаш ҳарорати каприн кислотасининг  $C_{10}$  қайнаш ҳароратидан кичик. Шу сабабдан, каприн кислотасининг аралашмадаги улуши ортиши билан унинг қайнаш ҳарорати ҳам ортади. Дистилляция жараёни якуний босқичининг мувозанат ҳолатларини аниқлаш учун технологик аҳамиятга эга бўлган бир қатор масалалар кўриб чиқилди. Мазкур

## 2.1-жадвал

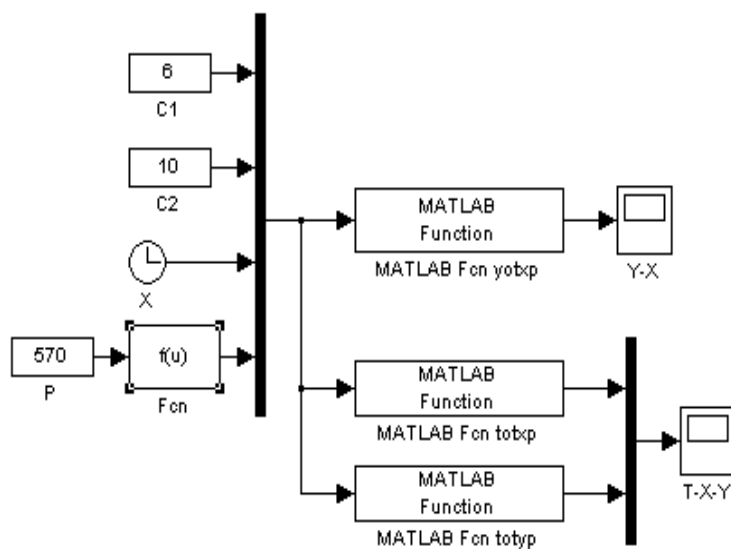
### Эритувчи ва ёғ кислоталарнинг турли ҳароратдаги тўйинган буғ босимлари

| Ҳарорат,<br>°C | Тўйинган буғ босими, кПа |         |        |          |
|----------------|--------------------------|---------|--------|----------|
|                | Гексан                   | Каприн  | Лаурин | Миристин |
| 70             | 105                      | 0,0057  | 0,002  | 0,0004   |
| 80             | 142                      | 0,0131  | 0,005  | 0,0011   |
| 90             | 189                      | 0,0286  | 0,011  | 0,0025   |
| 100            | 246                      | 0,0595  | 0,022  | 0,0057   |
| 110            | 315                      | 0,1182  | 0,045  | 0,0121   |
| 120            | 399                      | 0,2251  | 0,087  | 0,0247   |
| 130            | 497                      | 0,4123  | 0,161  | 0,0481   |
| 140            | 613                      | 0,7278  | 0,289  | 0,0904   |
| 150            | 747                      | 1,2422  | 0,499  | 0,1637   |
| 160            | 901                      | 2,0542  | 0,835  | 0,2864   |
| 170            | 1076                     | 3,2987  | 1,355  | 0,4852   |
| 180            | 1275                     | 5,1535  | 2,137  | 0,7978   |
| 190            | 1497                     | 7,8469  | 3,280  | 1,2746   |
| 200            | 1746                     | 11,6636 | 4,920  | 1,9865   |

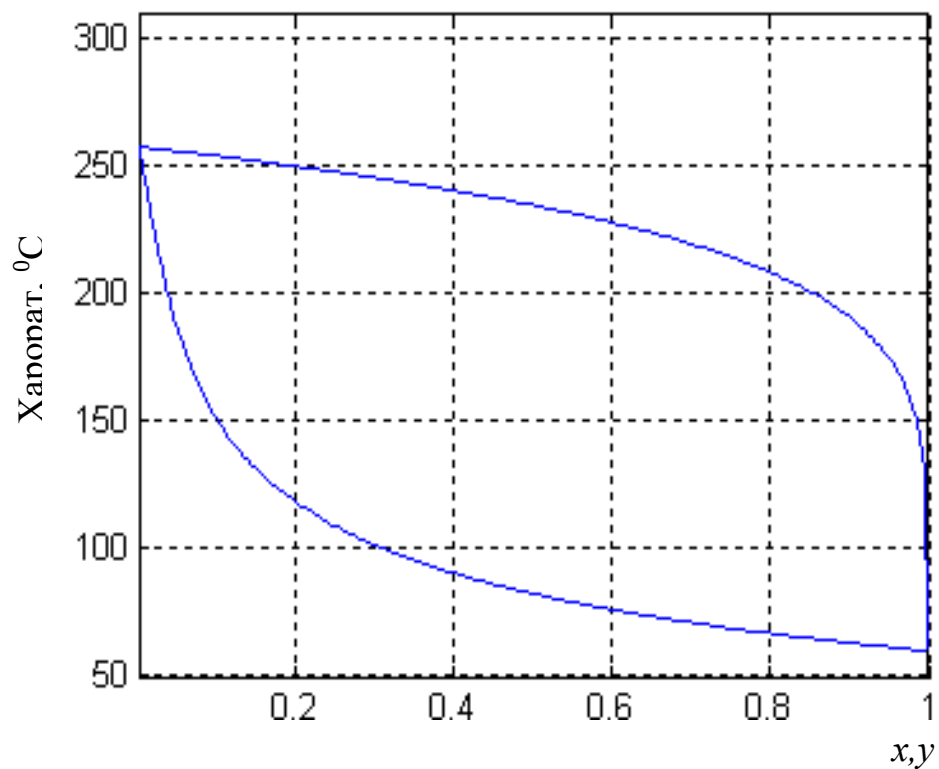
Дистилляциялаш жараёни якуний босқичининг мувозанат ҳолатларини аниқлаш учун технологик аҳамиятга эга бўлган бир қатор масалалар кўриб чиқилди. Мазкур масалаларни тадқиқ этиш учун уларнинг компьютер моделлари қурилди. Жараённинг мувозанат ҳолатини аниқлаш учун Matlab дастурида [81-83] тузилган моделнинг кўриниши қуйидаги 2.3, 2.4-расмларда келтирилган. Дистилляциялаш жараёни якуний босқичининг технологик режимини эътиборга олиб, ҳисоблаш ишларини бажаришда тизимдаги умумий босимни дастлаб  $P = 10$  кПа деб қабул қилинади ва келгусида унинг қийматини 20, 30, 40 кПа гача ошириб борилади. Компонентларни тўйинган буғлари босимининг аниқланган қийматларини 2.5 ва 2.6 тенгламаларга қўйиб, эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x$ -у диаграммаси қурилади.



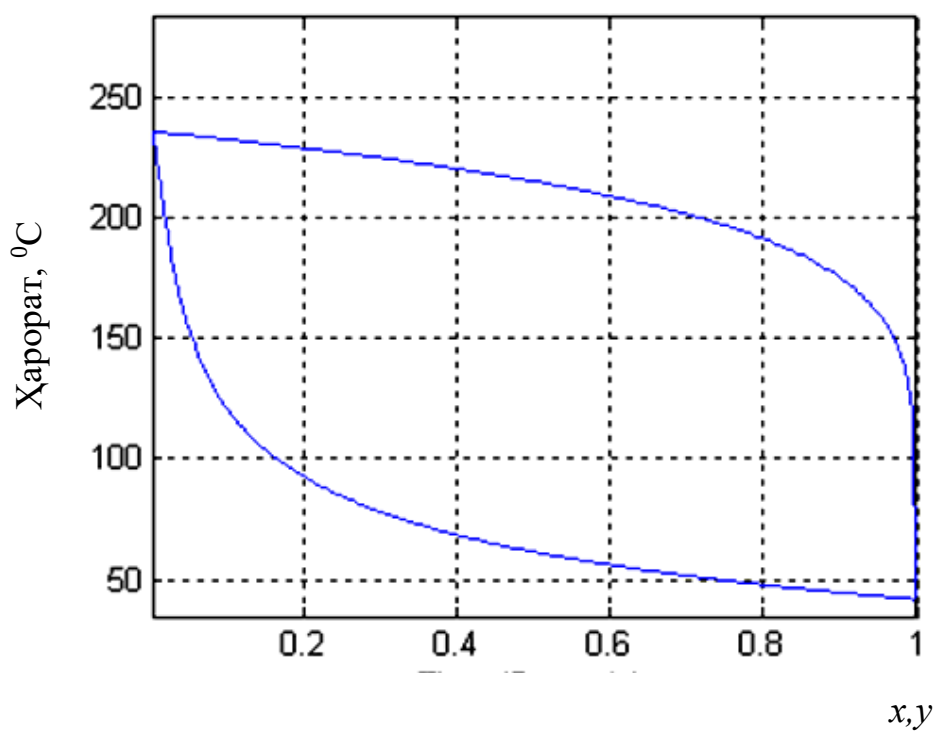
**2.3-расм. Matlab пакети ёрдамида дистилляция жараёнининг мувозанат ҳолатини аниқлаш учун тузилган компьютер модели кўриниши**



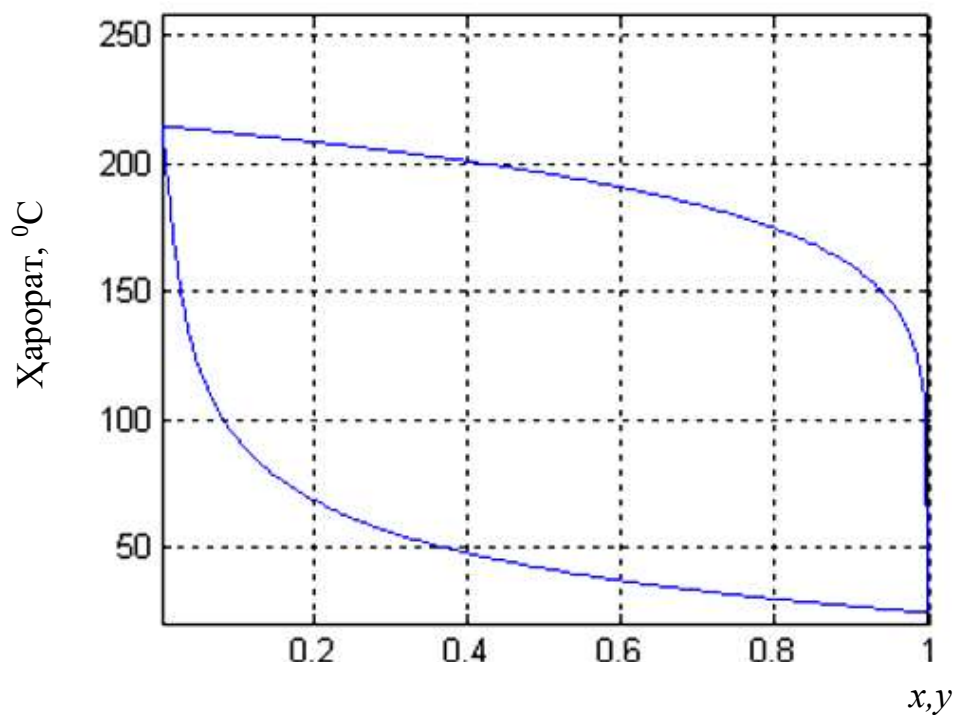
**2.4-расм. Matlab пакетида жараённинг  $y-x$  ва  $t-x,y$  ҳолатини аниқлаш учун тузилган компьютер модели кўриниши**



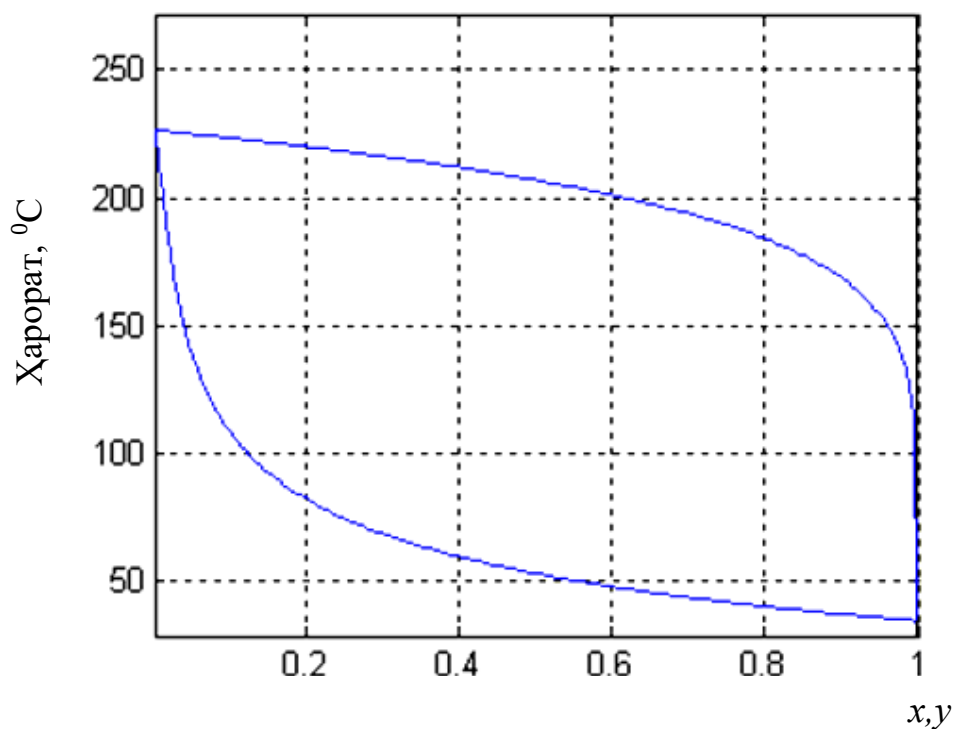
2.5-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x$ - $y$  диаграммасы,  $P = 76$  кПа



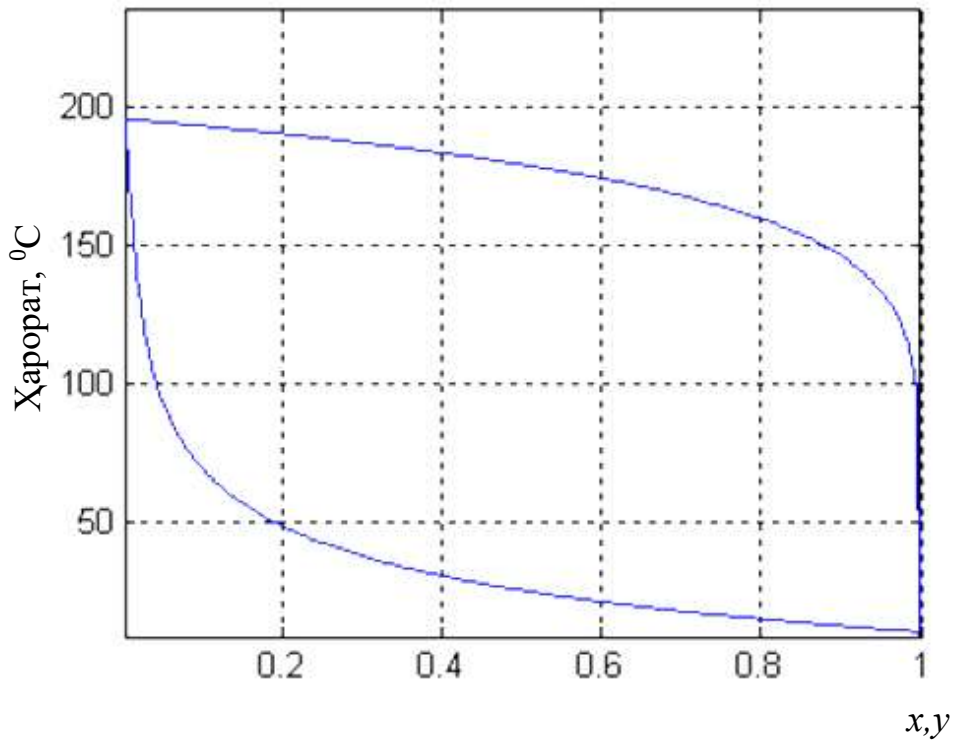
2.6-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x$ - $y$  диаграммасы,  $P = 40$  кПа



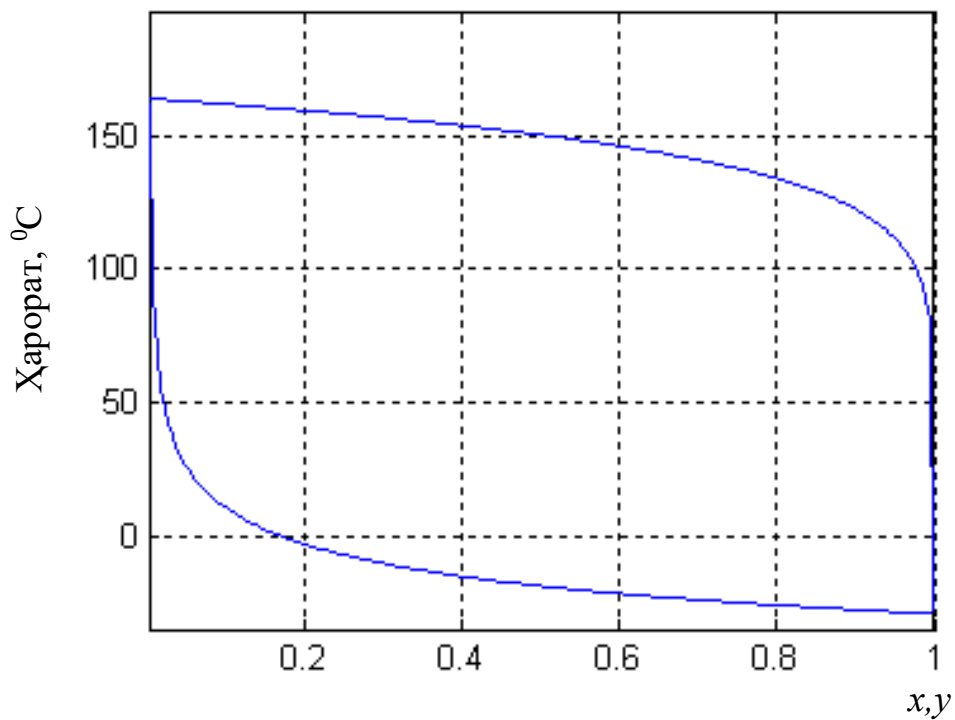
**2.8-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x$ - $y$  диаграммаси,  $P = 20$  кПа**



**2.7-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x$ - $y$  диаграммаси,  $P = 30$  кПа**



2.9-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x, y$  диаграммасы,  $P = 10$  кПа



2.10-расм. Эритувчи ва эркин ёғ кислотаси аралашмасининг турли ҳарорат ва босимлардаги мувозанат концентрацияларини ифодаловчи  $t$ - $x, y$  диаграммасы,  $P = 1$  кПа

Диаграммалардан кўриниб турибдики, суюқлик ва буғ мувозанат ҳолатида бир хил ҳароратга эга, суюқлик ва буғ фазасининг мувозанат ҳолатига мос келувчи нукта диаграммада бир горизонтал тўғри чизикда ётади. Диаграммалардаги  $A_1$  нукта эркин ёғ кислоталарининг суюқ фазасидаги таркибини,  $B_1$  нукта эса уларнинг суюқликка мувозанат ҳолатида бўлган буғ фазасидаги таркибини ифодалайди. Кўриниб турибдики, жараёндаги аралашма ҳароратини кўтарилиши ва аппаратдаги босимни пасайиши билан эркин ёғ кислоталарининг буғ фазасидаги улуши ортиб боради. Масалан, жорий технология бўйича аппаратдаги босим  $P = 80$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $1,5\%$  ташкил қилади. Агар аппаратдаги босим  $P = 40$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $4\%$  ни,  $P = 30$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $6\%$  ни,  $P = 20$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $9\%$  ни,  $P = 10$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $14\%$  ни ташкил қилади. Буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдорини кўпайтириш учун аппаратдаги босимни янада пасайтириш керак, 2.10-расмда  $1$  кПа да олиб борилган ҳисоблашлар келтирилган. Диаграммалардан кўриниб турибдики, босим  $1$  кПа ва ҳарорат  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг миқдори  $50\%$  ни ташкил қилади.

### **2.3. Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёни якуний босқичи ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнларини математик моделлаштириш**

Дистилляция жараёни якуний босқичини математик моделлаштиришдан кўзланган асосий мақсад дистилляция аппарати ёки технологик ускуна ишини тўлиқ оптималлаштиришдан иборат бўлади. Оптималлаштирилувчи параметр сифатида аппаратнинг иш унумдорлиги, мисцеллага ишлов бериш вақти, тайёр маҳсулотнинг таннархи, унинг сифат кўрсаткичлари ва бошқалар бўлиши мумкин.

Дистилляция жараёнларини моделлаштиришда мисцелла компонентлари учун фазавий мувозанат, моддий баланс ва иссиқлик баланси тенгламаларидан фойдаланилади.

*Жараённинг молекуляр ҳолати ўзгариши даражасидаги математик тавсифи (парциал босими, мувозанат ҳолатидаги модели ва бошқалар)*

Мисцелла таркибидаги енгил учувчан компонентнинг мувозанат концентрациясини аниқлаш учун унинг парциал босимини билиш лозим. Дальтон қонунига мувофиқ, буғ фазасининг умумий босими эритма юзасидаги компонентлар буғларининг парциал босимлари йиғиндисига тенг:

$$P_{ум} = P_{бен} + P_{с.б} + P_{мой}, \quad (2.9)$$

бунда  $P_{бен}$ ,  $P_{с.б}$  ва  $P_{мой}$  - мос равишда бензин, сув ва ёғ кислоталари буғларининг парциал босимлари, кПа.

Аралашма таркибидаги енгил учувчан компонент миқдорини аниқлаш учун қуйида тавсия этилган боғлиқликдан фойдаланиш мумкин [47]:

$$m_i = \frac{\frac{x_i}{M_i}}{\frac{x_1}{M_1} + \frac{x_2}{M_2} + \frac{x_3}{M_3} + \frac{1 - x_1 + x_2 + x_3}{M_4}}, \quad (2.10)$$

бунда  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  ва  $M_4$  - енгил учувчан компонентлар ва пахта мойининг молекуляр массалари, кг/кмоль;  $x_1$ ,  $x_2$  ва  $x_3$  - енгил учувчан компонентларнинг мой таркибидаги концентрациялари (массавий улушлари), %.

Экстракцион бензин буғларининг парциал босими қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$p = \frac{\frac{G \cdot y}{M}}{\sum \frac{G_i y_i}{M_i}} P_{ум}, \quad (2.11)$$

бунда  $y$  - енгил учувчан компонентнинг буғ фазасидаги концентрацияси, кмоль/кг;  $G$  - буғ фазаси сарфи, кг/с;  $P_{ум}$  - аралашманинг умумий босими, кПа.

Компонент буғларининг парциал босими ифодасидан келиб чиқиб, унинг мувозанат концентрациясини аниқлаш мумкин:

$$x^* = \frac{P}{(b_{11}t - b_{10}) \cdot 100}, \quad (2.12)$$

Дистилляция жараёнида очик сув буғидан фойдаланиш даражаси *иккиламчи буғнинг* тўйиниш коэффициентини билан тавсифланади:

$$\varphi = \frac{P_{бен}}{P_{бен.мув.}}, \quad (2.13)$$

бунда  $P_{бен}$  - мисцелла юзасидаги экстракцион бензин буғларининг ҳақиқий парциал босими, кПа;  $P_{бен.мув.}$  - эритма билан мувозанат ҳолатида бўлган экстракцион бензин буғларининг парциал босими, кПа.

Очик сув буғи билан экстракцион бензинни ҳайдаш жараёнида буғ фазаси идеал газ сифатида қаралиши мумкин. Ҳар бир компонент молекулалари миқдори (концентрацияси) уларнинг парциал босимларига мутаносиб бўлади. Ушбу ҳолатни қуйидагича ифодалашимиз мумкин:

$$\frac{N_{бен}}{N_{усб}} = \frac{P_{бен}}{P_{усб}} \quad ёки \quad \frac{G_{бен}}{G_{усб}} = \frac{M_{бен}}{M_{усб}} \frac{P_{бен}}{P_{усб}}, \quad (2.14)$$

бунда  $N_{бен}$ ,  $P_{бен}$ ,  $G_{бен}$  ва  $M_{бен}$  - мутаносиб равишда, экстракцион бензин буғининг молекулалари миқдори, парциал босими, сарфи ва молекуляр оғирлиги;  $N_{усб}$ ,  $P_{усб}$ ,  $G_{усб}$  ва  $M_{усб}$  - мутаносиб равишда, очик сув буғининг молекулалари миқдори, парциал босими, сарфи ва молекуляр оғирлиги.

*Жараённинг материал баланс даражасидаги математик тавсифи*

Суюқлик фазасидаги учувчан компонент концентрациясининг вақт бўйича ўзгаришини қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{L_0 x_0 - L \cdot x - K_v V_L (x - x^*)}{V_L \rho_L}, \quad (2.15)$$

бунда  $L_0$  ва  $L$  - суюқлик фазасининг бошланғич ва кўрилаётган вақт моментидаги сарфлари, кг/с;  $K_v$  - суюқлик фазасида модда ўтказиш коэффициенти;  $V_L$  - суюқлик фазасининг ҳажмий сарфи (доимий контакт

юзаси), кг/сек;  $\rho_L$  - суюқлик фазасини зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $x_6$  ва  $x$  - суюқлик фазаси таркибидаги компонентнинг дастлабки ва кўрилатган вақт моментидаги концентрацияси (массавий улуши), %;  $x^*$  - учувчан компонентнинг мувозанат концентрацияси, %.

Дистилляция жараёнида енгил учувчан компонентларнинг мисцелла таркибидан буғланиб кетиши натижасида суюқлик фазаси миқдорининг камайиши

$$L = L_6 - \sum \Delta L, \quad (2.16)$$

бунда  $L_6$  - суюқлик фазасининг (мисцелланинг) бошланғич сарфи, кг/с;  $\Delta L$  - мисцелла таркибидан буғ ҳолатида ажралган компонент сарфи, кг/с.

Суюқлик фазасидан буғланган енгил учувчан компонентлар миқдори қуйидагича аниқланиши мумкин:

$$\Delta L = \frac{L_6(x_6 - x)}{100 - x}. \quad (2.17)$$

Енгил учувчан компонентнинг буғ фазаси таркибидаги концентрацияси қуйидагича аниқланади:

$$y = \frac{G_6 y_6 + \Delta L}{G}, \quad (2.18)$$

бунда  $G_6$  - буғ фазасининг бошланғич сарфи, кг/с;  $G$  - буғ фазасининг вақт моментидаги сарфи, кг/с;  $y_6$  - енгил учувчан компонентни буғ фазаси таркибидаги бошланғич концентрацияси, кмоль.

Суюқлик таркибидан енгил учувчан компонентларни буғланиши ва уларнинг буғ фазасига қўшилиши натижасида буғ фазаси миқдорининг ортиши қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$G = G_6 + \sum \Delta L. \quad (2.19)$$

*Жараённинг фаза босқичидаги математик тавсифи*

Суюқлик фазаси таркибидаги экстракцион бензин миқдорини ўзгаришининг математик тавсифи. Роторли-дискли дистилляция аппаратида тез айланувчи диск ёрдамида майда томчиларга сочилаётган суюқлик ҳар бир тарелкалар оралиғида очик сув буғи билан интенсив равишда аралашади [99].

Дистилляция аппаратидаги суюқлик фазасининг гидродинамик структурасини идеал аралашуш модели сифатида қарашимиз мумкин. Бунда суюқлик фазаси таркибидаги экстракцион бензин миқдорини ўзгариш тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{dm_{бен}}{d\tau} = G_{бен.мц} - G_{бен.мой} - G_{бен.буғ}, \quad (2.20)$$

бунда  $G_{бен.мц}$  - мисцелла таркибида дистилляция аппаратида киритилаётган бензин сарфи, кг/с;  $G_{бен.мой}$  - қора мой таркибида аппаратдан чиқарилаётган эритувчи сарфи, кг/с;  $G_{бен.буғ}$  - мисцелла таркибидан буғланаётган ва буғ фазасига қўшилаётган бензин сарфи, кг/с.

Мисцелла таркибида дистилляция аппаратида берилаётган экстракцион бензин сарфи

$$G_{бен.мц} = \frac{100 - x_{мц.б}}{100}, \quad (2.21)$$

бунда  $x_{мц.б}$  - мисцелланинг бошланғич концентрацияси, %.

Экстракцион мой таркибида дистиллятордан чиқарилаётган эритувчи сарфи қуйидагича аниқланади:

$$G_{бен.мой} = G_{мц} \frac{x_{мц.б}}{x_{мц.о}} \frac{100 - x_{мц.о}}{100}, \quad (2.22)$$

бунда  $x_{мц.о}$  - мисцелланинг охириги концентрацияси, %; одатда  $x_{мц.о} = 99.999\%$ .

Жараён мобайнида мисцелла таркибидан ажралиб, буғ фазасига ўтаётган бензин сарфи:

$$G_{бен.буғ} = \frac{L_0(x_0 - x)}{100 - x},$$

*Суюқлик фазасида иссиқлик миқдорининг ўзгаришини математик тавсифи.* Суюқлик фазасида иссиқлик миқдорининг  $dQ$  ўзгариш тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{dQ_{мц}}{d\tau} = q_{мц} - q_{мой} - q_{бен} - q_{буғ}, \quad (2.23)$$

бунда  $q_{мц}$  - дистилляторга киритилаётган мисцелланинг иссиқлик миқдори, кЖ/с;  $q_{мой}$  - аппаратдан чиқарилаётган қора мойнинг иссиқлик миқдори, кЖ/с;

$q_{бен}$  - буғ фазасига экстракцион бензин молекулалари билан ўтган иссиқлик миқдори, кЖ/с;  $q_{буғ}$  - буғ фазасидан суюқлик фазасига узатилган иссиқлик миқдори, кЖ/с.

Суюқлик фазасидаги иссиқлик миқдори қуйидаги ифода орқали топилади

$$Q_{мц} = m_{мц} c_{мц} t_{мц}, \quad (2.24)$$

бунда  $m_{мц}$  - аппарат тарелкаларидаги мисцелла миқдори, кг;  $t_{мц}$  - мисцелла ҳарорати, °С;  $c_{мц}$  - мисцелланинг солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг\*°С); агар мисцелла ҳарорати ва концентрацияси қийматларининг ўзгариши сезиларсиз даражада бўлса,  $c_{мц}$  сон қийматини ўзгармас катталик сифатида қабул қилиш мумкин.

Мисцелла таркибида жараёнга киритилаётган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$q_{мц} = G_{мц} c_{мц} t_{мц,б}, \quad (2.25)$$

бунда  $t_{мц,б}$  - мисцелланинг аппаратга киришдаги бошланғич ҳарорати, °С.

Экстракцион мой таркибида аппаратдан чиқарилаётган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$q_{мой} = G_{мой} c_{мой} t_{мц,о}, \quad (2.26)$$

ёки жараённинг моддий баланси тенграмасига асосан

$$q_{мой} = G_{мц} \frac{a_{мц,б}}{a_{мц,о}} c_{мой} t_{мц,о}, \quad (2.27)$$

бунда  $c_{мой}$  - ўсимлик мойининг иссиқлик сифими, кЖ/(кг.°С), мисцелла концентрациясининг юқорилигини эътиборга олиб, ҳисоблашларда  $c_{мой} \approx c_{мц}$  деб қабул қилиш мумкин;  $t_{мц,о}$ -аппаратдан чиқарилаётган қора мой ҳарорати, °С.

*Буғ фазасида иссиқлик миқдорининг ўзгаришини математик тавсифи.*

Буғ фазасига ўтаётган экстракцион бензин буғларининг иссиқлиги сарфи қуйидагича аниқланади:

$$q_{бен} = G_{бен} i_{бен}, \quad (2.28)$$

бунда  $G_{бен}$  - экстракцион бензин буғлари сарфи, кг/с;  $i_{бен}$  - бензин буғларини энтальпияси, кЖ/кг; иккиламчи буғлар энтальпияси жараён ҳароратига

бевосита боғлиқ бўлганлиги сабабли, ҳарорат ўзгариши сезиларсиз бўлган ҳолатларда  $i_{бен}$  қийматини доимий деб қабул қилиш мумкин.

Буг фазасидан суюқлик фазасига узатилган иссиқлик миқдори қуйидача ифодаланади:

$$q_{буг} = \alpha F (t_{буг} - t_{мц}), \quad (2.29)$$

бунда  $\alpha$ - фазалар ўртасида иссиқлик бериш коэффиценти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F$  - дисклар воситасида сочилган мисцелла томчиларининг умумий сирт юзалари, м<sup>2</sup>;  $t_{буг}$ - буг фазаси (*иккиламчи буг*) ҳарорати, °С.

(II-24), (II-25), (II-26) ва (II-27) тенгламаларни ҳисобга олиб, вақт давомида мисцелла ҳароратининг ўзгаришини қуйидаги математик тавсиф орқали ифодаланади:

$$\frac{dt_{мц}}{d\tau} = \left( G_{мц} c_{мц} t_{мц} - G_{мц} \frac{x_{мц,б}}{x_{мц,о}} c_{мц} t_{мц} - G_{бен} i_{бен} + \alpha F (t_{буг} - t_{мц}) \right) / V_L \rho_L c_L \quad (2.30)$$

### *Жараённинг фазалар ўртасидаги математик тавсифи*

Модда узатиш жараёни ўзаро таъсирлашаётган буг ва суюқлик фазаларининг ажратувчи чегаравий юзанинг ҳар икки томонида кечаётган модда бериш жараёнларини ҳамда бу юза орқали тарқалаётган модданинг кўчиш жараёнларини ўз ичига олади.

Фазалар ўртасидаги кўзғалувчан контакт юза чегарасида амалга ошириладиган модда узатиш жараёнларини ҳисоблашнинг мураккаблиги шундаки, фазаларнинг четки чегараларида тарқалаётган модда концентрациясини тўғридан-тўғри ўлчаш амалий жиҳатдан мумкин эмас. Бу эса ҳисоблаш ишларида бир қатор қийинчиликларни келтириб чиқаради. Шу сабабдан, вақт бирлигида бир фазадан иккинчи фазага ўтаётган модда миқдори  $M$  жараённинг асосий тенгламаси бўйича аниқланади [2,3,4,5,32,]:

$$\begin{aligned} M &= K_y F(y - y^*) = K_y F \Delta y_{\text{ўрт}} ; \\ M &= K_x F(x^* - x) = K_x F \Delta x_{\text{ўрт}} , \end{aligned} \quad (2.31)$$

бунда  $K_y$  ва  $K_x$  - буғ ва суюқлик фазаларининг концентрациялари орқали ифодаланган модда узатиш коэффициентлари;  $F$  - фазаларнинг контакт юзаси;  $y$  ва  $x$  - буғ ва суюқлик фазаларининг ишчи концентрациялари;  $y^*$  - суюқлик фазасида тарқалаётган модда концентрациясига мос келувчи буғ фазадаги мувозанат концентрация;  $x^*$  - буғ фазасида тарқалаётган модда концентрациясига мос келувчи суюқлик фазасидаги мувозанат концентрация;  $\Delta x_{\dot{y}pm}$  ва  $\Delta y_{\dot{x}pm}$  - модда узатиш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи, ишчи ва мувозанат концентрациялари ўртасидаги фарқ орқали ифодаланади.

Кўп ҳолларда фазаларнинг контакт юзасини аниқлаш ҳам қийин. Шу сабабдан, модда бериш ва модда узатиш коэффициентлари фазалар контакт юзасига эмас, балки аппаратнинг ишчи ҳажмига тегишли бўлади.

$$V = F/a, \quad (2.32)$$

бунда  $a$  - фазаларнинг солиштирма контакт юзаси,  $m^2/m^3$ .

(2.35) ифодани ҳисобга олиб, (2.34) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзишимиз мумкин:

$$\begin{aligned} M &= K_y a V (y - y^*) = K_{yV} V (y - y^*) \\ M &= K_x a V (x^* - x) = K_{xV} V (x^* - x) \end{aligned} \quad (2.33)$$

бунда  $K_{yV}$  ва  $K_{xV}$  - модда узатишнинг ҳажмий коэффициентлари.

Тенгламадаги  $K_x$  ва  $K_y$  - модда узатиш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$K_x = \frac{1}{\left( \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m\beta_y} \right)} \quad \text{ва} \quad K_y = \frac{1}{\left( \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \right)}, \quad (2.34)$$

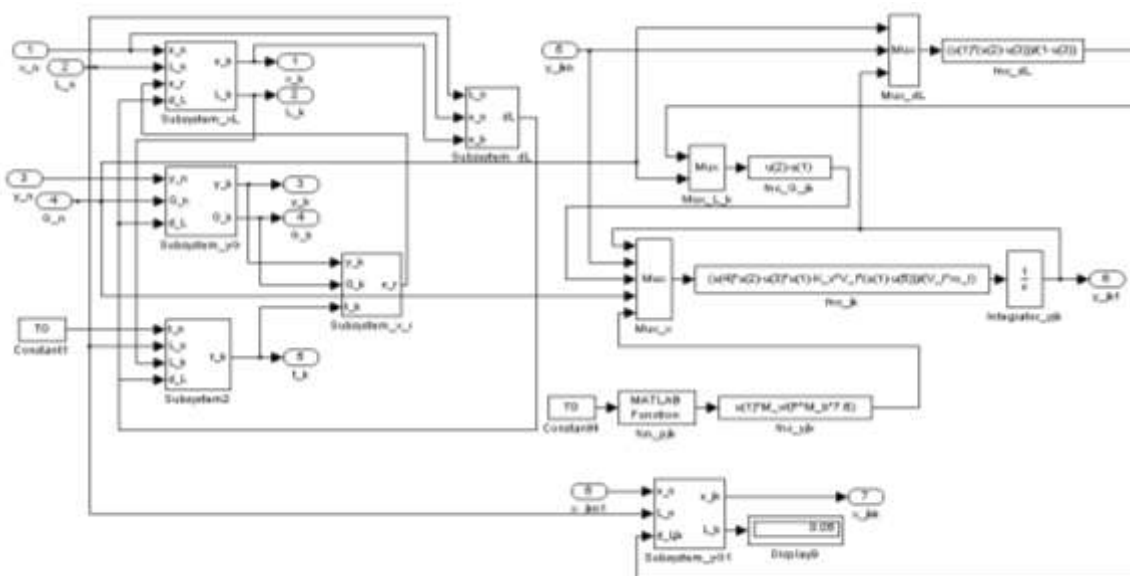
бунда  $\beta_y$  - буғ оқимидан фазаларнинг контакт юзасига модда бериш коэффициенти;  $\beta_x$  - фазаларнинг контакт юзасидан суюқлик оқимиغا модда бериш коэффициенти;  $m$  - буғ ва суюқликнинг хоссаларига ҳамда жараён ҳароратига боғлиқ пропорционаллик коэффициенти.

## 2.4. Аппаратнинг тарелка даражасидаги математик тавсифи

Элементар жараёнларнинг юқорида келтирилган математик ифодаларини битта тенгламалар тизимига йиғиб, дистилляциялаш жараёнининг бир босқичи - тарелка даражасидаги математик моделига эга бўламиз:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} &= \frac{L_n x_n - L \cdot x - K_v V_L (x - x^*)}{V_L \rho_L} \\ L &= L_n - \sum \Delta L \\ \Delta L &= \frac{L_n (x_n - x)}{100 - x} \\ y &= \frac{G_n y_n + \Delta L}{G} \\ G &= G_n + \sum \Delta L \\ x^* &= \frac{p}{(b_{11} t - b_{10}) \cdot 100} \\ p &= \frac{G \cdot y}{\sum \frac{G_i y_i}{M_i}} P_{ym} \\ \frac{dt_{mц}}{d\tau} &= \left( G_{mц} c_{mц} t_{mц} - G_{mц} \frac{x_{mц.б}}{x_{mц.о}} c_{mц} t_{mц} - G_{бен} i_{бен} + \alpha F (t_{буг} - t_{mц}) \right) / V_L \rho_L c_L \end{aligned} \right. \quad (2.35)$$

Дистилляция жараёнининг битта босқичи учун келтирилган тенгламалар тизимининг компьютер модели ишлаб чиқилди (2.11-расм).



2.11- расм. Дистилляция жараёнининг тарелка даражасидаги математик моделининг MATLAB Simulink дастуридаги кўриниши

Ҳар бир босқичнинг кириш ва чиқиш қийматлари мавжуд. Биринчи босқичнинг кириш қийматлари  $x_n, L_n, y_n, G_n, y_{jkn}$  ва  $x_{jkn}$  ларни киритиб, чиқиш қийматлари  $x_k, L_k, y_k, G_k, y_{jkk}$  ва  $x_{jkk}$  ларни оламиз. Биринчи босқичнинг чиқиш қийматлари иккинчи босқичнинг кириш қийматлари ҳисобланади. Шу тартибда, олдинги босқичларнинг чиқиш қийматлари кейинги босқичларнинг кириш қийматлари сифатида қабул қилинади.

Биринчи босқичнинг кириш параметрлари қуйидагилар:

- $x_n$  - енгил учувчан компонентнинг берилаётган суюқлик таркибидаги бошланғич концентрацияси;
- $L_n$  - енгил учувчан компонентнинг берилаётган суюқлик таркибидаги бошланғич сарфи;
- $t_n$  - берилаётган суюқликнинг бошланғич ҳарорати;
- $y_n$  - буғ фазаси таркибидаги енгил учувчан компонентнинг бошланғич концентрацияси;
- $G_n$  - буғ фазаси таркибидаги енгил учувчан компонентнинг бошланғич сарфи;

Биринчи босқичнинг чиқиш параметрлари қуйидагилар:

- $x_k$  - енгил учувчан компонентнинг чиқаётган суюқлик таркибидаги концентрацияси;
- $L_k$  - енгил учувчан компонентнинг чиқаётган суюқлик таркибидаги сарфи;
- $t_k$  - чиқаётган суюқликнинг охириги ҳарорати;
- $y_k$  - енгил учувчан компонентнинг биринчи босқичдан чиқаётган буғ таркибидаги концентрацияси;
- $G_k$  - енгил учувчан компонентнинг биринчи босқичдан чиқаётган буғ таркибидаги сарфи.

## 2.5. Жараённинг аппарат босқичидаги математик тавсифи

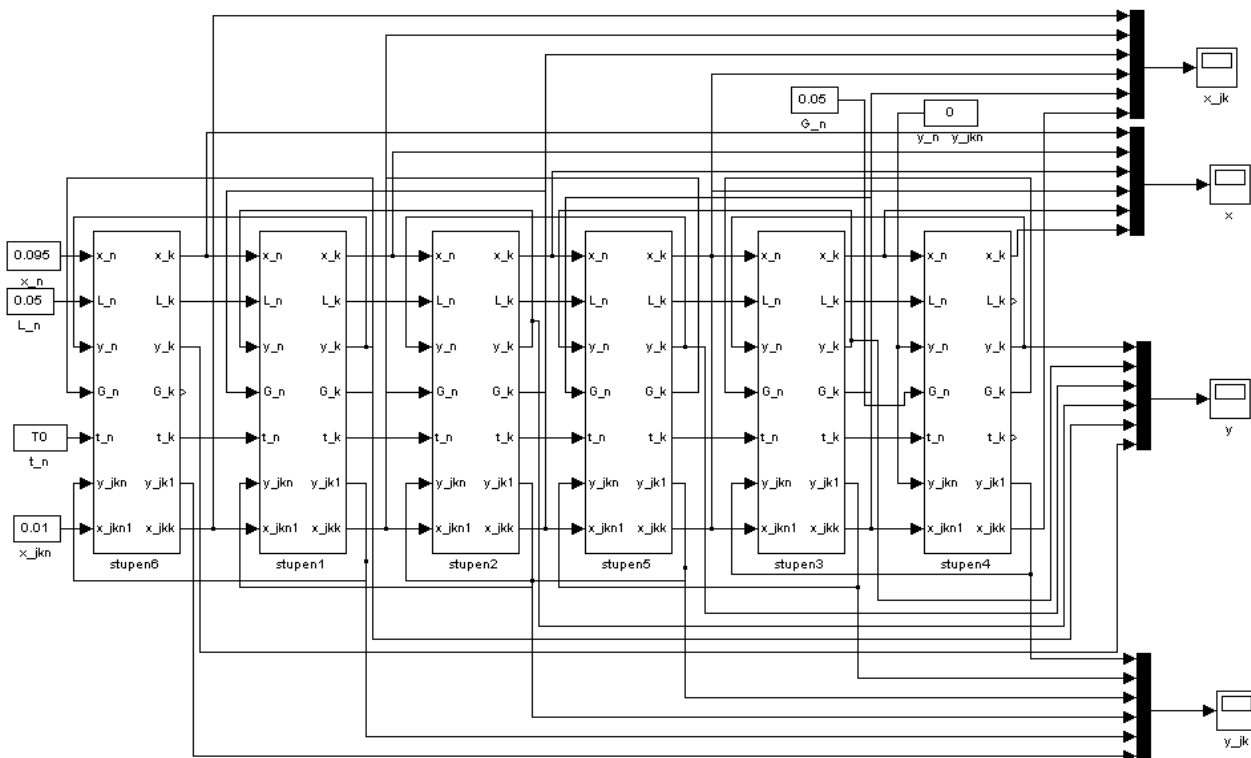
Технологик жараён босқичлари сони роторли-дискли дистиллятордаги тарелкалар сонига кўра аниқланади. Шу тариқа биринчи тарелканинг кириш параметрлари қиймати бўйича охириги тарелканинг чиқиш параметрлари қийматларини оламиз. Чиқиш параметрлари қийматлари бўйича келгусида, жараён мобайнида ажратиб олинган ёғ кислоталарининг технологик

кўрсаткичлари ҳамда дистиллятордан чиқарилаётган доғланган мойнинг сифат кўрсаткичларини стандар талабларига мослиги текширилади.

Роторли-дискли аппаратда амалга ошириладиган ўсимлик мойини дистилляциялаш ва унинг таркибидаги ёғ кислоталарини ажратиш жараёнлари учун тузилган моделларни тадқиқ этиш жараёнида қуйидаги соддалаштириш шартлари қабул қилинган:

- суюқлик ва буғ фазаси оқимлари ўзгармас;
- суюқлик ва буғ фазаси оқимларининг гидродинамик структуралари учун идеал аралаштириш модели қабул қилинган;
- тарелкалар оралиғидаги босим ўзгармас;
- ажратилаётган аралашмалар хусусиятлари идеал аралашмалар хусусиятларига яқин;
- суюқ фаза қайнаш ҳароратида бўлади;
- тарелкалар оралиғида компонентларнинг физик-кимёвий хусусиятлари ўзгармас.

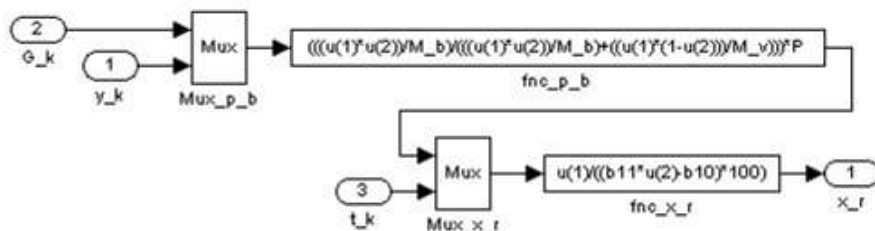
Юқоридаги соддалаштириш шартларига амал қилган ҳолда олти



**2.12- расм. Олти босқичли (тарелкали) дистилляция жараёнининг математик моделини MATLAB Simulink дастуридаги кўриниш схемаси**

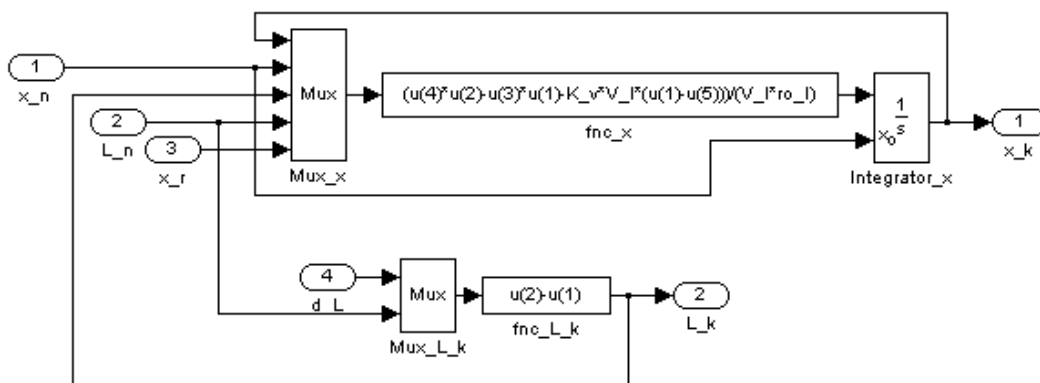
босқичли роторли-дискли аппаратда амалга ошириладиган дистилляция жараёнининг математик модели MATLAB 6.5 ҳисоблаш дастури асосида тадқиқ этилади. Жараённинг аппарат даражасидаги математик моделини MATLAB SIMULINK дастурида кўриниши қуйидаги 2.12-расмда келтирилди.

Дистилляция жараёни учун тузилган компьютер моделида эритувчи буғларининг парциал босими  $fnc\_p\_b$  блокида, мувозанат концентрациялари эса  $fnc\_x\_r$  блокида (2.13-расм) ҳисобланади.



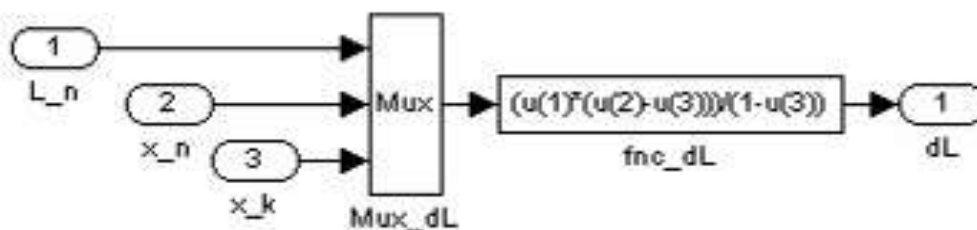
**2.13-расм. Эритувчи буғларининг парциал босими ва мувозанат концентрацияларини ҳисоблашнинг оператив блоклари схемаси**

Жараён мобайнида суюқлик фазаси таркибидан енгил учувчан компонентларнинг буғланиши натижасида унинг концентрациясини ўзгариши  $fnc\_x$  ва сарфини ўзгариши  $L\_k$  блокларида ҳисобланади (2.14-расм).



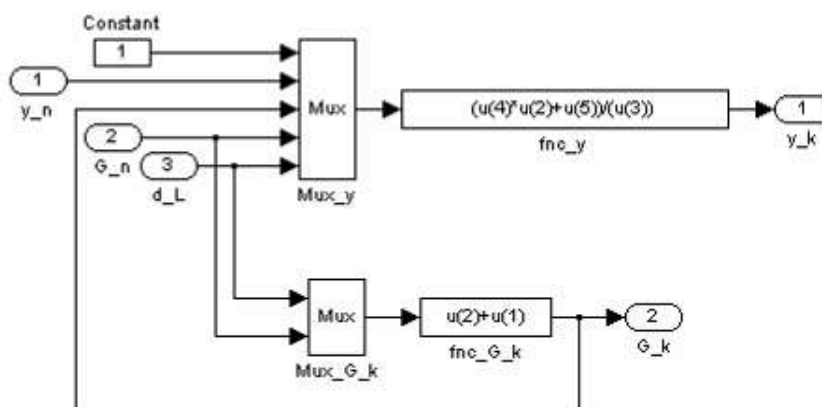
**2.14- расм. Суюқлик фазаси таркибидан енгил учувчан компонентларнинг буғланиши натижасида унинг концентрациясини ва сарфини ўзгаришини ҳисоблашнинг оператив блоклари схемаси**

Суюқлик фазасидан буғланаётган енгил учувчан компонентлар сарфи ўзгариши  $fnc\_dL$  блокида ҳисобланади (2.15-расм).



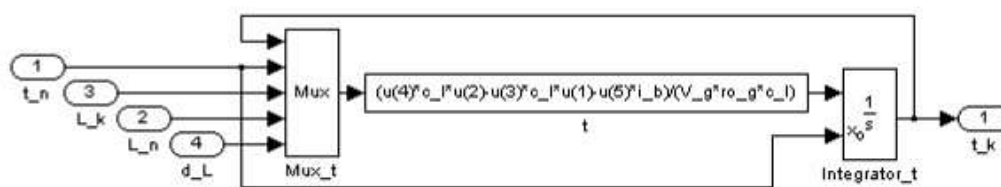
**2.15-расм. Суюқлик фазаси таркибидан буғланаётган енгил учувчан компонентлар сарфи ўзгаришини ҳисоблашнинг оператив блоки схемаси**

Енгил учувчан компонентнинг буғ фазасидаги концентрацияси ва суюқлик таркибидан енгил учувчан компонентларни буғланиб буғ фазага қўшилиши натижасида буғ фазасининг концентрацияси  $fnc\_y$  ва сарфини ўзгариши  $fnc\_G\_k$  блокларида (2.16-расм) ҳисобланади.



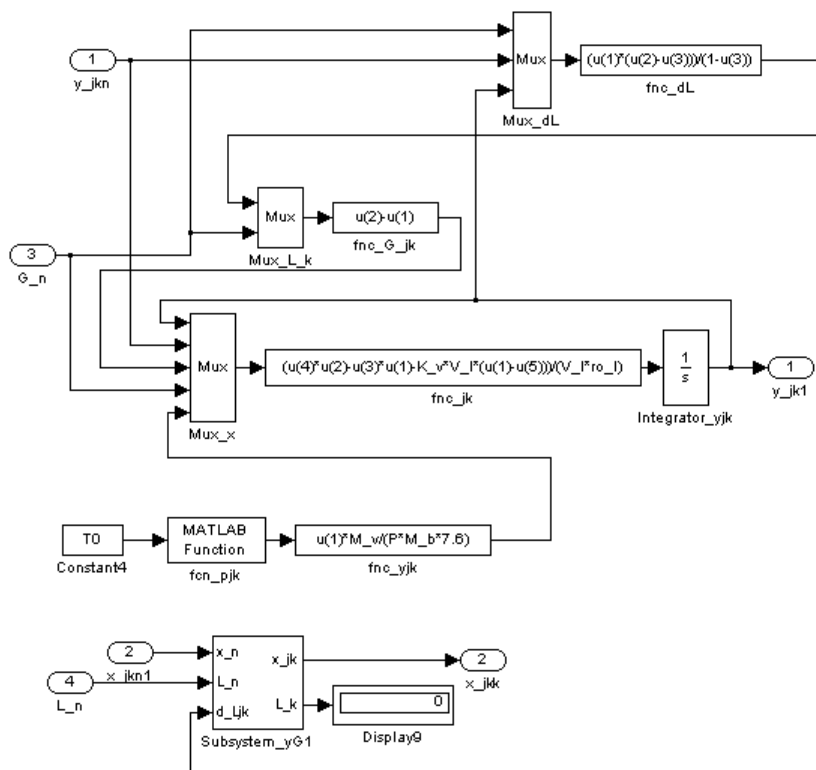
**2.16-расм. Енгил учувчан компонентнинг буғ фазасидаги концентрацияси ва буғ фазасининг умумий сарфининг ортиб бориш динамикасини ҳисоблаш блоклари схемаси**

Вақт мобайнида суюқлик фазаси ҳароратининг ўзгариши  $fnc\_t$  блокида (2.17-расм) ҳисобланади.



**2.17-расм. Суюқлик фазаси ҳароратини ҳисоблаш блокиннинг схемаси**

Суюқлик фазасидаги енил учувчан компонент концентрациясининг вақт давомида ўзгариши  $x_{jkk}$  блокида ва буғ фазадаги енгил учувчан компонент концентрациясининг вақт давомида ўзгариши  $y_{jkk}$  блокида ҳисобланади.



**2.18-расм. Суюқ ва буғ фазадаги енгил учувчан компонентлар концентрацияларини ҳисоблаш блокларининг схемаси**

## 2.6. Компьютер моделида тадқиқотлар ўтказиш

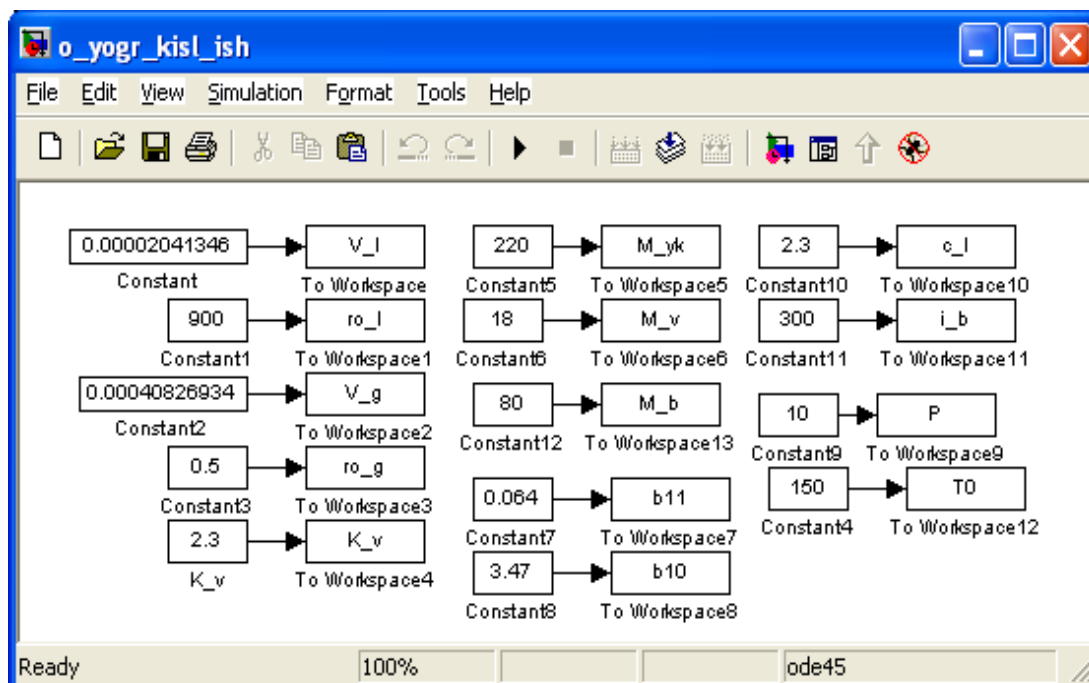
Роторли-дискли аппаратда пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш ва унинг таркибидаги ёғ кислоталарини ажратиб олиш жараёнларининг математик моделлари асосида, MATLAB SIMULINK дастурида жараённинг компьютер моделлари тузилди.

Компьютер модели ёрдамида ҳисоблаш ишларини бажариш учун технологик параметрларнинг қийматлари қуйидаги чегараларда қабул қилинди:

пахта мойи мисцелласининг дастлабки сарфи, кг/с ..... 0.04÷0.06  
пахта мойи мисцелласининг дастлабки концентрацияси, кмоль .. 0.90÷0.95  
пахта мойи мисцелласининг дастлабки ҳарорати, °C..... 100÷150  
аппаратдаги умумий босим, кПа ..... 10÷40

очик сув буғи сарфи, кг/с ..... 0.005÷0.04

Компьютер моделини тадқиқ қилиш учун қуйидаги ўзгармас қийматларни киритишимиз лозим:  $V_l$  - суюқлик ҳажми;  $ro_l$  - суюқликнинг зичлиги;  $V_g$  - буғ фазасининг ҳажми;  $ro_g$  - буғ фазасининг зичлиги;  $K_v$  - модда узатишнинг ҳажмий коэффиценти;  $M_{yk}$  - ёғ кислоталарининг ўртача молекуляр массаси;  $M_b$  - эритувчининг молекуляр массаси;  $M_v$  - сув буғининг молекуляр массаси;  $b_{11}$  - доимий коэффицент;  $b_{10}$  - доимий коэффицент;  $P$  - аппаратдаги умумий босим;  $c_l$  - суюқликнинг иссиқлик сифими;  $i_b$  - сув буғи энталпияси  $P$  - аппаратдаги умумий босим;  $T_0$  - мисцелланнинг дастлабки ҳарорати.



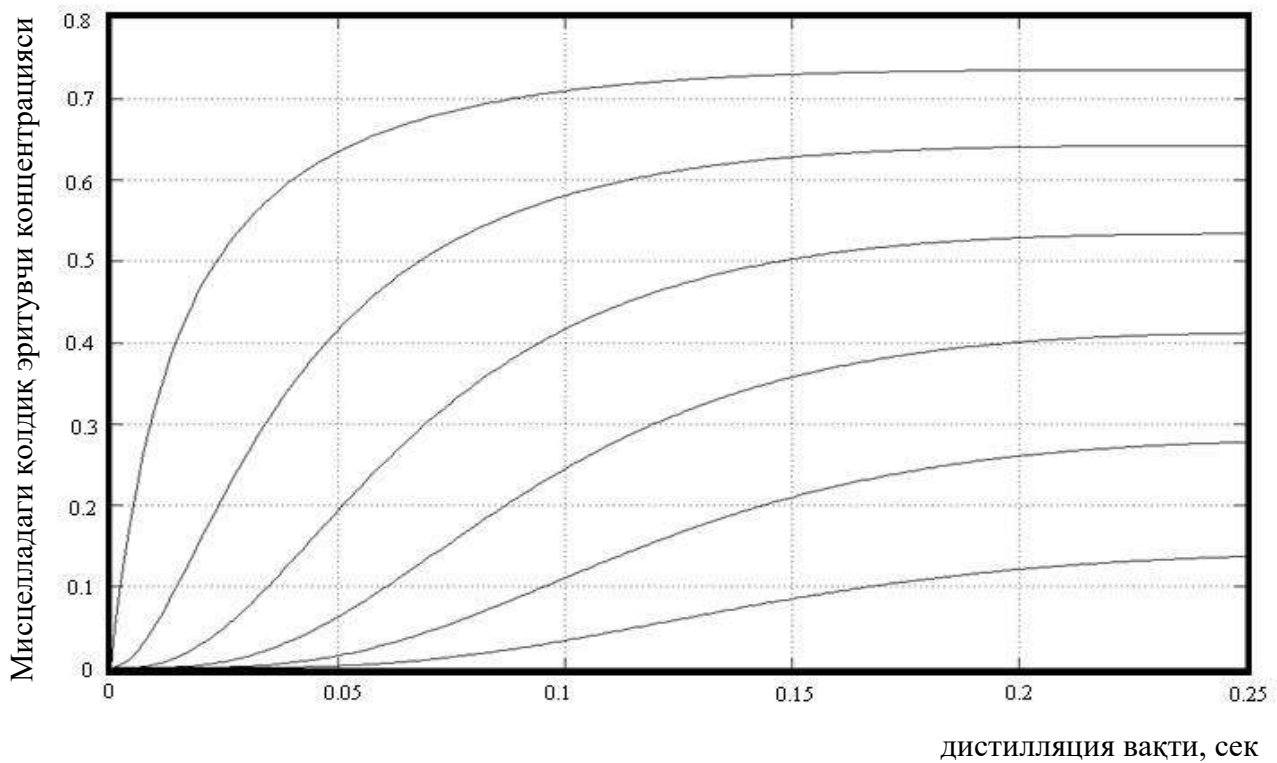
**2.19- расм. Технологик параметрларнинг дастлабки қийматларини MATLAB SIMULINK дастуридаги кўриниши**

Юқорида келтирилган параметрлар қийматлари MATLAB SIMULINK дастурига 2.19-расмда келтирилган кўринишда киритилади ва ҳисоблаш ишларини амалга ошириш учун “Start” тугмаси босилади.

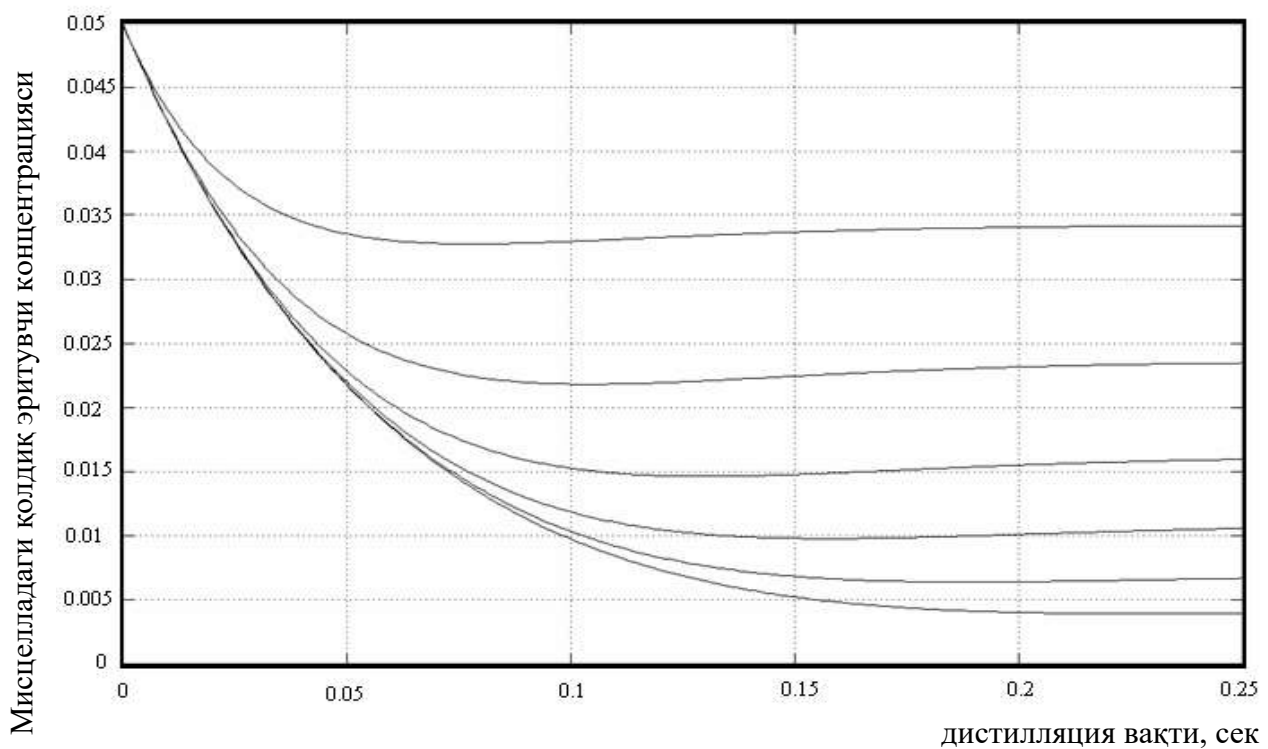
Аппаратда дистилляция жараёни олти босқичда амалга оширилади. Жараённинг компьютер моделида ўтказилган тадқиқотлар мобайнида аппаратнинг ҳар бир босқичи - ҳар бир тарелкада вақт бўйича буғ фазасидаги

эритувчи концентрациясининг ўзгариши (2.19-расм), ҳар бир тарелкада вақт бўйича суюқлик фазасидаги эритувчи концентрациясининг ўзгариши (2.20-2.26-расмлар) ва буғ фазасида эркин ёғ кислоталари концентрацияларининг ўзгариши (2.27 ва 2.28-расмлар) ўрганилди.

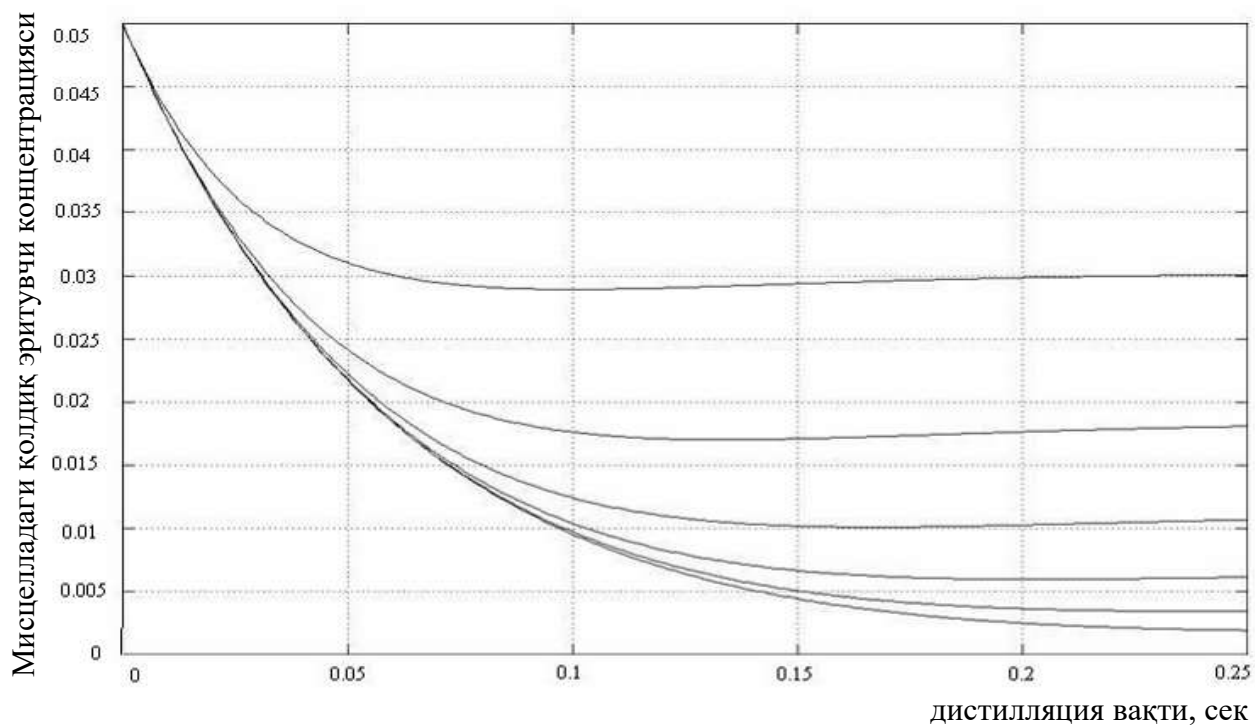
Кўп босқичли дистиляция жараёнида суюқлик фазасидаги енгил учувчан компонент концентрацияси вақт бўйича, биринчи босқичдан кейинги босқичларга ўтган сари, тобора камайиб боради. Бу пайтда буғ фазасидаги енгил учувчан компонентнинг концентрацияси эса босқичма-босқич ортиб боради.



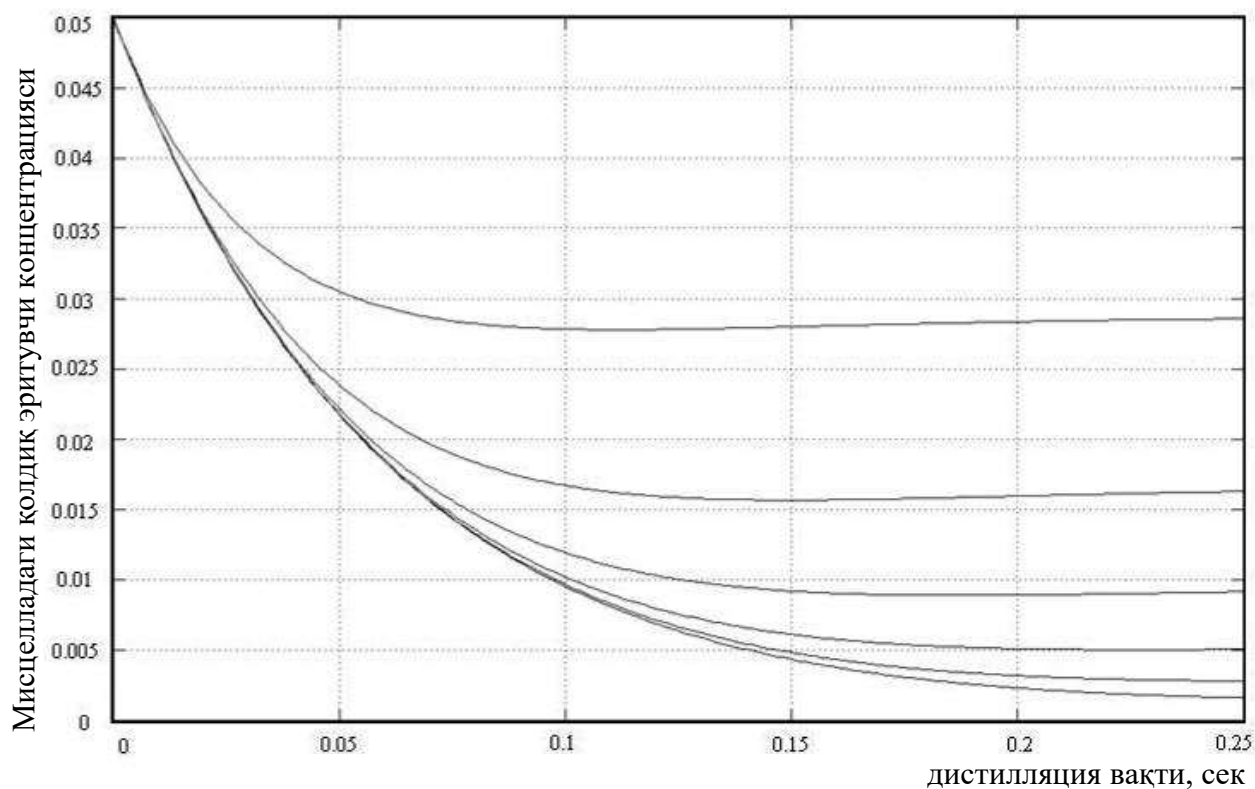
**2.19-расм. Тарелкалар бўйича буг фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05 \%$ ,  $t_6 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30 \text{ кПа}$ )**



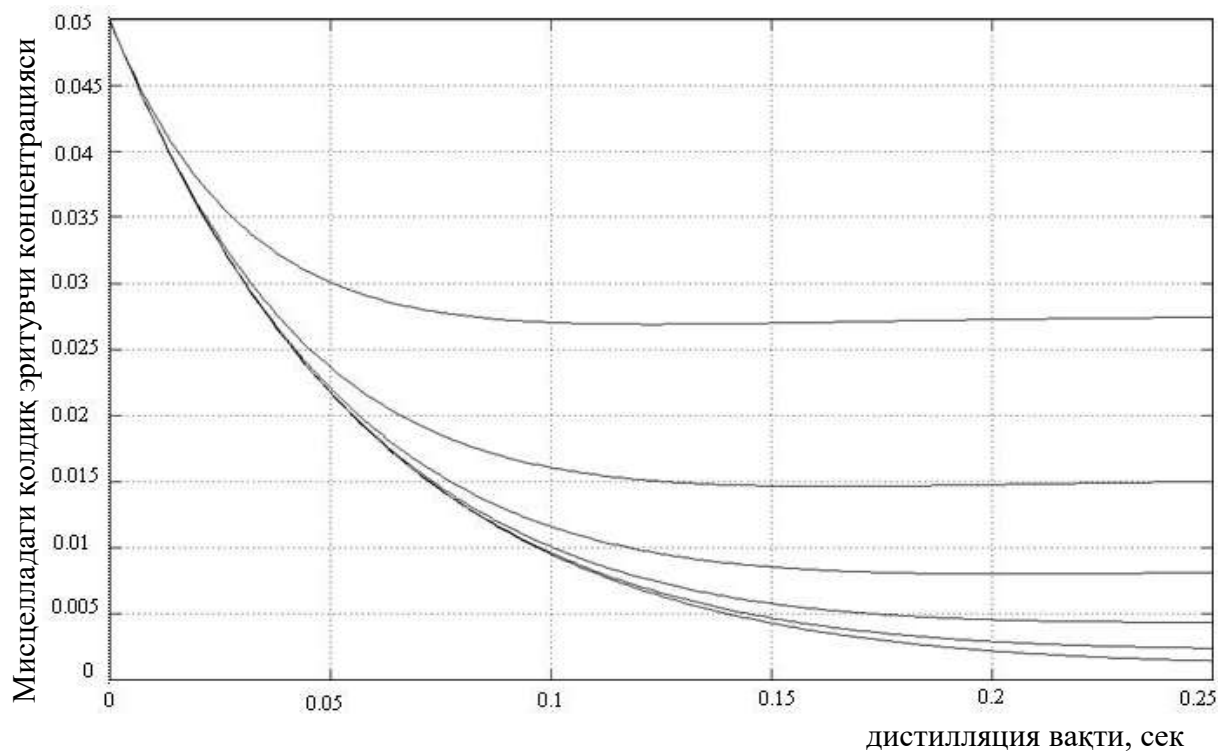
**2.20-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05 \%$ ,  $t_6 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30 \text{ кПа}$ )**



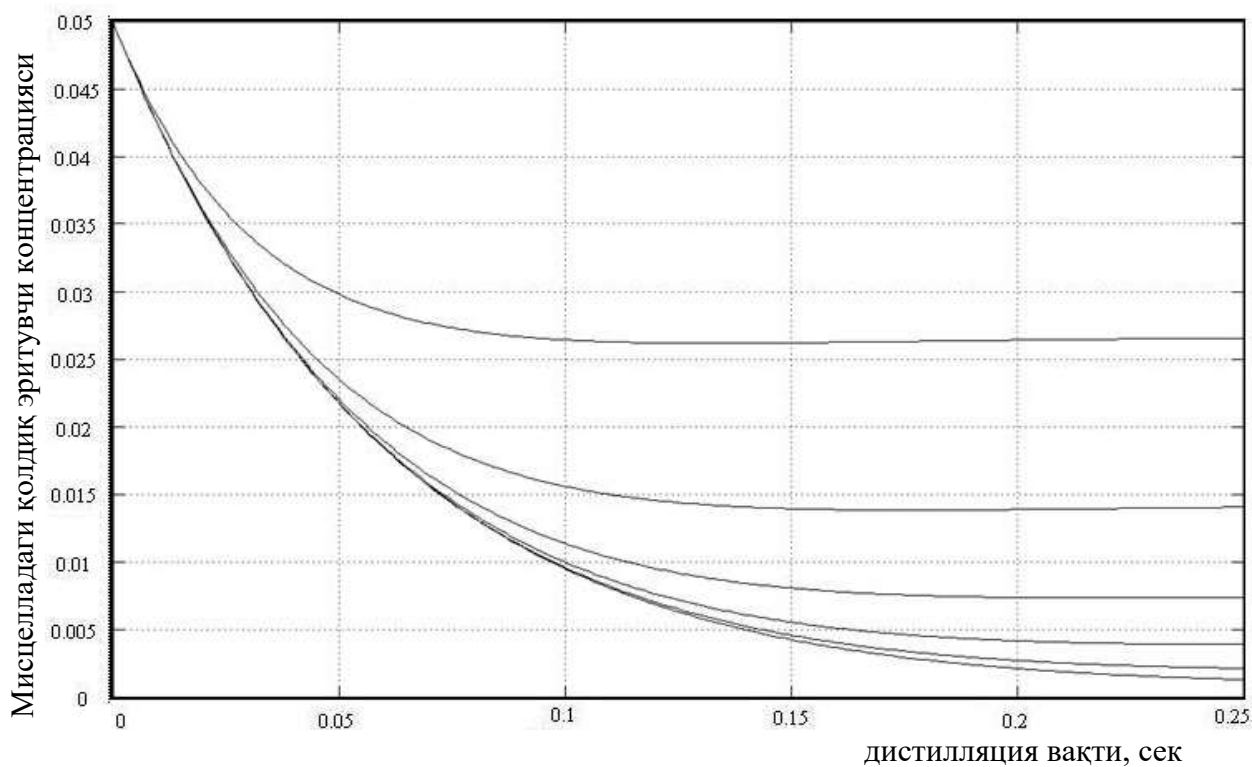
**2.21-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6=0,05\%$ ,  $t_6=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6=0.04$ ,  $P_{\text{ум}}=30\text{ кПа}$ )**



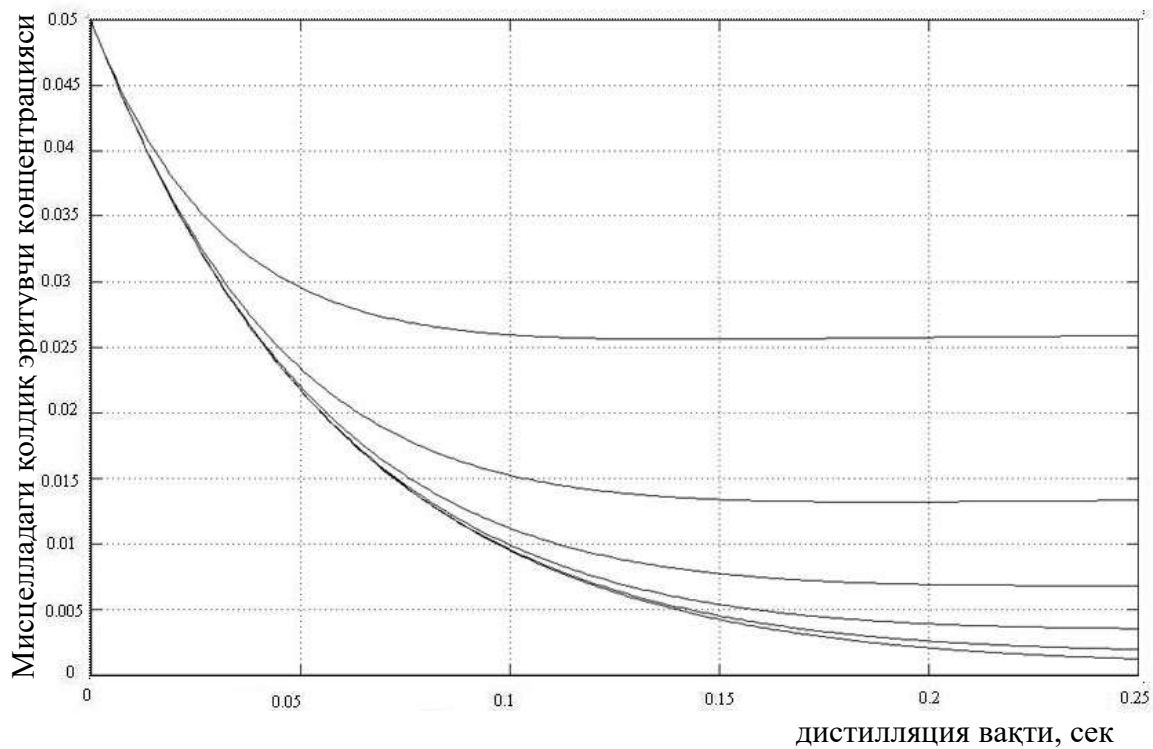
**2.22-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05\%$ ,  $t_6 = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30\text{ кПа}$ )**



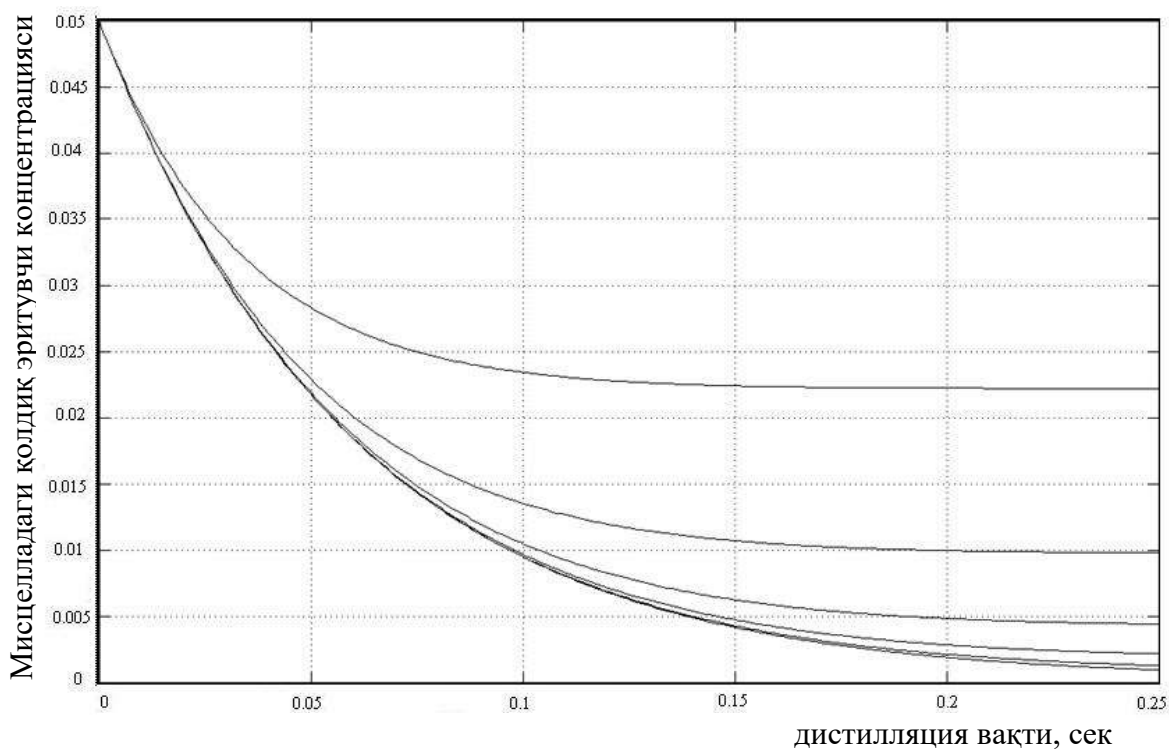
2.23- расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05 \%$ ,  $t_6 = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30 \text{ кПа}$ )



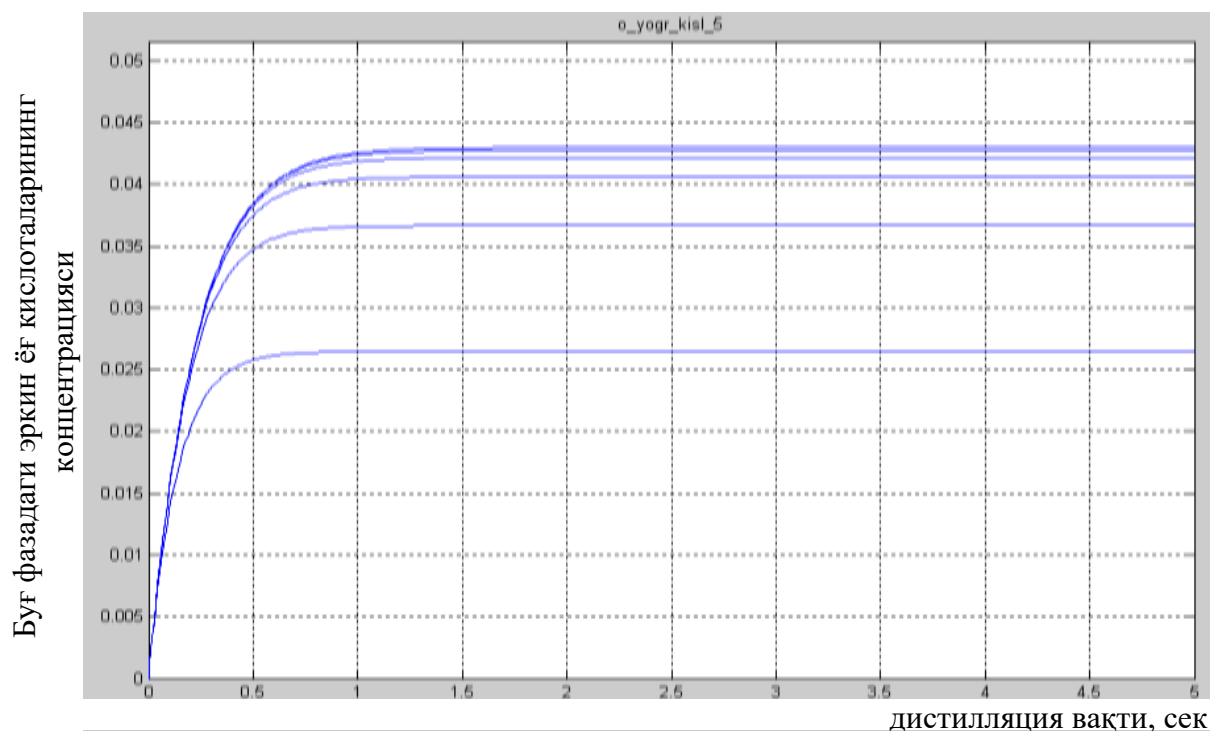
2.24-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05 \%$ ,  $t_6 = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30 \text{ кПа}$ )



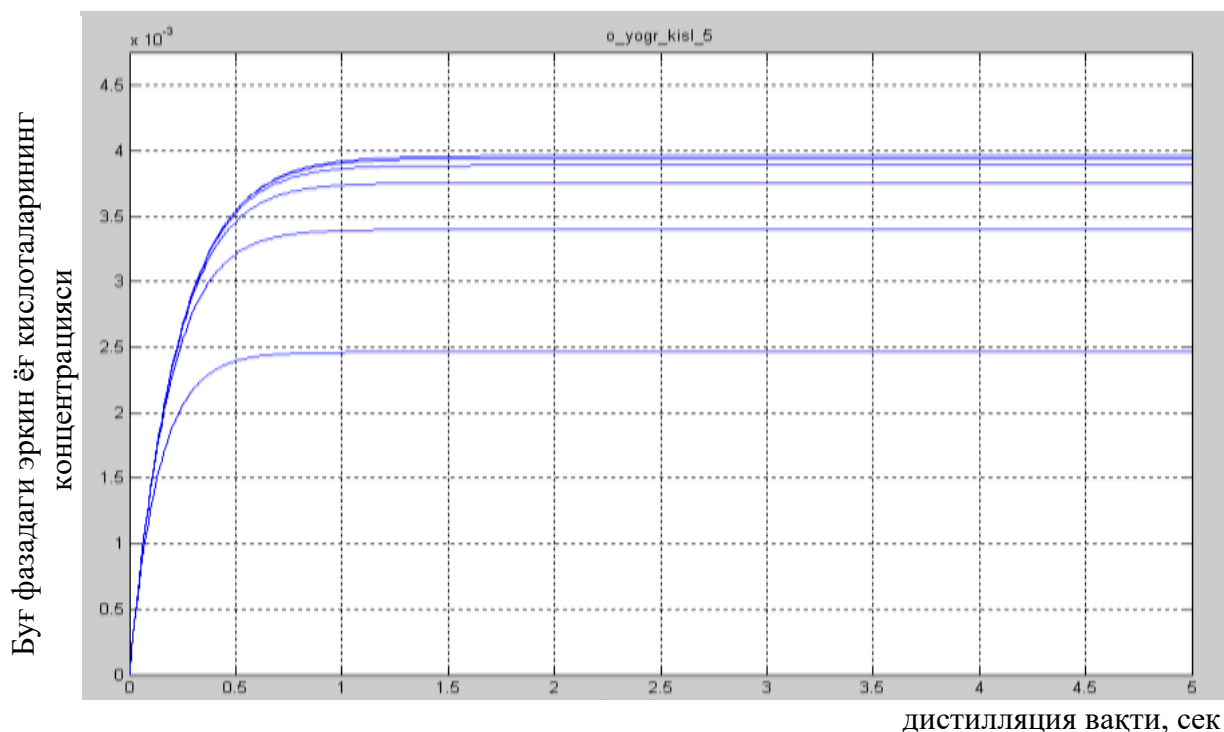
2.25-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05$  %,  $t_6 = 150$  °С,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 30$  кПа)



2.26-расм. Тарелкалар бўйича суюқ фазадаги эритувчи концентрациясини вақт бўйича ўзгариши ( $x_6 = 0,05$  %,  $t_6 = 150$  °С,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{\text{ум}} = 10$  кПа)



2.27-расм. Тарелкалар бўйича буг фазадаги эркин ёғ кислоталари концентрацияларини вақт бўйича ўзгариши ( $x_{бёк} = 0,01 \%$ ,  $t_6 = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{ум} = 10 \text{ кПа}$ ,  $G = 0,05$ )



2.28-расм. Тарелкалар бўйича буг фазадаги эркин ёғ кислоталари концентрацияларини вақт бўйича ўзгариши ( $x_{бёк} = 0,01 \%$ ,  $t_6 = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L_6 = 0.04$ ,  $P_{ум} = 40 \text{ кПа}$ ,  $G = 0,05$ )

Пахта мойи мисцелласини очик сув буғи муҳитида дистилляциялаш (хайдаш) жараёнида суюқлик фазасини кўп маротаба сочиб берилиши асосий жадаллаштирувчи омиллардан бири ҳисобланади.

Дистилляция жараёнини олиб боришда қўлланиладиган бу янги усул мавжуд технологик режимларга нисбатан энергетик харажатларнинг камлиги ва дистилляция жараёнининг ўзида эркин ёғ кислоталарини ажратиб олиш имконияти мавжудлиги билан фарқ қилади.

Тез айланувчи дисклар воситасида мисцеллани сочиб бериш пайтида бир лаҳзада ўта майда томчилардан ташкил топган янги дисперс фазага айланади. Бу пайтда ҳосил бўладиган суюқлик томчиларининг диаметри канчалик кичик бўлса, уларнинг умумий сирт юзаси шунчалик катта бўлади. Натижада суюқлик ва буғ фазалари ўртасидаги контакт юза қиймати ортиб, улар ўртасида иссиқлик ва модда узатиш жараёнлари тезлашади. Аппаратда мисцеллани кўп маротаба қайта сочилиши натижасида асосий технологик самарага - суюқлик фазасининг кўп маротаба янгиланишига эришилади.

2.19-расмда дисклар воситасида кўп маротаба сочиб берилаётган буғ фазасида эритувчи концентрациясини жараён давомида ўзгариши кўрсатилган. Жараённинг кириш параметрлари қийматлари қуйидагича: эритувчини мисцелла таркибидаги бошланғич концентрацияси  $x_6 = 0,05 \%$ , мисцелланинг дастлабки ҳарорати  $t_6 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , унинг сарфи  $L_6 = 0.04 \text{ кг/сек}$ , аппаратдаги умумий ишчи босим қиймати  $P_{\text{ум}} = 30 \text{ кПа}$ .

2.20-2.26-расмларда дисклар воситасида кўп маротаба сочиб берилаётган суюқлик фазасида эритувчи концентрациясини жараён давомида ўзгариши кўрсатилган. Жараённинг кириш параметрлари қийматлари қуйидагича: эритувчини мисцелла таркибидаги бошланғич концентрацияси  $x_6 = 0,05 \%$ , мисцелланинг дастлабки ҳарорати  $t_6 = 100 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$ , унинг сарфи  $L_6 = 0.04 \text{ кг/сек}$ , аппаратдаги умумий ишчи босим қиймати  $P_{\text{ум}} = 10 \div 40 \text{ кПа}$ .

Ушбу графиклардан кўриниб турибдики, дистилляция жараёнининг асосий технологик параметрлари – ҳарорат ва аппаратдаги умумий босимнинг барча ўзгариш чегараларида ( $t_6 = 100 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{ум}} = 10 \div 40 \text{ кПа}$ ) мисцеллани

концентрланиш жараёни аппаратнинг бешинчи ва олтинчи босқичларида 0,25 секундда якунланади(мой таркибидаги эритувчи концентрацияси қиймати  $x_ч = 0$ ).

Демак, жараёни амалга ошириш учун аппаратда олти тарелка бўлиши етарли. Роторни айланишлар частотаси бизда бир хил, агар у турлича тезликларда айланса томчилар диаметри ҳам турлича бўлади. Шу сабабдан ушбу параметрни жараёнга таъсирини келгусида ўрганиш мақсадга мувофиқ.

Ушбу ҳолатни қуйидагича тушунтириш мумкин. Эритувчининг қайнаш ҳарорати бошқа енгил учувчан компонентларнинг қайнаш ҳароратига нисбатан паст бўлганлиги сабабли у юқори ҳароратли зонага киритилиши билан деярли бир онда мисцелла таркибидан интенсив буғлана бошлайди ва буғ фазага тўлиқ ўтади.

Эркин ёғ кислоталарини ўсимлик мойи таркибидан буғланиши ва уларнинг буғ фазасидаги концентрацияларини вақт бўйича ўзгариш характери 2.27 ва 2.28- расмларда тасвирланган. Ҳисоблаш ишлари технологик параметрларнинг қуйидаги қийматларида амалга оширилди: эркин ёғ кислоталарининг бошланғич концентрацияси  $x_{бёк} = 0,01 \div 0,02$  %, мисцелланинг дастлабки ҳарорати  $t_6 = 140 \div 150$  °C, унинг сарфи  $L_6 = 0,04$  кг/сек, аппаратдаги умумий ишчи босим қиймати  $P_{ум} = 10 \div 40$  кПа ва сув буғининг солиштира сарфи  $G = 0,05 \div 0,06$  кг/кг.

Дистилляциялаш жараёни якуний босқичида ўсимлик мойи ва унинг таркибидаги эркин ёғ кислоталари қийин учувчан компонент ҳисобланади. Ушбу жараёни амалга оширишнинг мавжуд анъанавий усулларида эркин ёғ кислоталари мой таркибидан деярли ажралмайди, аммо аппаратдаги умумий босим  $P_{ум} = 10$  кПа ва ҳарорат  $t_n = 150$  °C бўлганда буғ фазадаги эркин ёғ кислоталарининг концентрацияси 14 % га ортади.

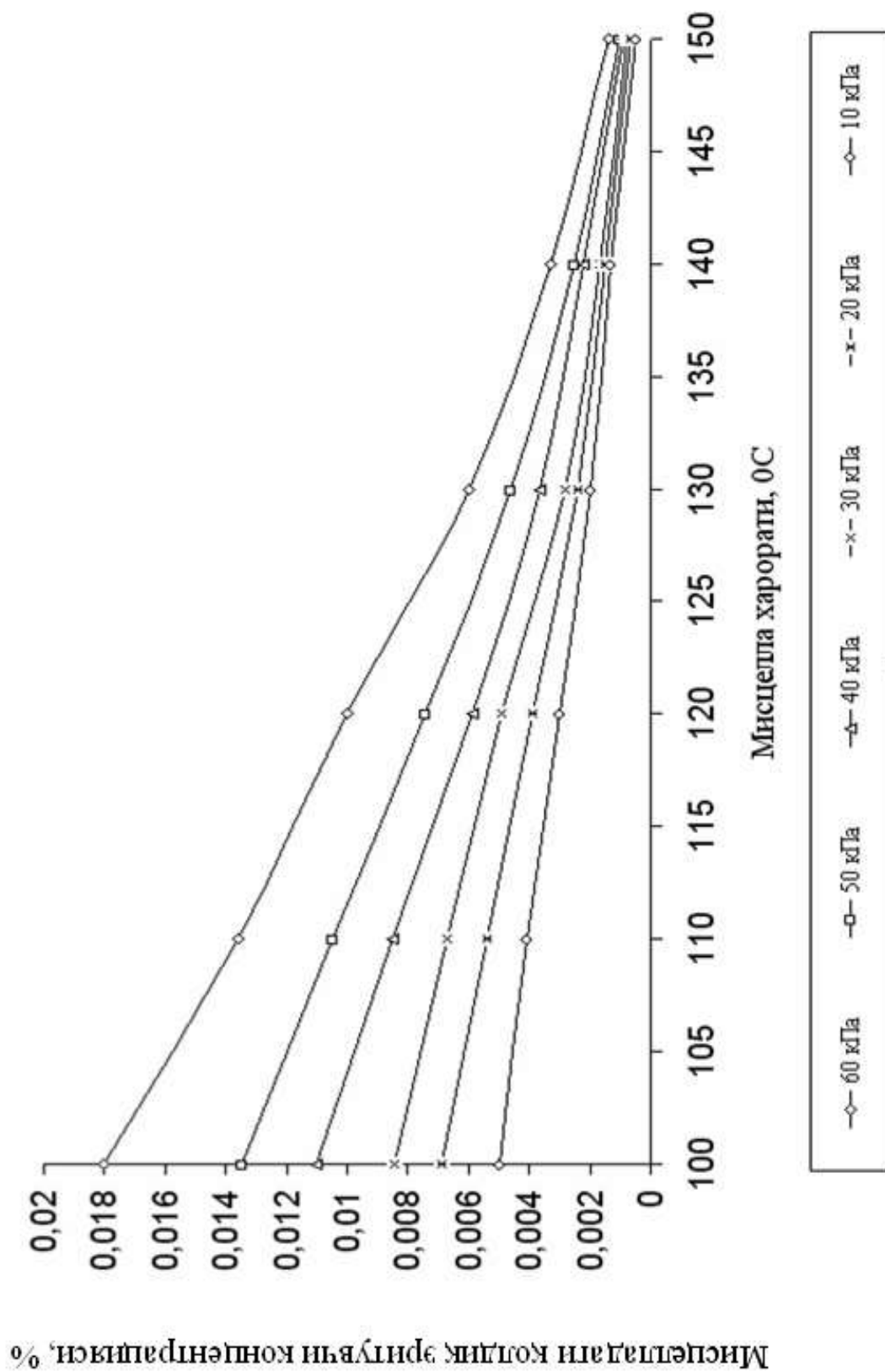
Шундай қилиб, эркин ёғ кислоталарини ажратиш самарадорлиги нуқтаи назаридан, пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш жараёнини ўрганиш асосида енгил учувчан компонентларни ҳайдашни жадаллаштиришда физик ва

технологик параметрларнинг таъсир механизмини аниқлаш имкониятига эга бўлишимиз мумкин.

Компьютер моделларида ўтказилган тадқиқотлар натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, дистилляция жараёнида каприл, каприн, миристин ва пальмитин ёғ кислоталарини таклиф этилаётган янги технологик усул бўйича маълум миқдорларда ажратиб олиш имконияти мавжуд экан.

Дистилляция жараёнининг компьютер моделларида ўтказилган тадқиқотлар натижасида суюқлик фазаси бўйича жараённинг кириш ва чиқиш параметрлари ўртасидаги боғлиқликлар (2.24-расм) ҳам аниқланган. Мазкур боғлиқликлар аппаратдаги мисцелла оқимининг гидродинамик структураси идеал аралашуш моделига мос келган шароитлар учун келтирилди.

2.29- расмда очик сув буғи сарфи  $G_{\text{осб}} = 0,03$  кг/с бўлганда мисцелланинг чиқиш концентрациясини унинг аппаратдаги ҳарорати ва буғ фазасининг умумий босимига боғлиқлиги ифодаланган. Ушбу графиклардан дистилляция аппаратида ишчи босим  $10 \div 60$  кПа чегараларда ва мисцеллага ишлов бериш ҳарорати  $150^\circ\text{C}$  бўлганда мойнинг енгил учувчан эритувчидан тозаланганлик даражаси 99.999 % ни ташкил этиши кўриниб турибди. Бу эса технологик жараён якунида олинадиган қора мойнинг тозалик кўрсаткичи бўйича стандарт кўрсаткичига мос келди.



2.29-расм. Мисцелланинг чиқиш концентрациясини унинг аппаратдаги харорати ва умумий босимга боғлиқлиги (очиқ сув буғи сарфи  $G_{\text{осб}} = 0,03$  кг/с)

## III БОБ. ЯРИМ САНОАТ АППАРАТИДА ЎТКАЗИЛГАН ТАЖРИБАЛАР

### 3.1. Тажрибавий яримсаноат аппаратининг тавсифи

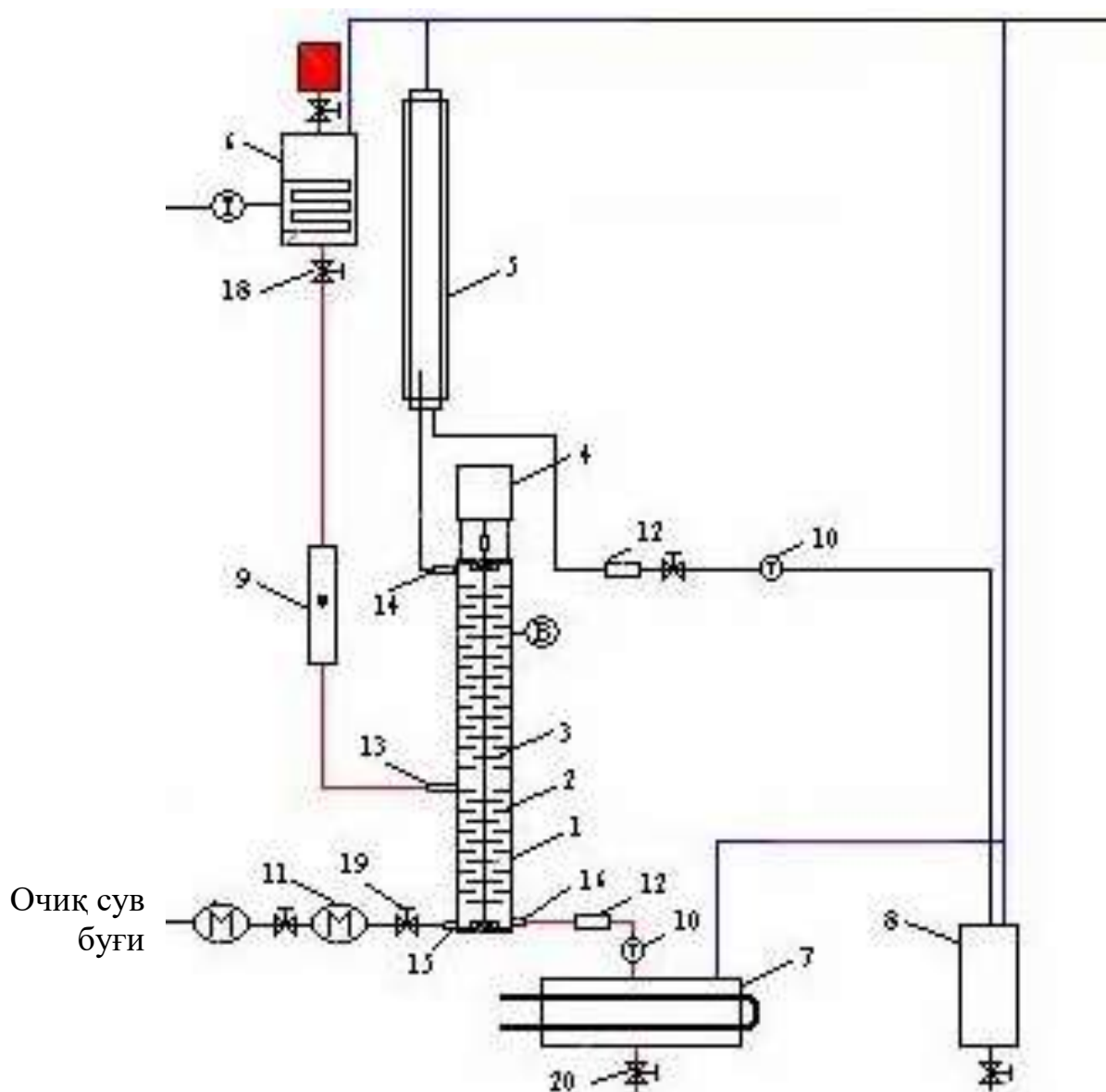
Пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш ва унинг таркибидаги ёғ кислоталарини ажратиш олиш жараёнларининг математик моделлаштириш асосида олинган тадқиқотлар натижаларини реал шароитларга адекватлигини текшириш мақсадида қуйидаги 3.1-расмда тасвирланган тажрибавий яримсаноат ускунаси йиғилди.

Тажрибавий дистилляция ускунаси таркиби асосан юқори концентрацияланган пахта мойи мисцелласи учун қиздиргич 6, роторли-дискли дистилляция аппарати 1, экстракцион қора мойни совутиш аппарати 7, иккиламчи буғларни совутиш учун конденсатор (5) ва конденсат йиғувчи идишдан 8 иборат. Экспериментал ускуна ўлчов-назорат асбоблари ва ростловчи вентиллар билан бутланган.

Дистилляция аппарати вертикал цилиндрик корпусдан 1 иборат бўлиб, унинг ички диаметри 140 мм, баландлиги эса 700 мм. Корпуснинг ички қисмига, унинг ўқи бўйлаб, тез айланувчи вертикал ротор жойлаштирилган. Ротор вали корпуснинг юқори ва қуйи қопқоқларига ўрнатилган подшипникларга таяниб туради. Вал муфта воситасида электродвигатель билан туташтирилган. Электродвигатель 4 ёрдамида ҳаракатга келтириладиган ротор валига 15 дона дисклар 3 маҳкамланган.

Аппарат корпусининг ички деворига ҳалқасимон тарелкалар 2 қўзғалмас ҳолатда пайвандланган. Ҳар икки тарелка оралиғида битта ротор диски айланиб туради. Шу тариқа тарелкалар колоннани бир нечта секцияларга бўлади.

Концентрланган мисцелла ва очиқ сув буғи 13 ва 15 патрубклар орқали колоннага киритилади. Жараён мобайнида ажралиб чиқадиган бензин, сув ва эркин ёғ кислоталари буғларининг аралашмаси 14 патрубкка орқали аппаратдан чиқарилиб, барометрик конденсаторга 5 йўналтирилади. Бу ерда буғлар аралашмаси совутилиб, конденсацияланади ва келгусида сиғимли идишда 8 тўпланади.



**3.1- расм. Тажрибавий дистиляция ускунасининг яримсаноат наъмунаси:** 1 - цилиндрик корпус; 2 - ҳалқасимон тарелка; 3 - диск; 4 - электродвигатель; 5 - конденсатор; 6 - қиздиргич; 7 - совутиш аппарати; 8 - йиғувчи идиш; 9 - сарф ўлчагич; 10 ва 17 - термометр; 11 - манометр; 12 - кузатув ойнаси; 13 - мисцелла бериш патрубкasi; 14 - иккиламчи буғларни чиқариш патрубкasi; 15 - сув буғи киритиш патрубкasi; 16 - экстракцион мойни чиқариш патрубкasi; 18, 19 ва 20 - вентиль

Жараён мобайнида ҳосил бўладиган экстракцион қора мой дистиляция аппаратидан патрубкa 16 орқали чиқарилиб, сиғимли идишга 7 йиғилади ва унда совутилади. Конденсатордан чиқарилаётган бензин, сув ва эркин ёғ кислоталари аралашмасининг тегишли идишларга 8 оқиб тушишини назорат қилиш мақсадида технологик қувурга 12 кузатув ойнаси ўрнатилган. Бу

оқимлар ҳароратини ўлчаш учун қувурга термометр 10 ҳам жойлаштирилган.

Тажрибалар бошланиши олдидан мисцелла керакли миқдорда идишга 6 йиғиб олинади. Бу идиш бир вақтнинг ўзида змеевикли қиздиргич вазифасини ҳам бажаради. Идишга йиғилган юқори концентрланган мисцелла ёки экстракцион мой змеевик ёрдамида зарурий ҳароратгача қиздирилиб, сўнг идиш тубидаги вентиль 18 ва патрубк 13 орқали колоннага берилади. Бу пайтда экстракцион мой ҳарорати термометр 17 билан, унинг узлуксиз сарфи эса ротаметр 9 воситасида ўлчаб борилади.

Экспериментал ускуна иши учун зарур бўлган сув буғи цехнинг буғ тақсимлаш коллекторидан олинади. Сув буғи дистилляция колоннасига унинг туб қисмида жойлашган патрубк 15 орқали очик усулда берилади. Буғ босими манометр 11 кўрсаткичи бўйича аниқланади. Жараён учун зарур бўлган буғ сарфи коллектор ва таъминот қувурига ўрнатилган манометрлар кўрсаткичлари ўртасидаги фарқ асосида, қувурнинг диаметри бўйича ҳисобланади.

Жараён вакуум остида, мисцелла ва сув буғининг ўзаро қарама-қарши ҳаракат йўналишларида, амалга оширилади. Аппаратнинг таъминот патрубк-сидан 13 қуйида жойлашган тарелкаларда мисцеллани дистилляциялаш (ҳайдаш) жараёни, унинг юқори қисмида эса мой таркибидан эркин ёғ кислоталарини ректификациялаш услубида ажратиш жараёнлари амалга оширилади.

Дискларнинг тез айланиши натижасида сочиб бериладиган иссиқ мисцелланинг майда томчилари корпуснинг ички деворига урилиб, унинг юзаси бўйлаб ҳалқасимон тарелка юзасига оқиб тушади. Тарелка юзасида мисцелла юпқа қатлам ҳолатида ҳаракатланади ва келгусида бу тарелкага нисбатан қуйи сатҳда жойлашган диск юзасига қайта қуйилади. Бу пайтда мисцелла плёнкаси ва томчилари қуйидан юқorigа кўтарилаётган очик сув буғи оқими билан ўзаро контактга киришади. Жараён шу тариқа кўп маротаба қайта такрорланади. Ҳар бир секцияда суюқлик ва буғ фазаларининг кўп маротабалик контактлашуви натижасида мисцелла плёнкаси ва томчилари юзасидан эритувчининг интенсив буғланиши юз беради. Бу пайтда мисцелла таркибидан

учувчан эркин ёғ кислоталари буғлари ҳам ажралади. Шу тариқа эритувчи ва эркин ёғ кислоталаридан тозаланган мисцелла концентрацияси секциялар бўйлаб босқичма-босқич ортиб боради.

Аппаратнинг туб қисмида жойлашган вентиль 16 орқали тозаланган экстракцион мой совутиш аппарати бўлган сиғимли идишга 7 чиқарилади. Экстракцион мой сифатини (чакнаш ҳарорати бўйича) аниқлаш мақсадида идишнинг 7 туб қисмида жойлашган вентиль 20 орқали мой наъмунаси олинади.

### **3.2. Яримсаноат аппаратида ўтказиладиган тажрибаларни режалаштириш**

*Дастлабки мисцеллани оқлаш жараёни услуби.* Тадқиқот ишида тажрибалар ўтказиш юқори ҳароратда - 150 °C гача ва чуқур вакуумда - 10 кПа гача олиб борилиши режалаштирганлиги учун мисцелла таркибидаги юқори ҳарорат таъсирига чидамсиз бўлган моддаларни ажратиб олиниши керак. Концентрланган мисцелла таркибидан юқори ҳарорат таъсирига чидамсиз бўлган моддаларни ажратиб олиш мақсадида амалиётда мисцеллани адсорбцион оқлаш усулидан фойдаланилган. Мисцеллани бундай оқлаш усули адсорбентлар иштирокида амалга оширилади. Адсорбентлар сифатида мойда эриган бўёқ моддаларни ютиш ва уларни ўз юзаларида ушлаш қобилиятига эга бўлган махсус гил тупроқлар - бентонитлар қўлланилади.

Тажрибалар ўтказиш мобайнида мисцеллани адсорбцион тозалаш жараёни қуйидагича олиб борилди. Дастлаб юқори концентрланган мисцелла қиздирувчи змеевик ўрнатилган сиғимли идишга солинди, сўнгра змеевикка берилаётган сув буғи воситасида уни 50÷60 °C ҳароратгача қиздирилди. Раинацияланган мой технологик регламент бўйича 90 °C ҳароратгача қиздирилади. Лекин биз мисцеллани қиздиришимизни инобатга олиб 60 °C ҳароратгача қиздиришни мақбул деб топдик. Қиздирилган мисцеллага ENGELHARD адсорбентидан белгиланган меъёردа (4 % гача) қўшилиб, уни аста-секин аралаштирилди. Аралаштириш жараёни мисцелла ва адсорбент

аралашмаси бир жинсли суспензия ҳолатига келгунга қадар давом эттирилди. Оқлаш жараёни самарали кечиши учун мисцелла ва оқловчи адсорбент контакти 20÷30 минутдан кам бўлмаслиги ҳақидаги технологик тавсияларга амал қилинди. Оқланган пахта мойи мисцелласи иссиқ ҳолатда филтрланди. Дастлабки ва филтрдан ўтказилган мисцелла намуналарининг ранги корхона лабораторияси шароитида текширилди. Текширув натижаларига кўра дастлабки мисцелла намунасининг ранги кўринмади, оқланган мисцелла намунасининг ранги 30 қизил бирликка тенг бўлди.

Юқоридаги оқлаш жарёни тажриба учун монтаж қилинган ярим саноат ускунасидан алоҳида бўлган аппаратда амалга оширилган. Пахта мойи мисцелласи оқлангандан сўнг яримсаноат аппаратида тажриба ишлари олиб борилади.

Тажрибаларни бошлашдан аввал қиздиргичли бак 6 қайта ишланадиган 90÷95 % ли мисцелла ёки тозаланмаган экстракцион мой билан муайян микдорда тўлдириб олинади. Ускуна вакуум остида ишлагани учун мисцелла тўлдирилган бак ва воронка тубларидаги вентиллар 18 маҳкам ёпилади. Бакдаги мисцелла ёпиқ усулда бериладиган 180÷200 °C ли сув буғи ёрдамида 110÷150 °C ҳароратгача қиздирилади. Кейин совутгичли мой йиғувчи идиш 7 ва конденсаторга 5 совуқ сув берилади. Вакуум линиясига уланган вентил очилади. Тайёргарлик сўнгида электродвигатель 4 ишга туширилади. Бакдаги мисцелла ҳарорати термометр 17 ёрдамида назорат қилинади. Экстракцион мой сарфи сарф ўлчагич 9 воситасида ўлчанади. Очиқ сув буғи сарфи ускунага буғ узатувчи қувурга ўрнатилган иккита манометр кўрсаткичлари фарқига кўра, улар ўртасида ўрнатилган вентиль ёрдамида ростланади. Колоннадан чиқаётган иккиламчи буғ конденсаторда конденсациялангандан сўнг сиғимли идишда 8 йиғилади. Колоннадан чиқарилаётган маҳсулотлар (экстракцион мой, эркин ёғ кислоталари ва бензин аралашмаси) оқими кузатув ойнаси 12 воситасида назорат қилинади, уларнинг ҳарорати термометрлар 10 кўрсаткичлари бўйича қайд этиб борилади.

Тажриба аппарати нормал иш режимига кирган ва унда керакли вақт

давомида тажриба ўтказилгандан сўнг йиғувчи идишдан 7 тайёр мой намуналари олинади. Мартен-Пенский асбоби ёрдамида, мавжуд методика бўйича, тайёр мойнинг чакнаш ҳарорати аниқланади [12,85].

### 3.3. Яримсаноат аппаратида ўтказиладиган тажрибалар натижаларини қайта ишлаш

Дистилляция жараёни якуний босқичининг математик моделини 3.1-расмда тасвирланган роторли-дискли ускунада кечадиган реал жараёнга адекватлиги юқорида тавсифланган тажриба ўтказиш методикасига мувофиқ текшириб кўрилди.

#### 3.1-жадвал

#### Дистилляция жараёни якуний босқичини такомиллаштиришга оид ўтказилган тажриба натижалари

| Тажриба №        | Кислота сони, мг КОН | Намлик миқдори, % | Чакнаш ҳарорати, °C |
|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| Тажрибадан аввал |                      |                   |                     |
| 1                | 4,0                  | 0,2               | 190                 |
| 2                | 4,2                  | 0,2               | 191                 |
| 3                | 4,1                  | 0,2               | 191                 |
| 4                | 4,0                  | 0,2               | 190                 |
| Тажрибадан сўнг  |                      |                   |                     |
| 1                | 2,4                  | 0,2               | 227                 |
| 2                | 2,6                  | 0,2               | 230                 |
| 3                | 2,5                  | 0,2               | 229                 |
| 4                | 2,5                  | 0,2               | 228                 |

Тажрибаларда яримсаноат ускунасидан чиқарилаётган мисцелла концентрацияси  $x_{\text{тмц.чик}}$  унинг чакнаш ҳароратини ўлчаш йўли билан аниқланди. Мисцелланинг чиқиш концентрациясини ҳисобланган қиймати  $x_{\text{хмц.чик}}$  II бобда келтирилган математик модел тенгламаларини (2-38) ечиш асосида аввалдан аниқланди. Ҳисоблашларда параметрларнинг қуйидаги қийматларидан фойдаланилди: экстракцион бензин молекуляр массаси  $M_{\text{бен}} = 80$  кг/кмоль; сув буғининг молекуляр массаси  $M_{\text{хаво}} = 18$  кг/кмоль; экстракцион бензин буғларининг солиштирма энтальпияси  $i_{\text{бен}} = 1185,98$  кЖ/кг; мисцелланинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_{\text{бен}} = 2,33$  кЖ/кгК. Тажриба ускунасининг сирт

юзаси иссиқликни ҳимояловчи материал қатлами билан тўлиқ ўралганлиги сабабли мисцеллани цех ҳавоси таъсири остида совуб қолиши эҳтимоллиги йўқ. Шу сабабдан, ҳисоблашларда конвекция ва иссиқликни нурланиши сабабли атроф-муҳитга иссиқлик йўқотилиши сезиларсиз деб ҳисоблаймиз[43]. Математик модел бўйича бажарилган ҳисоблашлар натижалари аввалги бобларда келтирилган.

Пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш ва унинг таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиб олиш жараёнларини ўрганиш бўйича ярим саноат аппаратида ва математик моделда ўтказилган тажрибалар натижалари қуйидаги 3.2-жадвалда келтирилган.

### 3.2- жадвал

**Пахта мойи мисцелласини дистилляциялаш жараёни якуний босқичининг математик модели асосида олинган маълумотларни тажриба натижалари билан таққослаш**

| №              | $t_{мц.кпр}, ^\circ C$ | $P_{ум}, кПа$ | $x_{мц.кпр}, \%$ | $t_{буғ}, ^\circ C$ | $x_{бёк.кпр}$ | $x_{хёк.чик}$ | $x_{тёк.чик}$ | $\Delta x_{ёк.чик}$ |
|----------------|------------------------|---------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1              | 100                    | 10            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,009038      | 0,009         | 0,000038            |
| 2              | 130                    | 10            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,00539       | 0,005         | 0,00039             |
| 3              | 150                    | 10            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,00013       | 0,00041       | -0,00028            |
| 4              | 100                    | 20            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,009607      | 0,009         | 0,000607            |
| 5              | 130                    | 20            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,007178      | 0,007         | 0,000178            |
| 6              | 150                    | 20            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,00185       | 0,001         | 0,00085             |
| 7              | 100                    | 40            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,009804      | 0,009         | 0,000804            |
| 8              | 130                    | 40            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,008692      | 0,008         | 0,000692            |
| 9              | 150                    | 40            | 95               | 180                 | 0.01          | 0,005648      | 0,0048        | 0,000848            |
| $\sigma = 4,6$ |                        |               |                  |                     |               |               |               |                     |

*Изоҳ:* мисцелланинг чиқиш концентрацияси бўйича экспериментал қийматларни ҳисобланган қийматларга нисбатан ўртача квадратик оғиши  $\sigma = 4,6$  ни ташкил этади.

Жараённинг математик моделини реал жараёнга адекватлигини текшириш мақсадида мисцелланинг чиқиш концентрацияси бўйича экспериментал қийматларни математик моделда ҳисобланган қийматларга нисбатан ўртача квадратик оғиши  $\sigma$  аниқланди:

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\sum \Delta G_i^2}{G_{\max}^2}} \quad (3.1)$$

бунда  $n$  - тажрибалар сони.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, реал жараён билан модел ўртасидаги ўртача квадратик оғиш коэффиценти 5 % дан ошмайди.

Мавжуд технологиядаги кўрсаткичларни таклиф этилаётган технологиядаги кўрсаткичларга солиштира таҳлили 3.3-жадвалда келтирилган.

### 3.3-жадвал

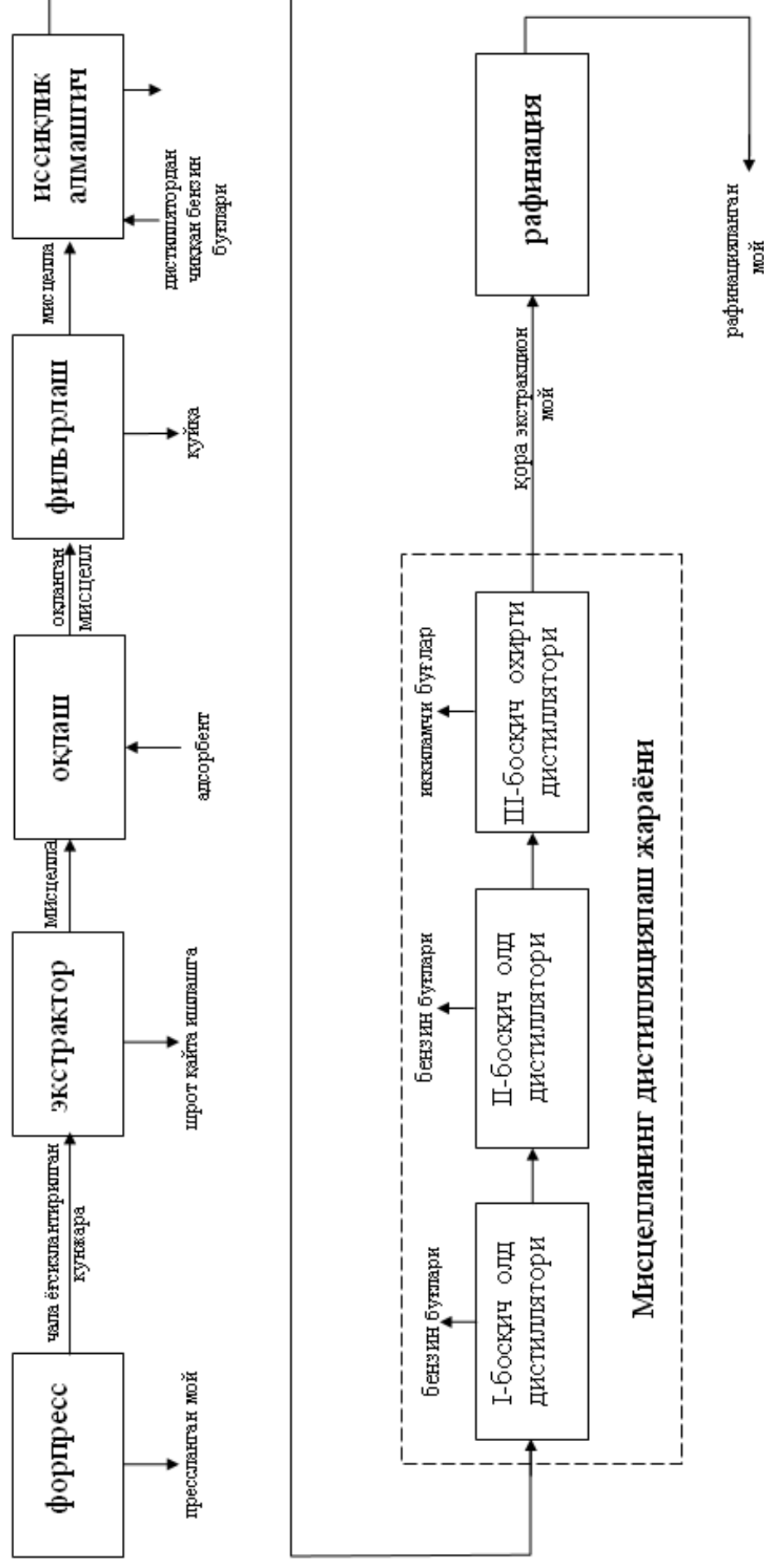
**Мавжуд технологиядаги кўрсаткичларни таклиф этилаётган технологиядаги кўрсаткичларга солиштира таҳлили**

| №  | Кўрсаткичлар                  | Мавжуд технологияда | Таклиф этилаётган технологияда | Фарқ |
|----|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|------|
| 1. | Кислота сони, мг КОН          | 4,0                 | 2,5                            | -1,5 |
| 2. | Намлик миқдори                | 0,2                 | 0,2                            | -    |
| 3. | Чақнаш ҳарорати, °С           | 225                 | 230                            | +5   |
| 4. | Рафинацияланган мой чиқиши, % | 88,7                | 89,8                           | +1,1 |
| 5. | Ишқор сарфи, NaOH кг/т        | 9,6                 | 7,8                            | -1,8 |

### **3.4. Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёни якуний босқич технологик схемасига таклиф**

Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёни якуний босқичини тизимли таҳлил усулидан фойдаланиш жараёни олиб бориш механизмини очиб бериш, жараёни амалга оширишда оптимал технологик шароитларни асослаш, шунингдек рационал энергетик ва материал сарф-харажатларни камайтиришга таклиф этиш имконини беради. Дистиляциялаш жараёни якуний босқичи такомиллаштириш асосида пахта мойи олиш технологик схемасига таклиф 3.2-расмда келтирилган.

Форпрессдан чиққан чала ёғсизлантирилган кунжара экстракциялаш цехига юборилади. Чала ёғсизлантирилган кунжара баргсимон ёки заррача шаклида тайёрланиб, транспортёр ёрдамида редлер орқали экстракторнинг юк колоннасига тушади. Бунда у юқоридан тушиб, қарама-қарши ҳаракатланаётган бензинда ёғсизланади. Экстрактордан чиққан мисцелла фильтлаш жараёнига берилишидан аввал мисцелла таркибидаги юқори ҳарорат таъсирига чидамсиз бўлган моддалардан ажратиш мақсадида оқланади. Оқланган мисцелла фильтрланади ва кейинги босқичлар мавжуд технология асосида амалга оширилади.



**3.2-расм. Дистиляциялаш жараёни якуний босқичини такомиллаштириш асосида пахта мейи олиш технологик схемасига таклиф**

## ХУЛОСА

1. Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёни якуний босқичи муаммоларига бағишланган ишлар аналитик тарзда шарҳланди. Пахта мойи мисцелласини дистиляциялашда эритувчини ҳайдаш ва мисцелла таркибидаги ёғ кислоталарини ажратишнинг асосий усуллари ва ускуналари таҳлил қилинди.

2. Роторли-дискли аппаратнинг ишчи зонасида борадиган пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёнини кўп босқичли иерархик структураси таклиф этилди. Умумий методологияга асосан жараённинг тўлиқ математик модели тузилди.

3. Кўп маротаба сочиш ва йиғиш шароитида пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёни якуний босқичининг математик моделининг тадқиқот алгоритми MATLAB Simulink дастурида ишлаб чиқилди. Очiq сув буғи ва мисцелла сарфларининг турли нисбатларида мисцелла таркибидаги ёғ кислоталарининг буғ фазадаги миқдори жараёнга берилаётган мисцелла ҳарорати ва аппаратдаги умумий босимга боғлиқлиги аналитик йўл билан ўрганилди.

4. Таҳлиллар шуни кўрсатмоқдаки, жараён ҳароратини ошиши ва босимни камайиши билан ёғ кислоталарининг эритувчига қўшилиб буғ фазага ўтиши ортади. Агар оддий дистиляция шароитида буғ фазага 2 % ёғ кислоталари ўтса, ҳарорат 150 °С, босим 10 кПа бўлганда 14 % эркин ёғ кислоталари буғ фазага ўтади.

5. Пахта мойи мисцелласининг якуний дистиляциялаш ва таркибидаги ёғ кислоталарини ажратиш жараёнларини оптималлаштириш вазифаси ҳал этилди. Бунда уч омил ёрдамида даромадни ошириш мақсад қилиб олинди: биринчиси - умумий босимни оптимал қиймати 10 кПа эканлиги аниқланди; иккинчиси - жараён учун ҳароратнинг оптимал қиймати 140÷150 °С лиги топилди; учинчиси - дистилятор аппарати учун сочиб берувчи дисклар сонини оптимал қийматини 6 та эканлиги аниқланди.

Олинган натижалардан Тошкент кимё-технология институти ўқув жараёнида “Кимёвий технологик тизимларни таҳлил қилишда компьютер усулари” фанининг маъруза, амалий ва лаборатория машғулотларини олиб боришда фойдаланилмоқда.

6. Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш ва ёғ кислоталарини ажратиш жараёнининг назарий натижалари саноат миқёсида “Тошкент ёғ-мой комбинати” ОАЖ қўшма корхонасида шакллантирилган ва синовдан ўтказилган ярим саноат аппарати ёрдамида кўрсатилди. Таклиф этилаётган аппаратни жорий этишдан кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 112,7 млн сўмни ташкил этади.

## Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг Олий Мажлисга мурожаатномаси. 24.01.2020 йил.
2. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000. – 551 с.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х. С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва курилмалари. - Т.: Шарк, 2003.– 644 б.
4. Стабников В.Н., Баранцев В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. –3-ое изд. перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 328 с.
5. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва курилмалари. 2-том. – Тошкент: Ўзбекистон, 1995. – 237 б.
6. Технология жиров и жирозаменителей/В. Х. Паронян, Ф.И.Мазняк, Н.М.Кафиев, И.Б.Чекмарева. -М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. - 352 с.
7. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / Под ред. А.Г.Сергеева. В 2-х т. - Л.: ВНИИЖ, 1974. Т. 1, кн.2. - 591 с.
8. Гавриленко И.В. Маслоэкстракционное производство. – М.: Пищепромиздат, 1960. - 246 с.
9. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 1974. - 440 с.
10. А.М.Журавлев, Л.Д. Гозенпут. Оборудование жироперерабатывающих предприятий. – М.: Пищевая промышленность, 1976. - 329 с.
11. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел. – М.: 1972, С. 342.
12. Халимова У.Х. Ўсимлик ёғлари ишлаб чиқариш технологияси. 2қай. ишл. ва тўлд. наشري. Т.: Ўқитувчи. - 243 б.
13. Кузнецова Н.Н. Гавриленко И.В. Основные теплофизические свойства экстракционного бензина МРТУ-12Н № 20-63. “Масложировая

промышленность”, 1964, № 6, с. 7-10.

14. А. Вайсбергер и др. Органические растворители. - М.: 1958. -518 с.

15. Экстракция растворителями масла из семян черной смородины. Lui G., Wang J., Xu X., Wang Q.(Food collage, Northern Agricultural University, 150030 Harbin, China) 2005. 30, № 4, с. 56-57. Библ.4. Кит.; рез.англ.

16. Research in replacing hexane with isopropyl alcohol as an oil extraction solvent:[Abstr.] Annu.Meet. and Expos.Amer.oil Chem/Soc., Chicago, 1991/Lusas P. Edmund, Watkins Leslie R., Koseoglu S. Sefa // Int.News Fats and Relat. Mater.-1991.-2, № 4. – с.334.-Англ.

17. Cotton seed extraction with a new solvent system:Isohexane and alcohol mixture/Kykl M.S., Hron R.J.(Sr)//J.Amer.Oil Chem. Soc.-1998. -75, № 8.-с. 927-930. англ.

18. О некоторых аспекты нетрадиционного экстрагирования растворителем маслосодержащих материалов растительного происхождения/Марков В.Н., Лисицын А.Н., Ключкин В.В., Смыгачино В.// Масложир.пром-сть. -1998. № 1-2. -с.20-23. -Рус.

19. Выбор растворителей для экстрактивный дистиляции. Wang Xiu-Li, Sunwei, Song Hay-hua, Tiangin daxue xuabo=J.Tianjin Univ. 2003. 36, №4, с.478-481. Библ.12. Кит.; рез.англ.

20. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 632 с.

21. Фракция нейтральных липидов жирнокислотный состав масла ягод. Callis temon lanceolatus DC. Neutral lipid fractions and fatty acid composition of Callis temon lanceolatus DC. berries oil/Riaz M., Chundhary F.M.//Pakistan J.Sci and Ind.Res.-1989,-32,№ 2. -133-134. –англ.

22. Степень ассоциации жирных кислот в неполярных растворителях. Герасименко Е.О., Бережной В.Н., Бабушкин А.Ф., Стеринчук А.Г., Корнена Е.П.(Кубанский гос.технол.ун.т). Масложир.пром-сть. 2003, № 2, с.29. Библ.2. Рус.; рез.англ.

23. Оценка удельной теплоемкости жидкостей: жирных кислот,

триацилглицеридов и растительных масел на основе их жирнокислотного состава. Liquid specific heat capacity estimation for fatty acids, triacylglycerols and vegetable oils based on their fatty acid composition. Morad N.A., Kamal A.M., Panau F., Yew T.W. (Centre of Lipids Engin. & Applied Research (C.L.E.A.R.) Univ. Teknol. Malaysia, Kuala-lumpur. 54100, Malaysia). JAOCS: J. Amer. Oil Chem. Soc. 2000. 77. №9, с. 1001-1005. Библ. 11. англ.

24. Технология переработки жиров /Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.И. и др. – М.:Агропромиздат, 1985.-367 с.

25. Коваленко Ю.Т. Поверхностное натяжение мисцелл. “Масло - жировая промышленность”, 1962, № 2, с. 8-12.

26. Теплота парообразования растворителя из масляных мисцелл в зависимости от температуры их кипения и давления паров. Деревенко В.В., Выродов И.П. (Кубанский гос.технол.ун-т, Краснодар, Россия). Технология и техника пищевых производств:итоги и перспективы развития на рубеже XX и XXI веков: Сборник научных трудов. С –Петербург.гос.ун-т. низкотемператур. и пищ.технол. СПб: Из-во СПбГУНиПТ, 2003, с.260-265. Библ.4. Рус.; рез.англ.

27. Плотность мицелл растительных масел/Деревенко В.В., Хужов Р.М.; Ред. ж. Изв. вузов. Пищ. технол. - Краснодар, 1990, - 4 с. Библиограф 7 назв. -Рус. -Деп. в АгроНИИГЭИ пищепроме. 09.04.090, № 2240 -пщ 90.

28. [www.medical.ru](http://www.medical.ru).

29. Сийдре Э.К. Исследование процесса дистилляции с водяным паром. – Таллин. 1957. - с. 61.

30. Аношин И.М. Теоретические основы массообменных процессов пищевых производств. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 344 с.

31. Сийдре Э.К., Теаро Э.Н., Миккал В.Я. Дистилляция. Теория и методы расчета. – Л.: Химия, Ленинградское отд-е, 1971. – 216 с.

32. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.

33. Термодинамика равновесия жидкость-пар/ А.Г. Морачевский, Н.А.Смирнова, Е.М.Пиотровская и др.; Под ред. А.Г. Морачевского. – Л.: Химия, 1989, - 344 с.
34. Артиков А.А., Маматкулов А., Яхшимурадова Н.К., Додаев К.О. Системный анализ концентрирования раствором инертным газом. - Ташкент: Фан, 1987. - 164 с.
35. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. – М.: Химия, 1981. – 812 с., ил. – (серия «Процессы и аппараты химической нефтехимической технологии»)
36. Артиков А.А. Концентрирования растворов хлопкового масла в органических средах и создание новой аппаратуры.: (ДСП). Автореферат дис....докт.техн.наук. -М., МТИПП,1984. - 30 с.
37. Яхшимуронова Н.К. Совершенствование процесса распылительной дистилляции мисцеллы хлопкового масла. (ДСП). Дис...канд.техн.наук. Ташкент, 1985.
38. Артиков.А.А. Процессы и аппараты пищевых производств. Математическое моделирование. Теплообменные процессы. Выпаривание. - Ташкент: Укитиувчи, 1983. -121 с.
39. Маматкулов А.Х. Повышение эффективности работы дезодорационной зоны окончателного дистиллятора хлопковой мисцеллы. (ДСП). Дис...канд.техн.наук. – Т.: 1984.215 с.
40. Коган В.Б., Харисов М.А. Оборудование для разделения под вакуумом. - Л.: Машиностроение (Ленинград.от-ние), 1976. - 376 с.
41. Леонтевский К.Е. Производство растительных масел. –М.: Пищепромиздат,1956.
42. Гавриленко И.В. Оборудование для производства растительных масел. – 2 изд. перераб. и доп.- М.: Пищевая промышленность,1972. - 312 с.
43. Артиков А.А. и др. Исследование процесса концентрирования раствора при перегонке острым паром из нелетучего остатка при дистилляции распылением, в стекающей пленке и в слое. В кн.: Тепломассообмен VI, т.V.

Тепломассообмен в двухфазных тизимх, Минск, 1980. с.121-128.

44. Аппарат для окончательной дистилляции: А.С 1565871 СССР, МКИ<sup>5</sup> с 11 В11\10\ Артиков А.А, Ахмедова. Х.С, Яхшимуродова Н. К. ; Таш. Политехн. Инст.-№-4470068\31-13; Заявл. 300 т. 883 опубл. 23.05.90. бюл № 19.

45. Тепломассообмен в дистилляторе с эрлифтом при отгонке растворителя из масляной мисцеллы/Залетнев А.Ф., Ключкин В.В., Романков Н.Н., Бабаев Г.Д., Умаров С.Д.// Тепломассообмен- ММФ-92: 2 Мин.междунар.форум, 18-22 мая, 1992. Т.11. – Минск,1992.-с. 203-205.-Рус.

46. Марценюк А.С., Стабников В.Н. Пленочное и тепло- и массообменные аппараты в пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. - 160 с.

47. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1992.-207 с ил.

48. Математическое моделирование массообмена при ректификации многокомпонентных спиртовых смесей в малогабаритных установках: Автореф. дис. на соиск.уч.степ.канд.тех.наук. Умрихин Е.Д. (Кубанский государственный технологический университет, 350072, г. Краснодар, ул. Московская 2) Кубанский государственный технологический университет. Краснодар, 2000, 23 с., ил. Библ. 10. Рус.

49. Прогнозирование пенной структуры движения мисцеллы в трубах дистилляторов/Ключкин. В.В., Залетнев А.Ф., Шемякин С.Ю.// Процессы упр. и аппараты пищ.технол.-Л., 1985. - с. 21-25.-Рус.

50. <http://www.linax.ru>

51. <http://www.rccjstello.com/klarex.html>.

52. Дистилляционная колонна: А.с.1699479 СССР, МКИ5 В01 Д3/00/Безуглов И.Е., Залетнев А.Ф., Масленников Г.С., Чижик Ю.Л., Кожемякин Г.Е., Логинова Н.П., Краснобородько В.И.; НПО Масложирпром.- № 4759614/26; Заявл.15.9.89; Опубл. 23.12.91. Библ. №47.

53. Некоторые теплогидродинамические аспекты интенсифицировать процесса дистилляции масляных мисцелл/Залетнев А.Ф.//Пробл.

маслодобывания, очистки и перераб. жиров и пр-ва маргарина/ВНИИжиров(ВНИИЖ).-Л., 1989.-с.31-35.-Рус.

54. Модификация технологии дистилляции мисцеллы. Ключкин В.В., Залетнев А.Ф., Круглий С.М., Федоров В.А., Хорбаладзе Г.О.(ВНИИЖ). Масложир.пром-сть. 2004, № 1, с.42-43. Рус.; рез.англ.

55. Водяной пар при дистилляции многокомпонентных смесей высших жирных кислот в условиях вакуума. Плесовский В.А., Безденежных А.А. Маслажир.пром-сть.2002.№1, с.28-29. Библ. 3. Рус.; рез.англ.

56. Способ и устройства для экстрактивной дистилляции. Ver fahren und Vorrichtung zur Extraktiv destillation. Заявл. 10258160 Германия, МПК<sup>7</sup> B01 Д3/40. BASF AG, Heida Bernd. №10258160,6; Заявл. 12.12.2002; Оpubл. 24.06.2004. Нем.

57. Способ дистилляции жирных кислот: Пат. 2256698 Россия, МПК<sup>7</sup> C 11 C 3\00. Гос. наук. учержд. ВНИИ “Всероссийский РАСХН”, Климова Н.П., Постолов Ю.М., Губанов А.В., Лисицын А.Н. № 2004 106724/13; Заявл. 02.03.2004; Оpubл.20.07.2005. Рус.

58. Дистилляционная установка с паровым обогревом. Ex-ges chutzte Losemittelaufbereitung. Chem.plants+process.2005.прил.top prod. 2005, с.56, 1 ил., нем; рез.англ.

59. Установка для извлечения жирных кислот из соапстока: Пат.2171274 Россия, МПК<sup>7</sup> C11 B13/02. Науч.-техн. центр по разраб. технол. и оборуд., Сафин Р.Г., Башкиров В.Н., Лишков В.А., Самойлов Г.И., Зиатдинова Ф.С., Сибгатуллин Р.Б., Сунгатуллина Г.И., Тимербаева Р.Ф. №2000103236/13; Заявл. 08.02.2000; Оpubл. 27.07.2001. Рус.

60. Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.: Высшая школа, 1979. – 440 с.

61. Неустроев С.А. Свойство двухфазных систем жидкость-пар. В кн.: массообменные процессы, М., 1981. - 490 с.

62. Кафаров.В.В, Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1976. – 500 с.

63. Математическая модель процесса дистилляции многокомпонентного раствора хлопкового масла в слое. Артиков.А.А, Маматкулов. А.Х, Нарзиев М.С, Носиров Х.Э. Респ.науч.-техн.конф. “Науч.практ. аспекты комплекс.использ.хлопчатника, как сырья для пищ.пром-сти”. Ташкент,13-14 марта,1990: Тез.докл.- Ташкент,1990. –с. 94-96.-Рус.

64. Интенсификация теплообмена при фазовых превращениях в процессе дистилляции мисцеллы растительного масла: Автореф.дис. на соиск. уч.степ.канд.техн.наук. Данилюк О.А. ВНИИЖ, Санкт - Петербург, 2002, 24 с., ил. Библ.7.Рус.

65. Совершенствование и математическое моделирование системы дистилляции молярных мицелла и рекуперации растворителя: Автореф.дис. на соиск. Уч.степ.канд.техн.наук. Шаношниченко В.В. Кубан.гос.технол.ун-т, Краснодар, 2005. 25 с., ил. Библ.7. Рус.

66. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука,1981. - 490 с.

67. Optimal operation of dynamic processes under process-model mismatches: application to batch distillation. Mustaba I.M., Hussain M.A. Comput. And Chem. Eng. 1998. 22. прил., с. 621-624. англ.

68. Optimization of a secondary reflux and vaporization (SRV) distillation process using surface response analysis. Batista E., Rodriquez M.I., Meirellas A.J. Comput. and Chem.Eng. 1998. 22. прил., с.737-740. англ.

69. Введение в проблемы дистилляции повышенным давлением и экономии энергии. Xue Xue. Jingxihuagong Zhongjiant=Fine Chem.intermediates. 2001.31, №3, с.45-46, 50. Библ.3. Кит; рез.англ.

70. К вопросу о проблемах дистилляции мисцеллы в производстве растительного масла. Федоров В.А. Актуальные вопросы техники пищевых производств. Санкт –Петербург.гос.ун-т. низкотемператур. и пищ.технол. СПб, 2004, с.174-178. Рус. Деп.1 ВИНТИ 02.04.2001, № 546- В 2004.

71. Усовершенствованный способ дистилляции и дезодорации масел, жиров и жирных кислот. An inproved method and process of

distillation/deodorisation of oils, fats and fatty acids: Заявка 0520097 ЕПВ, МКИ5 C11B3/14, B01D3/10/ Panchal Mulshankar Saburbhai.-№ 91305554,7; Заявл.19.6.91; Оpubл.30.12.92.

72. Общая химическая технология: Учеб.для техн.вузов / А.М.Кутепов, Т.И.Бондарева, М.Г.Беренгартен. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высш.шк., 1990. – 520 с.

73. Артиков А.А., Маматкулов А.Х., Хамидов Н.И. Анализ синтез биотепломасообменных процессов. Ташкент: Фан,1994. - 120 с.

74. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Изд. 3-е перераб. и доп.- М.: Химия, 1976. - 464 с.

75. Анисимов И.В., Бодров В.И., Покровский В.Б. Метематические моделирование и оптимизация ректификационных установок. М., «Химия», 1975. – 216 с.

76. Процессы и аппараты химической промышленности: Учебник для техникумов/ П.Г.Романков, М.И.Курочкина, Ю.Я.Мозжерин и др. –Л.: 1989. - 560 с.ил.

77. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технолоии: В 2-х ч. Ч.1. Пер с англ. – М.: Мир, 1989.- 304 с., ил.

78. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под.ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб.и дополн. - М.: Химия, 1991. – 496 с.

79. Артиков А.А., Яхшимурадова Н.К., Маматкулов А.Х, Додаев К.О. Распределение параметров при распвлительной дистилляции. – Масла-жировая промышленность. 1982, № 11, с. 24-25.

80. Руководство по методам исследования, техническому контролю и учету производства в масло-жировой промышленности. - Л.: ВНИИЖ, 1965. Том II. - 365 с.

81. The Mathworks Inc. MATLAB - The Language of Technical Computing. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>

82. The Mathworks Inc. Simulink - Simulation and Model-Based Design.  
<http://www.mathworks.com/products/simulink/>
83. The Mathworks Inc. Neural Network Toolbox – Design and simulate neural networks. <http://www.mathworks.com/products/neuralnet/>
84. Файнберг Е.Е. Ректификация природных жирных кислот и высших жирных спиртов.– Москва: Пищевая промышленность, 1970. – 183 с.
85. Лабораторный практикум по технологии производства растительных масел. В.М. Копейковский, А.К. Мосян, Л.А. Мхитарьянц, В.Е. Тарасов. – М.: Агропромиздат, 1990. - 192 с.
86. Оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности. В.А.Демченко и др. Москва: 1972. – с. 80.
87. Кафаров В.В. Основы массопередачи. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1972. – 496 с.
88. Оборудование предприятий масложировой промышленности/ Б.Н.Чубинидзе и др. - М.: Агропромиздат,1985. - 304 с.
89. Алаев Б.С. Производство синтетических жирных кислот. – М.: Пищепромиздат,1960. - 72 с.
90. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, Ленинградское отд-е, 1981. – 560 с.
91. Бояринов. А.И. Кафаров. В. В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1976 – 563 с.
92. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. - М.: Химия,1982. – 288 с.
93. Аппарат для центробежной дистилляции. Centrifugal distillation apparatus: Пат.5045155 США, МКИ5 В01 Д1/22, В01Д1/26/Ranslend Arnold. -№ 404654; Заявл. 11.9.89; Опубл. 3.9.91; НКИ 202/174.
94. Использование отходящий в процессе дистилляции мицеллы паров растворителя для интенсификации процесса экстракции масел/Ерешко А.С. // Междунар. научн.конф. “Рац. пути использ. вторич. ресурсов АПК”, Краснодар,

23-26 сент., 1997: Тез.докл.-Краснодар, 1997.-с.149-150.-Рус.

95. Эффективное использование струйных тарелок с диаметрными перегородками в колонном дистилляторе для окончательной дистилляции мисцеллы/ Слободяник И.П., Селупева Е.А., Торбина Н.Н.// Междунар.научн.технол.конф. “Прогресс технол. оборуд. пищ. пром-сть”, Воронеж, 17-20 сент., 1997. Воронеж, 1997. – с. 181-183. –Рус.

96. Coriander spice oil: Effects of fruit crushing and distillation time on yield and composition. Small field Bruce M., van Klink John W., Perry Nigel B., Dodd's Kenneth G. J.Agr.and Food Chem. 2001. 49,№1, с. 118-123. Библ.12. англ.

97. Метод оценки неопределённости при динамическом моделировании сопоставление и различных методов применительно к периодической дистилляции. Methods for evaluating uncertain ties in dynamic simulation a comparison of performance. Toervi H., Hertzberg T. Comput. and Chem.Eng. 1998. 22. прил., с.985-988. англ.

98. Минимальная производительность по пару при периодической дистилляции бинарной смеси с полным возвратом орошения и накоплением верхнего продукта. Wang Weigu, Zeng Zhen, Bi Yafan. Hua gong Xue bao=J.Chem. Ind. and Eng.(China).2001.52. №5, с.460-463. Кит.; рез.англ.

99. Анализ возможностей контроля функционирования обычной и необычной последовательности дистилляционные колонны. Analysis of control properties of conventional and nonconventional distillation sequences. Jimenez Arturo, Hernandez Salvador, Montoy Fransisco Arturo, Zavala-Garcia Martin. Ind. and Eng.Chem.Res. 2001.40. №17. с.3757-3761. Библ.14.англ.

100. Способ дистилляции: Пат.2212926 Россия, МПК7B01 Д3/00, 100, ООО “Экол.системы-91”,Новиков О.Н. № 2001 105066/12; Заявл.21.02.2001. Оpubл . 27.09.2003. Рус.

101. Интенсификация конденсации паров растворителя при дистилляции мисцеллы. Залетнев А.Ф., Федоров В.А., Тагиев Ш.К., Федоров А.В.(ВНИИЖ). Масложир.пром-сть. 2006, №21, с.29-30,44.Библ.4. Рус.; рез.англ.

102. Изокритериальные многообразия в линейных схемах ректификации.

Тимошенко А.В., Серафимов Л.А., Иванова Л.В. Теор.основы хим.тех. 2001,35, № 4, с.-393-396, Библ. 8. Рус.

103. Проектирование и энергетические показатели работы систем альтернативных дистилляционной системе Петлюка. Design and energy performance of alternative schemes to the Petiyuk distillation system. Jimenez A., Ramiaz N., Castro A., Hernandez S. Chem.Eng.Res. and Des. 2003.81, №5, с.518-524. Библ.12. англ.

104. ДЕП. Сравнительные оценки аппаратного оформления окончательной дистилляции масляных мисцелл/Кошевой Е.П., Уврагева Г.В.; Ред. Ж. Изв. вузов пищ.технол.-Краснодар,1989.-10 с. –Библ.:11 назв. -Рус. - Деп. в Агро НИИТЭИ пищепроме 20.12.89, №2149-пщ89

105. Дистилляционные колонны с насадкой. Destillation kolonnenmit Fullko rpersenuttengen. Chem.-Ing.-Techn. 2001.73, №5. с.442. Нем.

106. Олевский И.М., Ручинский В.Р. Роторно-пленочные тепло- и массообменные аппараты. -М.: Химия, 1977. – 208 с.

107. Юнусов И.И. Исследование и оптимизация процесса окончательной дистилляции хлопковой мисцеллы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1973. – 25 с.

108. Додаев К.О. Совершенствование процесса пленочной дистилляции хлопковой мисцеллы: Дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1985. – 146 с.

109. Ахмедбаева Х.С. Интенсификация массообменного процесса дистилляции путём многоступенчатого распыления: Дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1989. – 166 с.

110. Артиков А., Хамдамов А., Хамидов Б., Маматкулов О., Маматкулов А. Математическая модель динамики распылительной перегонки инертным газом // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XVIII межд. науч. конф. – Казань, 2005. – С. 222-223.

111. Хамдамов А., Артиков А. Matlab simulink дастури ёрдамида охирги дистилляция жараёнини моделлаштириш // Международной научно-технической конференции “Современное состояние и перспективы развития

энергетики”. - Ташкент, 2006. –Б. 141-143.

112. Хамдамов А. Роторли диски аппаратдаги кўп босқичли дистиляция жараёнининг математик модели / Кимёвий технология, назорат ва бошқарув. 2007. -№ 4. – Б.27-31.

113. Хамдамов А., Артиков А. Исследование равновесного состояния смеси “гексанжирные кислоты ( $C_{10}C_{16}$ )” / Узбекистон Кимё журнали.2007. -№ 5. – Б.20-24.

114. Хамдамов А., Артиков А. А.Худайбердиев. Математическое моделирование равновесное состояние экстракционного бензина и жирных кислот // XX международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях», ММТТ-20, Сборник трудов, том 5,- Ярославль, 2007. – С. 240-241.

115. Хамдамов А., А.Артиков, А.Худайбердиев Н.Қурбанов. Сув буғи ёрдамида дистиляциялаш жараёнини моделлаштириш // Республика илмий-амалий конференцияси “Рақобатбардош кадрлар тайёрлаш: тажриба ва муаммолар” II-қисм, -Наманган, 2007. – Б.56-59.

116. А.Хамдамов, А.Худайбердиев, Н.Қурбанов. Дистиляция жараёнида иккиламчи буғ таркибидаги ёғ кислоталарини ушлаб қолиш масалалари // Республика илмий-амалий конференцияси “Рақобатбардош кадрлар тайёрлаш: тажриба ва муаммолар” II-қисм, Наманган -2007. -Б.80-81.

117. Хамдамов А., А.Артиков. Ўсимлик мойи дистиляциялаш жараёнининг тизимли таҳлили // Республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана». – Ташкент, 2007, - С.114-116.

118. Хамдамов А., И.Юнусов, А.Артиков, Х.Абдуллаев, О.Одилов Совершенствование новой технологии окончательной дистиляции мисцеллы хлопкового масла / Кимёвий технология, назорат ва бошқарув. 2008. -№ 3. – Б.22-25.

119. Хамдамов А., А.Артиков, А.Худайбердиев. Сўнгги дистиляция

жараёни учун янги авлод технологик линияси // Республика илмий-амалий конференцияси “Маҳаллий хом-ашёлар ва маҳсулотларни қайта ишлаш технологиялари”, Тошкент, 2008 13-14 ноябрь.– Б.395-396

120. Хамдамов А., А.Артиков. Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёнининг тизимли таҳлили // Аграр университети

121. Хамдамов А., А.Артиков. Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялашда ярим саноат аппаратида ўтказилган тажрибалар // Республика илмий-амалий конференцияси “Маҳаллий хом-ашёлар ва маҳсулотларни қайта ишлаш технологиялари”, Тошкент, 2009. – Б.395-396.

122. Jamshid Gharajedaghi, Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity A Platform for Designing Business Architecture Third Edition Morgan Kaufmann. 374 p.

123. Антонов А.В. Системный анализ. - М.: Высшая школа, 2004. - 454 с.

124. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: Учебное пособие. - СПб.: «Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000 г. - 326 с.

125. Artikov A. Multi-step method of computer model formalization with fuzzy sets application. WCIS-2004, world conference on intelligent systems for industrial automation. - Tashkent, 2004. TSTU.

126. <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/papers/to-question-of-systems-analysis-development.html>. 2011. Артыков А. К вопросу развития системного анализа на примере технологических объектов.

127. Артыков А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем: Учебник. - Ташкент: Ворис нашриёт, 2010. - 160 с.

128. А. Артиков. Тизимли таҳлилга кириш. Свидетельство о депонировании объектов авторского права № 000300. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. 10.11.2016

## МУНДАРИЖА

|                                                                                                                                                            |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>КИРИШ .....</b>                                                                                                                                         | <b>4</b>  |
| <b>I БОБ. ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ БОСҚИЧИНING ЗАМОНАВИЙ ҲОЛАТИ</b>                                                                                   | <b>7</b>  |
| 1.1 Қора экстракцион мой, эритувчи, эркин ёғ кислоталари ва мисцелланинг хусусиятлари .....                                                                | 7         |
| 1.2 Ўсимлик мойларини охирги дистиляциялаш ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнлари ҳолати .....                                           | 17        |
| 1.3 Пахта мойи мисцелласининг охирги дистиляциялаш жараёнини моделлаштириш, оптималлаштириш ва такомиллаштиришнинг замонавий тенденциялари .....           | 34        |
| 1.4 Тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларининг қўйиш                                                                                                            | 41        |
| <b>II БОБ. ПАХТА МОЙИ МИСЦЕЛЛАСИНИНГ ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ БОСҚИЧНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ .....</b>                                                        | <b>44</b> |
| 2.1 Технологик жараёнларни тизимли таҳлил қилиш методикаси.....                                                                                            | 44        |
| 2.2 Пахта мойи мисцелласининг дистиляциялаш жараёни якуний босқичи ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнларини математик моделлаштириш..... | 56        |
| 2.3 Пахта мойи мисцелласининг охирги дистиляциялаш ва таркибидаги эркин ёғ кислоталарини ажратиш жараёнларини математик моделлаштириш.....                 | 69        |
| 2.4 Аппаратнинг тарелка даражасидаги математик тавсифи .....                                                                                               | 72        |
| 2.5 Жараённинг аппарат босқичидаги математик тавсифи .....                                                                                                 | 73        |
| 2.6 Компьютер моделида тадқиқотлар ўтказиш .....                                                                                                           | 77        |
| <b>III БОБ. ЯРИМ САНОАТ АППАРАТИДА ЎТКАЗИЛГАН ТАЖРИБАЛАР .....</b>                                                                                         | <b>88</b> |
| 3.1 Тажрибавий яримсаноат аппарати тавсифи .....                                                                                                           | 88        |

|     |                                                                                                     |            |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2 | Яримсаноат аппаратида ўтказиладиган тажрибаларни<br>режалаштириш .....                              | 92         |
| 3.3 | Яримсаноат аппаратида ўтказиладиган тажрибалар<br>натижаларини қайта ишлаш .....                    | 94         |
| 3.4 | Пахта мойи мисцелласининг дистилляциялаш жараёни якуний<br>босқич технологик схемасига таклиф ..... | 96         |
|     | <b>ХУЛОСАЛАР .....</b>                                                                              | <b>99</b>  |
|     | <b>ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙҲАТИ .....</b>                                                       | <b>101</b> |
|     | <b>ИЛОВАЛАР .....</b>                                                                               | <b>114</b> |

## И Л О В А Л А Р

Тошкент ёғ-мой комбинати ОАЖ қўшма корхонасида ярим саноат ускунасини йиғиш ва уни синовдан ўтказиш жараёнларидан айрим лавҳалар





**ҲАМДАМОВ АНВАР МАХМУДОВИЧ**  
**АРТИКОВ АСҚАР АРТИКОВИЧ**  
**ХУДАЙБЕРДИЕВ АБСАЛОМ АБДУРАСУЛОВИЧ**

**ПАХТА МОЙИ МИСЦЕЛЛАСИНИНГ  
ДИСТИЛЛЯЦИЯЛАШ ЖАРАЁНИ ЯКУНИЙ  
БОСҚИЧНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

Бичими 60x84. 1/16 шрифт гарнитураси Times New Roman.

Ҳажми 6.6 босма табоқ. Оқ қоғозга офсет усулида босилди.

Адади 100 дона. Буюртма № \_\_\_\_\_

---

*“Fazilatorgtexservis” ХК да чоп этилди.*

*Манзил: Наманган шаҳар Навоий кўчаси 72-уй*