

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АВАЗОВ ЮСУФ ШОДИЕВИЧ

**КўП КОМПОНЕНТЛИ АРАЛАШМАЛАРНИ АЖРАТИШНИНГ
ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН
БОШҚАРИШ**

**05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш
ва бошқариш**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
Technical Sciences**

Авазов Юсуф Шодиевич

Кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг технологик жараёнларини
такомиллаштирилган бошқариш3

Авазов Юсуф Шодиевич

Усовершенствованное управление технологическими процессами разделения
многокомпонентных смесей21

Avazov Yusuf Shodiyevich

Advanced control of technological processes of distillation of multicomponent
mixtures39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АВАЗОВ ЮСУФ ШОДИЕВИЧ

**КўП КОМПОНЕНТЛИ АРАЛАШМАЛАРНИ АЖРАТИШНИНГ
ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН
БОШҚАРИШ**

**05.01.08 –Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш
ва бошқариш**

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

Тошкент– 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.4.PhD/Т512 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович**
техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оппонентлар: **Исмаилов Мирхалил Агзамович**
техника фанлари доктори, профессор

Каипбергенов Батирбек Тулепбергенович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **«Ximavtomatika» МЧЖ**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «___» ___ соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (43 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.

Диссертация автореферати 2018 йил «___» _____ куни тарқатилди.
(2018 йил «___» _____ даги _____ - рақамли реестр баённомаси).

Ф.Т.Адилов
илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

Ж.У.Севинов
илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
илмий котиби, т.ф.н., доцент

Х.З.Игамбердиев
илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сўнги вақтларда технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш соҳасида илғор мамлакатлар томонидан қўллаб-қувватланаётган мураккаб технологик ва техник тизимларни такомиллаштирилган бошқариш концепцияси (Advanced Process Control – APC) га алоҳида эътибор қаратилмоқда. «Бугун APC-ечимлар нефтни қайта ишлаш, нефткимё, минерал ўғитлар ишлаб чиқариш, металлургия, нефт ва газ казиб чиқариш, иссиқлик энергетикаси, целлюлоза ишлаб чиқариш, озиқ-овқат ва автомобилсозлик саноатида кенг қўлланилиши»¹ саноат тармоқларида етакчи ўринни эгаллаб келмоқда. Бу борада ривожланган мамлакатларда такомиллаштирилган бошқаришнинг APC-тизимлари асосида технологик қурилмаларни оптимал бошқаришнинг оператор аралашуви минимал бўлган ҳамда тадқиқ қилинаётган объектни башоратловчи моделлари асосида кўп ўлчамли бошқарувни амалга оширувчи стратегияни мужассамлаштирувчи ихтисослашган дастурий таъминотни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда мураккаб аралашмаларни ажратишнинг технологик жараёнларини бошқариш сифатини оширишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан, маҳсулотларнинг сифат кўрсаткичлари бўйича автоматлаштирилган тезкор тизимларни яратиш, ажратиш жараёнининг динамикаси учун модель олиш, ноаниқ мантиқ усуллари асосида жараённи ноаниқ вазиятли бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш, ажратиш жараёнини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимлари (APC – Advanced Process Control) ни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Республикамизда ҳозирги кунда фан ва техниканинг технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқариш йўналишларига катта эътибор қаратилиб, жумладан, аралашмаларни ажратишнинг технологик жараёнларини автоматлаштириш ва бошқаришда энергия ва ресурс тежамкорликни таъминловчи такомиллаштирилган бошқариш тизимларини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сарфини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, иқтисодиёт тармоқларидаги меҳнат унумдорлигини ошириш»² вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, ростлаш контурларининг ўзаро таъсирларини компенсациялаш имконини берувчи кўп ўлчамли мантиқий ростлагичлар асосида иссиқлик ва масса алмашилишининг мураккаб технологик жараёнларини бошқаришнинг

¹ «Саноатда автоматлаштириш» журнали, 2013. № 1. (www.researchgate.net/publication/281148781)

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017–2021 йилларда янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

юқори самарали интеллектуал тизимларини синтезлаш ва амалга ошириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017–2021 йилларда янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони ҳамда 2017 йил 27 июндаги ПҚ–3151-сон «Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқлари иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ–3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнологиялар» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон миқёсида илмий-тадқиқотлар натижасида ажратишнинг мураккаб технологик жараёнларини назорат қилиш ва бошқаришнинг юқори самарали тизимларини ривожлантиришга: “Honeywell”, SIMSCI-Simulation ва University of California, Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), “Siemens” ва University of Münster (Олмония), Imperial College London (Буюк Британия), Shell Global Solution (Буюк Британия-Голландия), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), Osaka University ва Tokyo Institute of Technology (Япония), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Жанубий Корея), “Alstom” (Франция), “Simatek-Energo” (Беларусь), Россия кимё-технология университети (Россия) каби етакчи илмий ва олий таълим муассасалари ҳамда R.A.Aliev, S.Skogestad, W.L.Luyben, Koichi Asano, C.P.Almeida-Rivera, В.В.Кафаров, В.П.Мешалкин, А.И.Бояринов, В.Л.Перов, В.С.Балакеров, В.А.Шестопалов, Т.Н.Гартман, М.Глебов, М.Л.Мандельштейн, Л.А.Аксельрод, В.Р.Сатановский, Г.С.Тринчук ва бошқа хорижий олимлар ҳисса қўшишган.

Мамлакатимизда ажратиш жараёнларини математик моделлаштириш ва оптималлаштиришнинг илмий муаммоларини ечишга Н.Р.Юсупбеков, Ш.М.Гулямов, М.А.Исмаилов, Д.П.Мухитдинов, С.Г.Закиров, Т.Ф.Бекмурадов, Ш.Н.Нуритдинов, У.В.Маннанов ва бошқа олимлар ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшишган.

Бироқ сўнгги йилларда ажратиш жараёнлари жиддий мураккаблашиб, ушбу жараёнларнинг такомиллаштирилган бошқариш тизимларини яратишни талаб этмоқда. Шу билан биргаликда, юқори самарали бошқариш тизимларини яратишда юмшоқ ҳисоблашлар ва ноаниқ мантиқнинг замонавий аппаратларидан тўлақонли фойдаланиш имкониятларига етарли даражада эътибор қаратилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг Ф-7-47 – «Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларининг назарий асослари» (2012–2016); ОТ-Ф7-88 – «Тоза маҳсулотлар олишнинг энергия ва ресурстежамкор иссиқлик-масса алмашиниш жараёнларининг истиқболли мураккаб кимё-технологик тизимларининг назарий асосларини такомиллаштириш» (2017–2020) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг мураккаб технологик жараёнларини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнининг динамикаси математик моделларини куриш;

ажратиш колонналари ишлашининг технологик режимларини бошқаришнинг дастурий-мантиқий алгоритмларини ишлаб чиқиш;

кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнини ноаниқ мантик усуллари асосида моделлаштириш;

қарор қабул қилишнинг ноаниқ моделлари асосида вазиятли бошқариш алгоритминини куриш;

ажратиш жараёнини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимини ишлаб чиқиш (брагоректификация қурилмаси мисолида).

Тадқиқотнинг объекти кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг мураккаб иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларнинг такомиллаштирилган бошқариш усуллари ва алгоритмларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, автоматик бошқаришнинг замонавий назарияси, ноаниқ мантиқ усуллари, сунъий интеллект назарияси, аналитик ҳисоб усуллари, технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни моделлаштириш ва оптималлаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

объектни бошқариш учун ноаниқ маҳсулий тизим кўринишида шакллантириладиган ёндашув ишлаб чиқилган;

инвариант бошқариш тизимининг параметрларини ҳисоблаш асосида ажратиш колонналари қисмларининг динамик модели ишлаб чиқилган;

ажратиш колонналарининг иш режимларини тайёр маҳсулот сифат кўрсаткичлари бўйича дастурий-мантиқий бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

ноаниқ мантиқ усуллари арсенали асосида ажратиш колоннасини тезкор автоматлаштирилган бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

ноаниқ-тўпламли тушунчалар асосида кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини вазиятли бошқариш усули ишлаб чиқилган;

этил спиртини ишлаб чиқаришдаги брагоректификация қурилмаларини такомиллаштирилган бошқаришнинг АРС-тизими ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнининг инвариант бошқариш тизимини функционал схемаси ишлаб чиқилган;

такомиллаштирилган бошқаришда оператор учун хулосалар ишлаб чиқиш имконини берувчи дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

ажратиш жараёнини ноаниқ мантиқ асосида бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

ажратишнинг мураккаб технологик жараёнини бошқариш учун янги тузилишдаги такомиллаштирилган тизим ишлаб чиқилган;

ажратиш қурилмаларидаги асосий параметрларни ростлаш тизими учун ноаниқ ПИД-ростлагич модели Matlab муҳитида ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ноаниқ мантиқ ва вазиятли бошқариш алгоритмларига асосланиб, кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларининг такомиллаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқиш, шунингдек, замонавий усуллар ва воситалардан фойдаланиб, ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро мувофиқлиги, саноат-синов тажрибалари натижаларининг ижобийлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ажратиш жараёнининг математик моделларини ишлаб чиқиш ва ноаниқ тўпламлар асосида кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг мураккаб технологик жараёнларини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимларини синтезлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти брагоректификация қурилмаларини автоматлаштирилган бошқариш учун ишлаб чиқилган такомиллаштирилган бошқариш тизими, усуллари, алгоритмлари ва моделларини кимё, нефткимё ва озиқ-овқат саноатларидаги ажратиш колонналарини бошқаришда қўллаш энергия ва ресурс сарфини 5–10 % га камайтириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Брагоректификация қурилмаларининг технологик схемасини такомиллаштириш ва уларнинг иш режимларини оптималлаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

кўп компонентли аралашмаларни ажратиш колоннасининг иш режимларини бошқаришнинг дастурий-мантиқий алгоритми Янгийўл шаҳридаги “ВЮКИМУ” АЖда жорий қилинган («Ўзшаробсаноат» АЖ нинг 2018 йил 16 апрелдаги ТУ-1083-сон маълумотномаси). Натижада ажратиш жараёнини бошқариш сифатини яхшилашга имкон берган;

ноаниқ мантиқ асосида ажратиш колоннасини бошқариш алгоритми “ВЮКИМУ” АЖда жорий қилинган («Ўзшаробсаноат» АЖ нинг 2018 йил

16 апрелдаги ТУ-1083-сон маълумотномаси). Натижада кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларни бошқариш тизимини такомиллаштиришга имконият яратилган;

ноаниқ тўпламлар асосида кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини вазиятли бошқариш усули “ВІОКІМҮО” АЖда жорий қилинган («Ўзшаробсаноат» АЖ нинг 2018 йил 16 апрелдаги ТУ-1083-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижалари кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини такомиллаштирилган бошқаришдаги энергия ва ресурслар сарфини 5–10 % га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 9 та халқаро ва 1 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Бажарилган тадқиқот натижалари бўйича 23 та илмий иш, жумладан, 1 та монография, ЎзР ОАК эътироф этган илмий журналларда 10 та мақола, шундан 5 таси хорижда чоп этилган, ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилинганлиги тўғрисида 2 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 123 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объект ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини такомиллаштирилган бошқариш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида илмий-техник муаммонинг танқидий жиҳатдан ечиладиган замонавий ҳолати таҳлил этилган. Ишлаб чиқариш саноати кўп компонентли аралашмаларини ажратишнинг мураккаб жараёнларини бошқаришни умумий қабул қилинган усуллари ва тизимларининг тузилишларини изоҳи келтирилган ҳамда бошқариш тизимларидаги барқарорлик режимларининг бузилиш сабаблари кўрсатилган. Кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини такомиллаштирилган бошқаришнинг асосий вазифалари баён қилинган. Ажратиш қурилмаларидаги ажратиш жараёнларини декомпозициялаш усули билан кўп ўлчамлилик ва кўп алоқалилик даражаларини пасайтириш, ажратиш жараёнларининг моделлаштириш масалаларини ечиш имконини берадиган имкониятлар

асосланган. Ажратиш курилмалари кетма-кет боғланган очик бошқариш тизимининг ташкил этувчилари сифатида қаралганида, уларни бошқарувчи локал тизимлар асосида ушбу жараёнларни бошқариш тизимларининг турғунлигини таъминлаш мумкинлиги кўрсатилган. Ажратиш жараёнининг бошқариш тизими сифатини олинаётган маҳсулот концентрацияси бўйича баҳолаш ҳисобига, энг яхши ростланадиган параметрлар сифатида колоннанинг қуйи ва юқори қисмларидаги ҳолатларни акс эттирувчи параметрларни қабул қилишнинг мақсадга мувофиқлиги кўрсатилган. Бошқариш тизимларининг самарадорлигини ошириш ва тайёр маҳсулотнинг юқори сифатини таъминлаш тамойиллари ифодаланган.

Диссертациянинг «Этил спирти ишлаб чиқариш технологик жараёнларини математик моделлаштириш ва бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш» деб номланган иккинчи бобида кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини математик моделлаштириш ва бошқариш тизимларини амалга ошириш усуллари баён этилган. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнининг математик тавсифи келтирилган ҳамда типик ажратиш колонналарининг алоҳида қисмлари ишини динамик моделлари олинган ва улар асосида инвариант бошқариш тизимининг структуравий-параметрик синтези амалга оширилган.

Колонналарнинг юқори ва қуйи қисмларини ростлашнинг инвариант тизимларидаги корректловчи таъсирларни ҳисоблашда объектга бўлган ғалаёнларни ҳамда бошқариш каналининг динамик хоссаларини эътиборга олиш лозим. Шунинг учун ажратиш колоннасининг параметрлари колоннанинг конструктив ва режим параметрлари бўйича лойиҳалаш босқичида ҳисобланадиган тақрибий динамик модели келтириб чиқарилган.

i -ликоччанинг моддий баланс тенгламаси қуйидаги кўринишга эга (тузилиш схемаси 1-расмда келтирилган):

$$M_i \frac{dC_i}{dt} = F_{\phi n} (C_{i+1} - C_i) + F_{\sigma} (C_{i-1}^{\sigma} - C_i^{\sigma}), \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$C_i^{\sigma} = f(C_i) \cong \alpha_i + \beta_i C_i \quad (2)$$

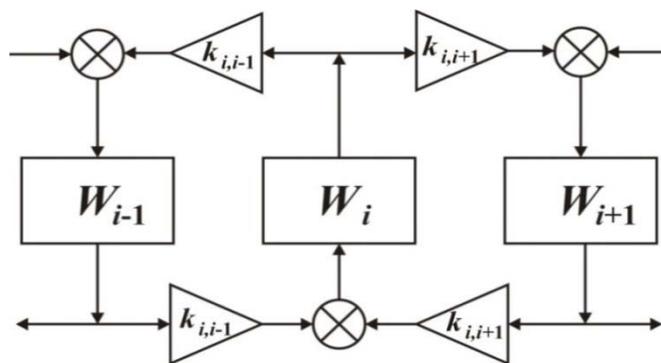
бу ерда β_i – i -ликоччанинг масса бериш коэффиценти; M_i – i -ликоччадаги суюқлик массаси; C_i – i -ликоччадаги суюқлик концентрацияси; C_i^{σ} – i -ликоччадаги буғ концентрацияси; F_{σ} – буғ сарфи; $F_{\phi n}$ – флегма сарфи.

Унда, i -ликоччанинг чизиклантирилган модели қуйидаги кўринишга эга:

$$M_i \frac{d\Delta C_i}{dt} = F_{\phi n} (\Delta C_{i+1} - \Delta C_i) + F_{\sigma} (\beta_{i-1} \Delta C_{i-1} - \beta_i \Delta C_i), \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

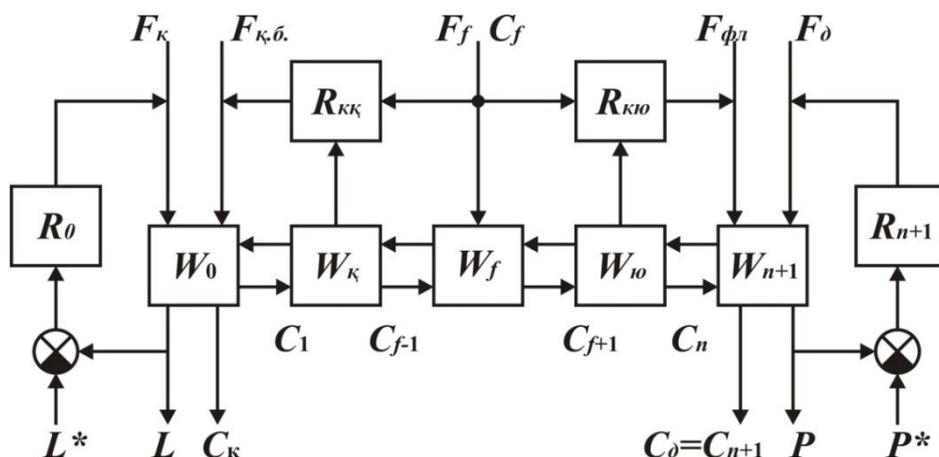
$$T_i \frac{d\Delta C_i}{dt} + \Delta C_i = k_{i-1} \Delta C_{i-1} + k_{i+1} \Delta C_{i+1}, \quad (4)$$

бу ерда: $T_i = \frac{M_i}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\sigma}}$, $k_{i+1} = \frac{F_{\sigma} \beta_{i-1}}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\sigma}}$, $k_{i-1} = \frac{F_{\sigma}}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\sigma}}$.



1-расм. Ажратиш колоннасининг ликопчали моделларини тузилиш схемаси.

Ишда ажратиш колоннасининг умумий тузилиш схемаси (2-расм) қуйидаги модуллар тизими сифатида келтирилган: колонна куб ва қайнаткичи (W_0), колоннанинг ликопчали қуйи қисми (W_k), колоннанинг ликопчали юқори қисми ($W_{ю}$) ва флегма тўплагичли дефлегматор (W_{n+1}), таъминот ликопчаси (W_f).



2-расм. Ажратиш колоннасининг бошқариш тизимини тузилиш схемаси: $R_{кю}, R_{кк}$ – динамик компенсаторлар; R_{n+1} – босим ростлагичи; R_0 – куб суюқлиги сатҳ ростлагичи; $T_{ю}, T_k$ – колоннадаги ҳароратлар; P^* – берилган босим; L^* – берилган сатҳ.

Колоннанинг масса алмашинишли қисмини математик модели биринчи тартибли дифференциал тенгламалар тизими шаклида келтириб чиқарилган бўлиб, у ҳар бир ликопчадаги буғ ва суюқлик фазалари ўртасидаги масса алмашинишни акс эттиради. Ихтиёрий m ликопчадан иборат ликопчали соҳасининг тахминий модели иккинчи тартибли, кечикишли бўғин кўринишида бўлиб, унинг узатиш функцияси қуйидагича:

$$W_m(p) = \frac{k_m e^{p\tau_m}}{(Tp + 1)^2}, \quad (5)$$

бу ерда T – битта ликопчанинг ўртача вақт доимийси.

Колоннанинг йигирмата ликопчадан иборат соҳаси учун ўтиш жараёни эгри чизиқларини силликлантириш амалга оширилган (3-расм).

Ишда ажратиш колоннасини инвариант бошқариш тизими учун Z ғалаёнларга бўлган инвариантлик шартлари таклиф этилган:

$$y_{ЮЗ} = Z(p) \frac{1}{(Tp+1)^2} \left(k_{ZЮ} e^{-p\tau_{ZЮ}} - k_{УЮ} e^{-p\tau_{УЮ}} R_{KЮ} \right) = 0, \quad (6)$$

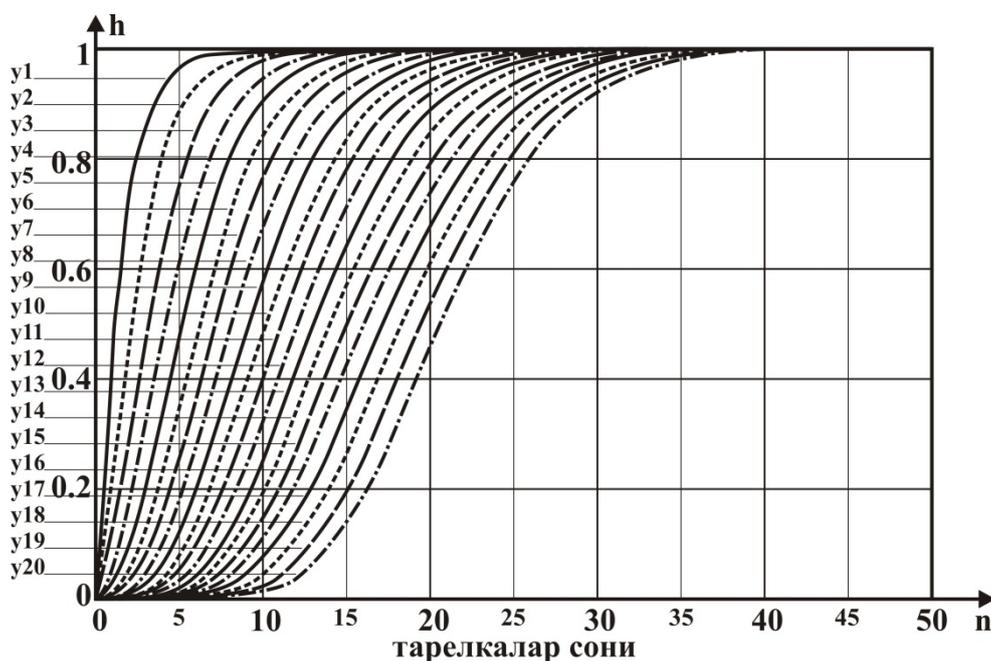
$$y_{KZ} = Z(p) \frac{1}{(Tp+1)^2} \left(k_{ZK} e^{-p\tau_{ZK}} - k_{УК} e^{-p\tau_{УК}} R_{KK} \right) = 0. \quad (7)$$

Очиқ инвариант бошқариш тизимининг динамик компенсаторларини узатиш функциялари қуйидаги кўринишга эга:

$$R_{KЮ}(p) = \frac{k_{ZЮ} e^{-p\tau_{ZЮ}}}{k_{УЮ} e^{-p\tau_{УЮ}}} = k_{\phi л} e^{-p(\tau_{ZЮ} - \tau_{УЮ})}, \quad (8)$$

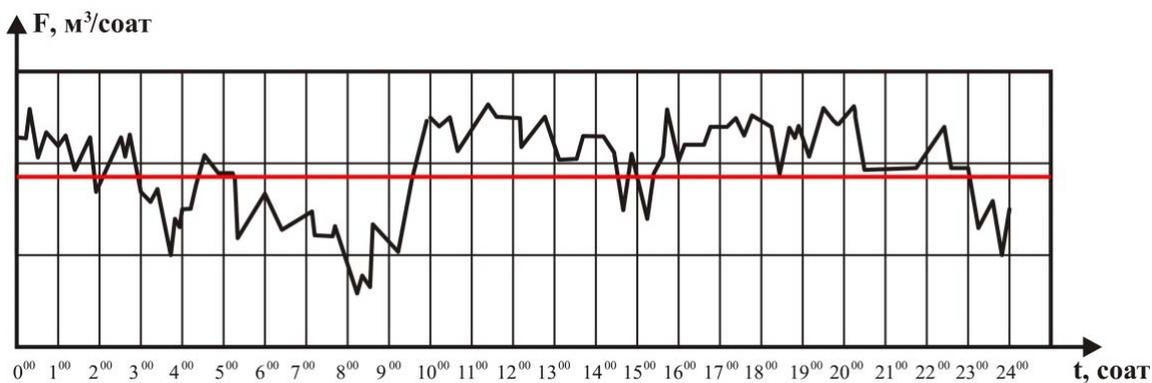
$$R_{KK}(p) = \frac{k_{ZK} e^{-p\tau_{ZK}}}{k_{УК} e^{-p\tau_{УК}}} = k_{к.б.} e^{-p(\tau_{ZK} - \tau_{УК})}. \quad (9)$$

бу ерда $k_{\phi л} = \frac{k_{ZЮ}}{k_{УЮ}}$; $k_{к.б.} = \frac{k_{ZK}}{k_{УК}}$.

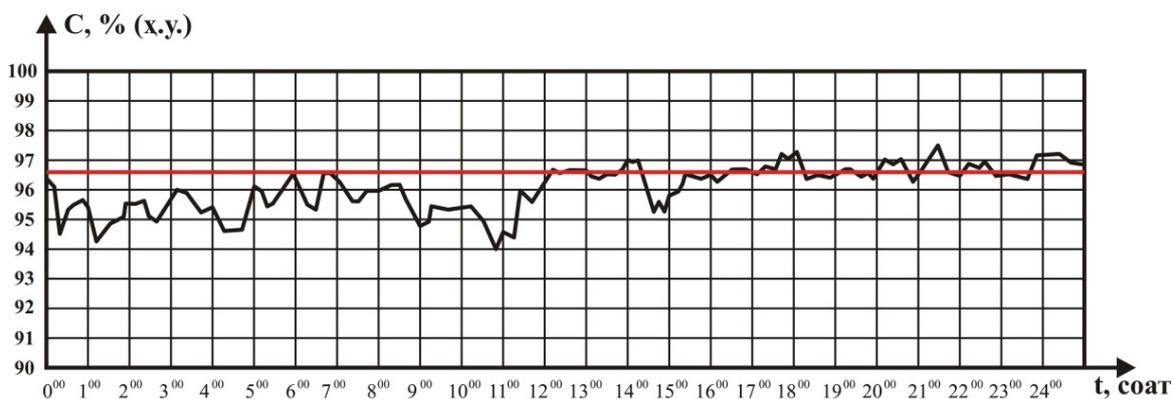


3-расм. Тадқиқот объектнинг ўтиш жараёни тавсифлари.

“Этанол-сув” аралашмаси мисолида саноат колоннасининг ишлаш шароити таҳлили, объект реал шароитларда таъминот аралашмаси сарфи ва таркиби бўйича лойиҳа режимига нисбатан 8–20 % фарқ билан ишлаши аниқланган (4- ва 5-расмлар).



4-расм. “Этанол-сув” аралашмаси сарфининг сутка давомида ўзгариши.



5-расм. Этанол концентрациясининг сутка давомида ўзгариши.

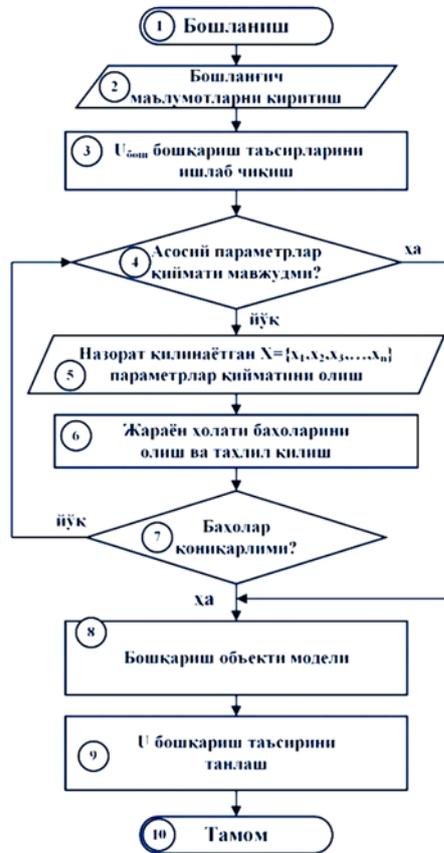
Диссертациянинг «Ажратиш колонналарини бошқаришни ноаниқ мантиқ асосида алгоритмлаш» номли учинчи бобида кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнини бошқаришнинг умумлашган алгоритми асосланган. Тегишлилик функцияларини жуфт-жуфт қилиб солиштириш усули билан аниқлаш услубияти баён қилинган ва кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини бошқаришнинг моделлари ноаниқ мантиқ асосида олинган.

Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнини бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган (6-расм). Алгоритм таркибида таҳлил қилиш ва бошқариш таъсири $U_{\text{бош}}$ ни башоратлаш блоклари мавжуд.

Ишлаб чиқилган алгоритмнинг бошланғич босқичи (2-блок) да кирувчи бошланғич аралашманинг бутун ҳажми таҳлил қилинган. Ажратиш жараёнининг белгиланган кўрсаткичлари назорат қилинган. Кириш ахборотларининг ўзгаришлари ҳақида олинган маълумотлар асосида ўлчанган ҳамда моделлар асосида башоратланган маълумотларни солиштириб, $U_{\text{бош}}$ бошқариш таъсирини танлаш амалга оширилган. Кейин бошқариш алгоритми даврий режимга ўтган ва натижада жараённинг барча ростланадиган катталиклари бўйича созлашлар амалга оширилган.

Ажратиш жараёнининг назорат қилинадиган параметрларини жорий ва

олдинги қийматларини ўлчаш натижаларини солиштириш 7-блокда амалга оширилган. Объектнинг технологик ўлчашлар ва жараён модели асосида олинган ҳолатлари таҳлил қилинган.

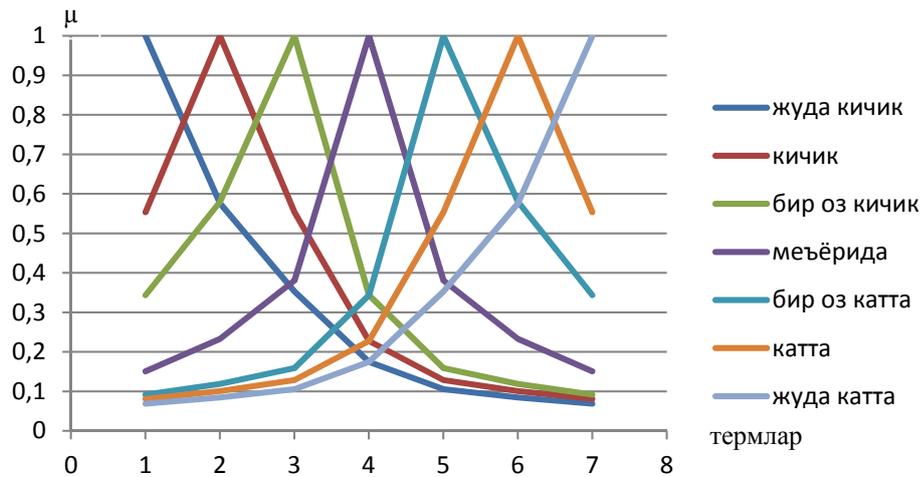


6-расм. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларини бошқариш алгоритми.

Маълумотларни 8-блокда таҳлил қилиш асосида (зарурат бўлганда) ўзгартиришлар киритилиши назарда тутилган. 9-блокда ростланадиган параметрлар учун бошқариш таъсири U нинг вектори ишлаб чиқилади, унда $X = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$. Бошқариш таъсири $U^{(n)} = U^{(n-1)} + \Delta U^{(n)}$ га тенг бўлиб, $U^{(n)}$ – n -қадамдаги бошқариш таъсири, $\Delta U^{(n)}$ – бошқариш таъсирининг ўзгариши. $U^{(n)}$ ўзидан олдинги қадамдаги бошқариш таъсири ва назорат қилинадиган параметрлар векторлари тўпламига боғлиқликни намоён этади: $U^{(n)} = F(U^{(n-1)}, X')$, унда X' – назорат қилинадиган X параметрлар векторининг массиви, яъни $X' = \{X^{(k)}, X^{(k+1)}, \dots, X^{(n)}\}$. Ахборотлар ўлчашларнинг чекланган сонидан тўпланиши мумкин бўлганлиги учун k ни l га тенг бўлиши мажбурий эмас деб олинган.

Колоннанинг таъминот ликопчаси ва юқори қисмлари ўртасидаги ҳароратлар фарқининг қийматини $10-11^\circ\text{C}$ (T_{11}) чегарасида тутиб туриш тавсия этилган. Тегишлилик функцияси қийматларини ҳисоблаш учун лингвистик ўзгарувчи $\langle \text{Ҳароратлар фарқи} - \Delta T, T_{11}, X_l \rangle$ кўринишида ёзилган, бу ерда $T_{11} = \{\text{«жуда кичик»}, \text{«кичик»}, \text{«бир оз кичик»}, \text{«меъёрида»}, \text{«бир оз катта»}, \text{«катта»}, \text{«жуда катта»}\}$, $X_l = \{-T_{11}, -(0,75 \cdot T_{11}), -(0,5 \cdot T_{11}), 0, (0,5 \cdot T_{11}), (0,75 \cdot T_{11}), T \cdot T_{11}\}$. Колоннанинг таъминот ликопчаси ва юқори қисми

ўртасида ҳароратлар фарқининг лингвистик ўзгарувчисини барча термлари учун олинган графиклари умумий ҳолда келтирилган (7-расм).



7-расм. <Хароратлар фарқи – ΔT , T_{11} , X_1 > лингвистик ўзгарувчили тегишлилик функциясининг графиклари.

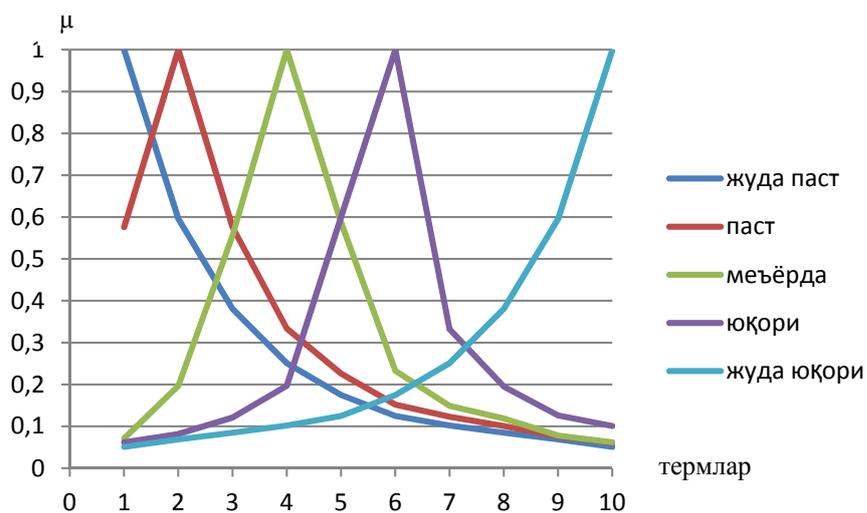
Ишда, шунингдек «Дистиллят концентрацияси» лингвистик ўзгарувчисининг тегишлилик функциялари ҳам шакллантирилган:

<«Дистиллят концентрацияси – C », C' , X_2 >,

бу ерда $C' = \{ \text{«жуда паст»}, \text{«паст»}, \text{«меъёрда»}, \text{«юқори»}, \text{«жуда юқори»} \}$;

$X_2 = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0\}$ (чиқаетган дистиллятнинг 96,6 % ҳажм улушидан оғиш фоизлари).

Тегишлилик функцияларининг қийматлари график кўринишда келтирилган (8-расм).



8-расм. «Дистиллят концентрацияси» нинг тегишлилик функциялари.

Ростлаш тизимининг ҳолатлари ўтишлар матрицалари орқали акс эттирилган бўлиб, унда терм-гўплам $S = \{ \text{«жуда кичик»}, \text{«кичик»}, \text{«меъёрда»}, \text{«юқори»}, \text{«жуда юқори»} \}$, $S = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$ билан ифодаланган.

Ўтишлар матрицалари ва таъсирлар вақтидаги юз бериши мумкин

бўлган ўзгаришлар қуйидагича келтирилган:

а) Кўп ошириш:

$$M_{C_{11}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 0 & 0,1 & 1 & 0,3 & 0 \\ C_2 & 0 & 0 & 0,1 & 1 & 0,3 \\ C_3 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 1 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

б) Ошириш:

$$M_{C_{12}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 0,1 & 1 & 0,2 & 0 & 0 \\ C_2 & 0 & 0,1 & 1 & 0,2 & 0 \\ C_3 & 0 & 0 & 0,1 & 1 & 0,2 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 1 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

в) Ўзгартирилмасин:

$$M_{C_{13}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ C_3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

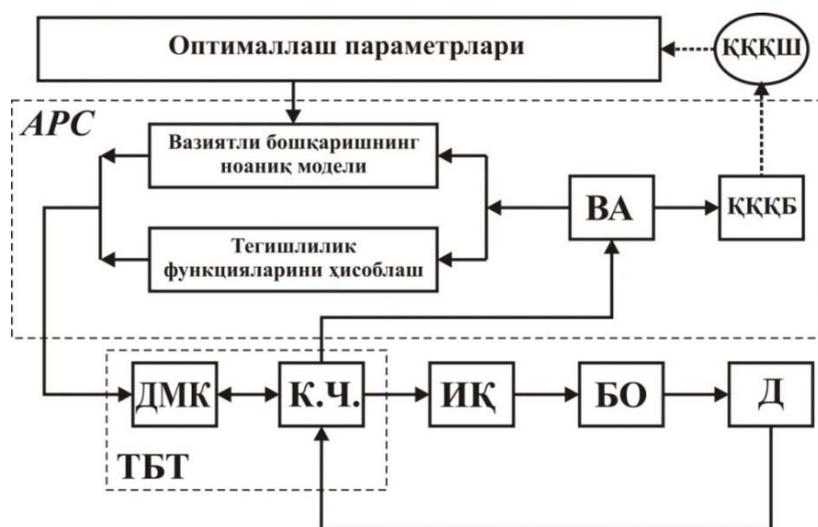
Вазиятли бошқариш усули ёрдамида қарор қабул қилишнинг ноаниқ моделлари асосида i -қадамда юзага келадиган бошқариш жараёни учун ноаниқ вазият модели ишлаб чиқилган:

$\bar{S}_i = \{ \langle \mu_1^1 / \text{“жуда паст”} \rangle, \langle \mu_2^1 / \text{“паст”} \rangle, \langle \mu_3^1 / \text{“меъёрда”} \rangle \} / \text{“бошланғич аралашма концентрацияси”} \}, \langle \mu_1^2 / \text{“жуда паст”} \rangle, \langle \mu_2^2 / \text{“паст”} \rangle, \langle \mu_3^2 / \text{“меъёрда”} \rangle, \langle \mu_4^2 / \text{“юқори”} \rangle, \langle \mu_5^2 / \text{“жуда юқори”} \rangle / \text{“ҳароратлар фарқи”} \}, \langle \mu_1^3 / \text{“жуда кичик”} \rangle, \langle \mu_2^3 / \text{“кичик”} \rangle, \langle \mu_3^3 / \text{“меъёрида”} \rangle, \langle \mu_4^3 / \text{“катта”} \rangle, \langle \mu_5^3 / \text{“жуда катта”} \rangle / \text{“флегма миқдори”} \} \}.$

Ишда ноаниқ эталон вазиятлар учун ишлаб чиқилган дастур асосида 75 та эталон вазиятлар шакллантирилган.

Диссертациянинг «**EXPERION PKS дастурий мажмуаси асосида ажратиш жараёнини такомиллаштирилган бошқариш тизими**» номли тўртинчи бобида ажратишнинг технологик жараёнлари учун APC-тизимларини ишлаб чиқишга бўлган ёндашув баён этилган.

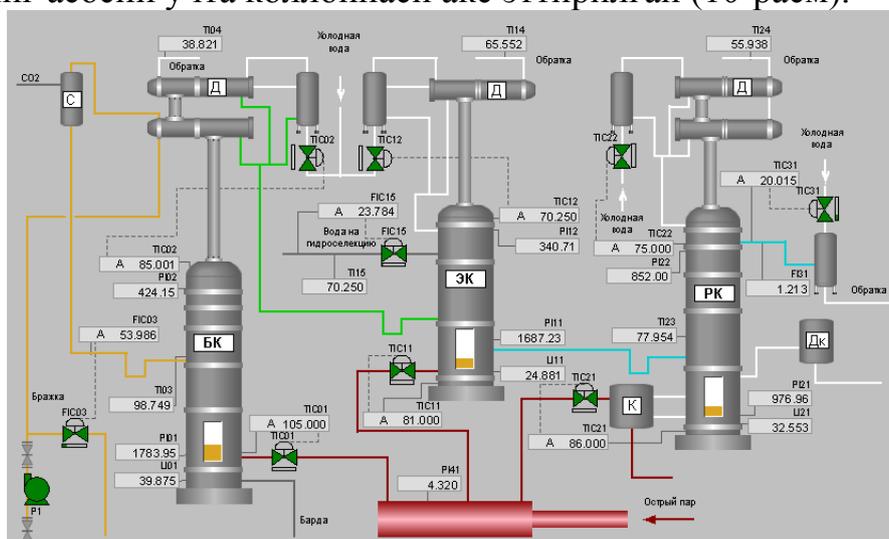
Ишда кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг мураккаб технологик жараёнини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимини янги тузилиш схемаси ишлаб чиқилган (9-расм).



9-расм. Ажратишнинг технологик жараёнларини такомиллаштирилган бошқариш тизими таркибий схемаси.

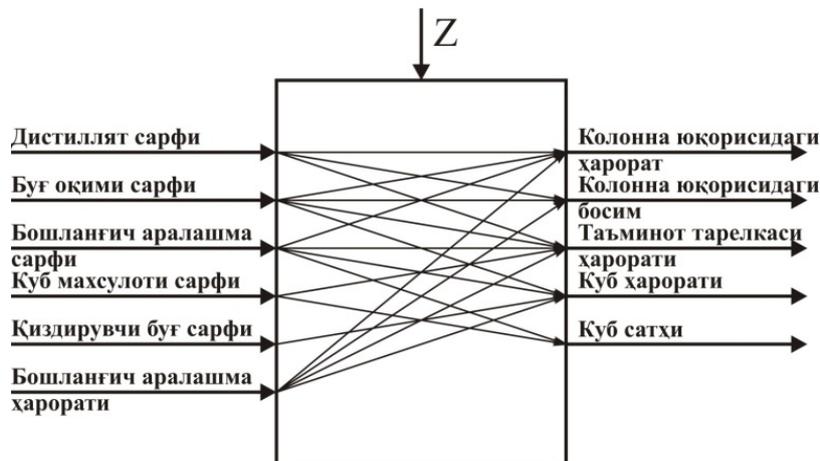
Таклиф этилган янги тузилиш схемасида иккита асосий ташкил этувчи қисмлар: бошқаришнинг такомиллаштирилган АРС-тизими ва тақсимланган бошқариш тизими (ТБТ) алоҳида ажратиб кўрсатилган. Тузилиш схемасида АРС – Advanced Process Control – такомиллаштирилган бошқариш жараёнлари, ТБТ – тақсимланган бошқариш тизими, ҚҚҚБ – қарор қабул қилувчи блок, ВА – виртуал анализатор, ҚҚҚШ – қарор қабул қилувчи шахс, Д – датчиклар (ўлчаш воситалари), ДМК – дастурланадиган мантиқий контроллер, К.Ч. – киритиш-чиқариш қурилмаси, БО – бошқариш объекти, ИҚ – ижро қурилмалари каби ташкилий элементлар ва уларнинг вазифалари келтирилган.

Кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг такомиллаштирилган бошқариш тизими схемасига асосан, ажратиш жараёнини компьютерли моделлаштириш ва бошқариш тизими ишлаб чиқилган. Унда ажратиш жараёнининг асосий учта коллоннаси акс эттирилган (10-расм).



10-расм. Брагоректификация қурилмаларининг мнемосхемаси.

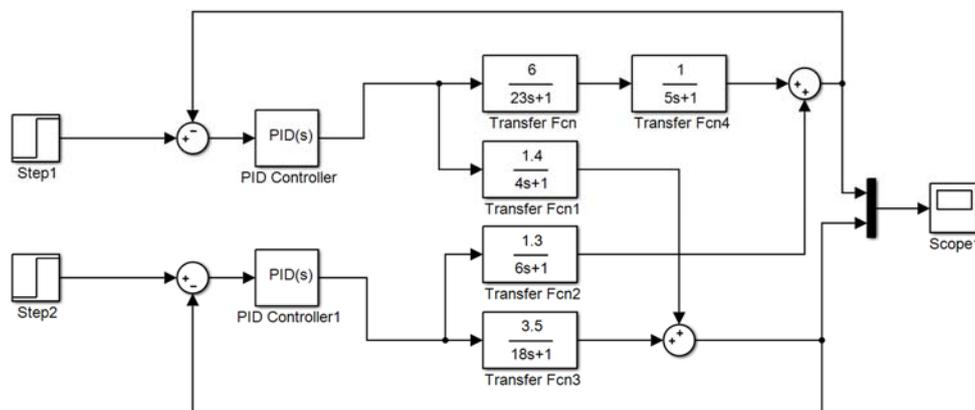
Келтирилган мнемосхемадаги ажратиш қурилмаларидан энг асосийси сифатида ректификациялаш колоннаси кўрсатилиб, унинг ахборотли схемаси тузилган (11-расм).



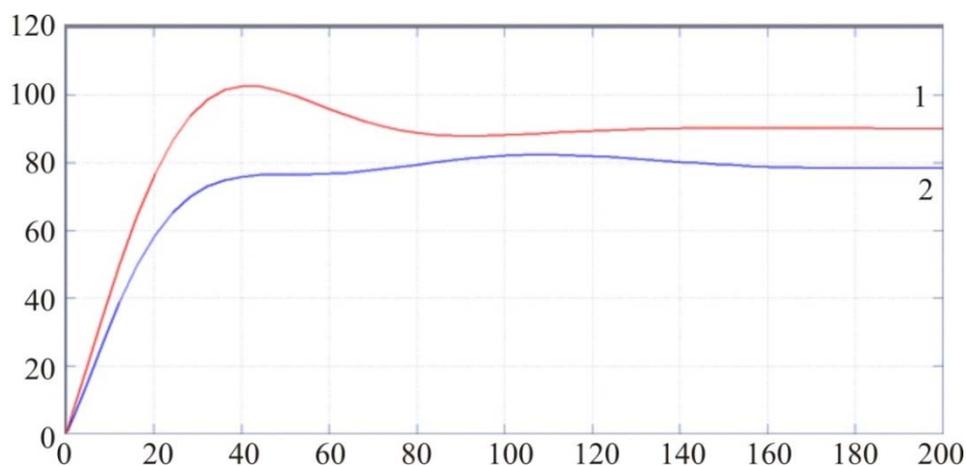
11-расм. Ректификация колоннасининг ахборотли схемаси.

Ректификациялаш колоннаси учун тузилган ахборотли схемада кўрсатилган Z ғалаён таъсирлари таркибига бошланғич аралашма концентрацияси, совуқ агент сарфи ва ҳарорати, дистиллят сатҳи, буғ ҳарорати ва босими, иссиқлик ташувчи ва таъминот аралашмаси оқимларининг солиштирама иссиқлик сиғимлари, куб маҳсулоти зичлиги, куб суюқлигининг солиштирама буғланиш иссиқлиги ва оқимларнинг моляр таркиби каби кўплаб омиллар киритилган.

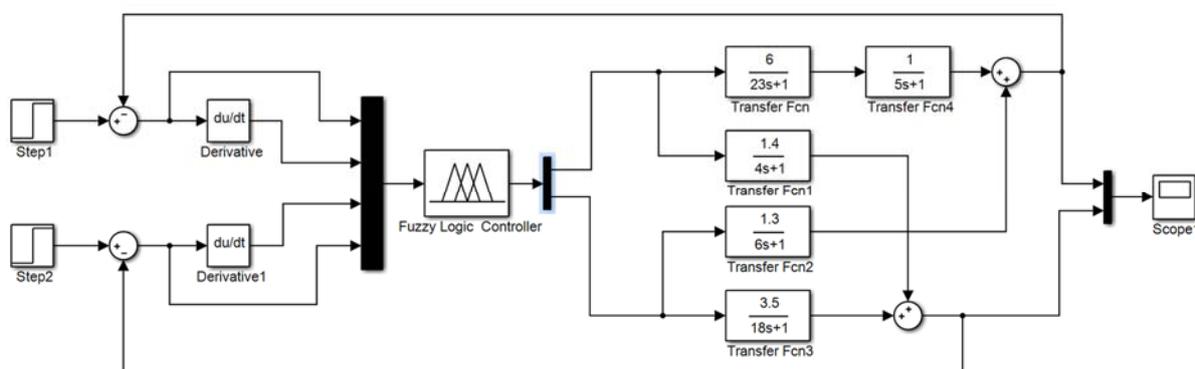
Кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг мураккаб технологик жараёнини бошқариш учун таклиф этилган тизимнинг турғунлигини баҳолаш мақсадида оддий ПИД-ростлагичлар (13-расм) ва ноаниқ мантиқий ПИД-ростлагич (15-расм) ёрдамида ажратиш колоннасининг таъминот ликопчаси ва колонна юқори соҳасидаги ҳароратларни ростлашдаги ўтиш жараёнлари тавсифлари олинган.



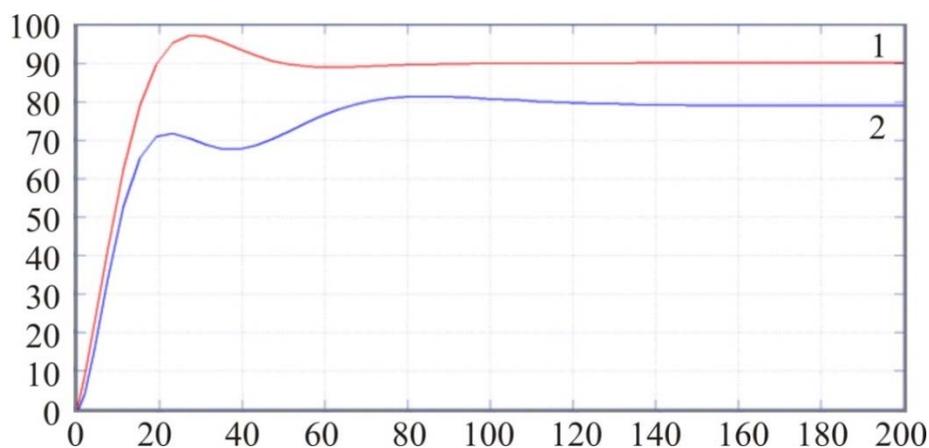
12-расм. ПИД-ростлагичли ростлаш тизимининг тузилиш схемаси.



13-расм. Таъминот ликопчасидаги ҳарорат (1) ва колонна юқори соҳасидаги ҳарорат (2) ларни оддий ПИД-ростлагичлар ёрдамида ростлашдаги ўтиш жараёнлари тавсифлари.



14-расм. Ноаниқ мантиқий ПИД-ростлагичли ростлаш тизимининг тузилиш схемаси.



15-расм. Таъминот ликопчасидаги ҳарорат (1) ва колонна юқори соҳасидаги ҳарорат (2) ларни ноаниқ мантиқий ПИД-ростлагичлар ёрдамида ростлашдаги ўтиш жараёнлари тавсифлари.

Ишда келтирилган 13- ва 15-расмлардаги ўтиш жараёни тавсифларини

солиштириш асосида ноаниқ мантиқий ПИД-ростлагич ёрдамида амалга ошириладиган ростлаш тизимларининг ростлаш вақти оддий ПИД-ростлагичли тизимларникига қараганда 20 секундга қисқароқ эканлиги кўрсатилган.

ХУЛОСА

Кўп компонентли аралашмаларни ажратишнинг технологик жараёнларини такомиллаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқишни тадқиқ қилиш натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати таҳлил қилинган ва уларни келгусида ривожлантириш ва такомиллаштириш тенденциялари аниқланган.

2. Ажратиш колонналарини бошқариш объекти сифатида тадқиқ қилишда колонна таъминот ликопчаси ва юқори соҳаси ўртасидаги ҳароратлар фарқининг қиймати ёрдамида маҳсулотнинг сифат кўрсаткичларини ростлаш учун колонна таъминот ликопчаси ва юқори соҳаси ўртасидаги ҳароратлар фарқининг қийматини 10-11 °С оралиғида тутиб туриш мақсадга мувофиқлиги аниқланган.

3. Ажратиш колонналарини бошқариш учун таклиф этилган инвариант тизим ва жараён ҳолатини мантиқий таҳлил қилишдан фойдаланиш, ноаниқ ростлагичнинг созлаш параметрларига тузатмалар киритиш ва энергия истеъмолини қисқартириш имконини беради.

4. Ажратиш жараёнларининг ростланадиган параметрларини жуфт-жуфт қилиб солиштириш усули асосида аниқланган тегишлилик функциялари жараёни бошқаришда ноаниқ ростлагичларнинг параметрларини созлаш имкониятларини беради.

5. Ажратиш жараёнларини бошқаришдаги ноаниқ ҳолатларда лингвистик ўзгарувчиларнинг ноаниқ моделларини қўллаганда оптимал қарорлар қабул қилиш ва ноаниқ вазиятлар рўйхатини шакллантириш имкониятлари кўрсатилган.

6. Таклиф этилган моделлар технологик жараённинг ўлчанаётган параметрлари бўйича сифат кўрсаткичларини тезкор аниқлаш ва башоратлаш имконини беради ҳамда тайёр маҳсулот сифатини бошқариш имкониятини таъминлайди.

7. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш жараёнининг башоратловчи моделлари асосида, ғалаёнлантирувчи халақитларни операторга нисбатан тез ва юмшоқ бартараф этиб, қурилмаларни бошқариш имконини берадиган такомиллаштирилган бошқариш тизимининг янги тузилиши таклиф этилган.

8. Кўп компонентли аралашмаларни ажратишни моделлаштириш ва бошқаришнинг, брагоректификация қурилмаларининг оптимал иш режимларини танлаш ва тутиб туриш ҳамда уларнинг иш режимларини бир режимдан бошқасига тезкор ўтишини таъминловчи компьютерли мажмуаси ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.03.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АВАЗОВ ЮСУФ ШОДИЕВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ**

**05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами**

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.4.PhD/T512.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель: **Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович**
доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты: **Исмаилов Мирхалил Агзамович**
доктор технических наук, профессор

Каипбергенов Батирбек Тулепбергенович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **ООО «Ximavtomatika»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 года в ___ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете по адресу: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 43). Адрес: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2018 года.
(реестр протокола рассылки № ___ от «___» _____ 2018 года).

Ф.Т.Адилов
заместитель председателя Научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ж.У.Севинов
ученый секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, к.т.н., доцент

Х.З.Игамбердиев
председатель Научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в последнее время в области автоматизации технологических процессов и производств особое внимание уделяется концепции усовершенствованного управления (Advanced Process Control – APC) сложными технологическими и техническими системами, получившей поддержку передовых стран. «Сегодня APC-решения в нефтепереработке, нефтехимии, производстве минеральных удобрений, металлургии, нефте- и газодобыче, тепловой энергетике, на производстве целлюлозы, в пищевой и автомобильной промышленности»¹ занимают ведущие позиции. В этой связи, в развитых странах особой задачей является реализация специализированного программного обеспечения, воплощающая стратегию оптимального управления технологической установкой при минимальном вмешательстве операторов и реализуемое средствами многомерного управления на основе прогнозирующей модели исследуемого объекта с помощью APC-систем усовершенствованного управления.

В мире осуществляются научные исследования, направленные на повышение качества управления технологическими процессами разделения сложных смесей. В этой связи, особое значение уделяется разработке: оперативной системы автоматизации по показателям качества продукта, модели динамики процесса разделения, алгоритмов управления процессом на основе методов нечеткой логики и нечеткого ситуационного управления, системы усовершенствованного управления (APC – Advanced Process Control) процессами разделения.

В настоящее время в Республике уделяя большое внимание направлениям автоматизации и управления технологическими процессами и производствами науки и техники, в том числе уделяется внимание созданию систем усовершенствованного управления, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при автоматизации и управлении технологическими процессами разделения смесей. В Стратегии по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы обозначены задачи, в том числе: «... сокращения энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий, повышения производительности труда в отраслях экономики»². Для решения этих задач одним из важных вопросов является синтез и реализация высокоэффективных интеллектуальных систем управления сложными тепло- и массообменными технологическими процессами на основе многомерных логических регуляторов с компенсацией взаимного влияния контуров регулирования.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики

¹ Журнал «Автоматизация в промышленности», 2013, № 1. (www.researchgate.net/publication/281148781)

² Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы» УП–4947 от 7 февраля 2017 года.

Узбекистан № УП–4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года и Постановлениям Президента Республики Узбекистан № ПП–3151 «О мерах по дальнейшему расширению участия отраслей и сфер экономики в повышении качества подготовки специалистов с высшим образованием» от 27 июля 2017 года, № ПП–3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов» от 27 апреля 2018 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В рамках мировых исследований по разработке высокоэффективных систем контроля и управления сложными технологическими процессами разделения большой вклад внесли следующие ведущие научные центры и высшие образовательные учреждения мира: “Honeywell”, SIMSCI-Simulation и University of California, Massachusetts Institute of Technology (США), “Siemens” и University of Münster (Германия), Imperial College London (Великобритания), Shell Global Solution (Великобритания-Голландия), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), “Alstom” (Франция), “Simatek-Energo” (Беларусь), Российский химико-технологический университет (Россия), а также такие зарубежные ученые, как R.A.Aliev, S.Skogestad, W.L.Luyben, Koichi Asano, C.P.Almeida-Rivera, В.В.Кафаров, В.П.Мешалкин, А.И.Бояринов, В.Л.Перов, В.С.Балакирев, В.А.Шестопалов, Т.Н.Гартман, М.Глебов, М.Л.Мандельштей, Л.А.Аксельрод, В.Р.Сатановский, Г.С.Тринчук и др.

Весомый вклад в решение научных проблем математического моделирования и оптимизации разделительных процессов в нашей республике внесли такие ученые, как Н.Р.Юсупбеков, Ш.М.Гулямов, Д.П.Мухитдинов, С.Г.Закиров, Т.Ф.Бекмурадов, М.А.Исмаилов, Ш.Н.Нуритдинов, У.В.Маннанов и др.

Однако в последние годы существенно осложнились процессы разделения, требующие создания системы усовершенствованного управления. Вместе с тем не уделяется достаточного внимания созданию высокоэффективных систем управления, полноценно использующих возможности применения современного аппарата нечеткой логики и мягких вычислений.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета: Ф-7-47 – «Теоретические основы процессов

разделения многокомпонентных смесей» (2012–2016); ОТ-Ф7-88 – «Совершенствование теоретических основ перспективных энерго- и ресурсосберегающих тепломассообменных процессов сложных химико-технологических систем получения чистых продуктов» (2017–2020).

Цель исследования состоит в разработке систем усовершенствованного управления сложными технологическими процессами разделения многокомпонентных смесей.

Задачи исследования:

построение математической модели динамики процесса разделения многокомпонентных смесей;

разработка алгоритмов программно-логического управления технологическими режимами функционирования разделительных колонн;

моделирование процесса разделения многокомпонентных смесей на основе методов нечёткой логики;

построение алгоритма ситуационного управления на базе нечётких моделей принятия решений;

разработка системы усовершенствованного управления процессом разделения (на примере брогоректификационной установки).

Объектом исследования являются сложные тепло- и массообменные процессы разделения многокомпонентных смесей.

Предмет исследования составляют методы и алгоритмы усовершенствованного управления сложными технологическими процессами и производствами.

Методы исследований. В процессе исследования использованы методы системного анализа, современной теории автоматического управления, методы нечёткой логики, теории искусственного интеллекта, методы аналитических расчётов, моделирования и оптимизации технологических процессов и производств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

для управления объектом реализован подход, формализующийся в виде нечеткой продукционной системы;

разработана динамическая модель отдельных секций разделительных колонн, положенная в основу расчета параметров инвариантной системы управления;

разработан алгоритм программно-логического управления режимами работы разделительных колонн по показателям качества конечной продукции;

разработан алгоритм оперативного автоматизированного управления колонной разделения на основе арсенала методов нечеткой логики;

на основе нечетко-множественных представлений предложен метод ситуационного управления процессами разделения многокомпонентных смесей;

разработана АРС-система усовершенствованного управления брагоректификационной установкой в производстве этилового спирта.

Практические результаты исследования заключается в следующем:
разработана функциональная схема инвариантной системы управления процессом разделения многокомпонентных смесей;

разработано программное обеспечение, позволяющее вырабатывать рекомендации для оператора при усовершенствованном управлении;

на основе нечеткой логики разработан алгоритм управления процессом разделения;

разработана обладающая совершенно новой структурой усовершенствованного управления сложными технологическими процессами разделения;

для системы регулирования основных параметров разделительной установки разработана в среде Matlab модель нечеткого ПИД-регулятора.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается разработкой системы усовершенствованного управления процессами разделения многокомпонентных смесей на основе нечеткой логики и ситуационного управления, кроме того согласованностью итогов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов и средств, а также положительными результатами опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке математической модели процесса ректификации и синтезе на базе нечетко-множественных представлений системы усовершенствованного управления сложными технологическими процессами разделения многокомпонентных смесей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что применение разработанной системы усовершенствованного управления, методов, алгоритмов и модели управления для автоматизированного управления брагоректификационной установкой при управлении разделительными колоннами в химической, нефтехимической и пищевой промышленности приводит к сокращению энерго- и ресурсопотребления на 5–10 %.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по построению системы усовершенствованного управления брагоректификационной колонной и оптимизации режимов её работы внедрены:

программно-логический алгоритм управления режимами работы разделительных колонн многокомпонентных смесей на АО «ВЮКИМУ» в городе Янгиюль (Справка АО «Узшаробсаноат» № ТУ-1083 от 16 апреля 2018 года). В результате достигнуто улучшение качества управления процессом;

алгоритм управления разделительной колонны на основе нечеткой логики на АО «ВЮКИМУ» в городе Янгиюль (Справка

АО «Узшаробсаноат» № ТУ-1083 от 16 апреля 2018 года). В результате достигнуто усовершенствование системы управления процессами разделения многокомпонентных смесей;

метод ситуационного управления процессами разделения многокомпонентных смесей на основе нечетких множеств на АО «ВЮКИМУ» в городе Янгиюль (Справка АО «Узшаробсаноат» № ТУ-1083 от 16 апреля 2018 года). Результаты научно-исследовательской работы позволяют сократить энерго- и ресурсопотребление на 5–10 % в системах усовершенствованного управления процессами разделения многокомпонентных смесей.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования апробированы на 9 международных и 1 республиканской научных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликованы 23 научные работы, в том числе 1 монография, 11 статей в журналах, рекомендованных ВАК РУз., в том числе 5 за рубежом, получены 2 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 123 страницы машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «**Современное состояние теории и практике усовершенствованного управления процессами разделения многокомпонентных смесей**» с критических позиций проведен анализ современного состояния решаемой научно-технической задачи. Дана трактовка общепринятых методов и структур систем управления сложными процессами разделения многокомпонентных смесей промышленных производств и показаны причины нарушения режимов стабилизации в системах управления. Изложены основные задачи усовершенствованного управления тепло- и массообменными процессами разделения многокомпонентных смесей. Обоснована возможность уменьшения степени многомерности и многосвязности методом декомпозиции процесса разделения в ректификационных установках, что способствует решению задачи моделирования разделительных процессов. Показано, что при

рассмотрении аппаратов ректификации многокомпонентных смесей в качестве последовательно соединенных составляющих разомкнутой системы управления на основе управляющих ими локальных систем можно обеспечить устойчивость системы управления этим процессом. Показано, что благодаря оценке качества системы управления процессом ректификации по концентрации получаемых продуктов, в качестве самого хорошо регулируемого параметра целесообразно принять параметры, отражающие состояние в верхней и нижней частях колонны. Сформулированы принципы повышения эффективности систем управления и обеспечения высокого качества готовой продукции.

Во второй главе «**Математическое моделирование и разработка системы управления технологическим процессом производства этилового спирта**» изложены методы математического моделирования и реализации систем управления процессами ректификации многокомпонентных смесей. Приведены математическое описание процесса ректификации многокомпонентных смесей и получены динамические модели работы отдельных секций типовой ректификационной колонны и на этой основе выполнен структурно-параметрический синтез инвариантной системы управления.

При расчёте корректирующих воздействий в инвариантных системах регулирования верха и низа колонны необходимо учитывать возмущения на объект и динамические свойства каналов управления. Для этого выведена приближённая динамическая модель ректификационной установки, параметры которой рассчитываются на стадии проектирования по конструктивным и режимным параметрам колонны.

Уравнения материального баланса i -ой тарелки имеют вид (структурная схема приведена на рисунке 1):

$$M_i \frac{dC_i}{dt} = F_{\phi n} (C_{i+1} - C_i) + F_{\Pi} (C_{i-1}^{\Pi} - C_i^{\Pi}), \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$C_i^{\Pi} = f(C_i) \cong \alpha_i + \beta_i C_i \quad (2)$$

где β_i – коэффициент массоотдачи i -й тарелки; M_i – масса жидкости на i -й тарелке; C_i – концентрация жидкости на i -й тарелке; C_i^{Π} – концентрация пара на i -й тарелке; F_{Π} – расход пара; $F_{\phi n}$ – расход флегмы.

Линеаризованная модель i -й тарелки имеет следующий вид:

$$M_i \frac{d\Delta C_i}{dt} = F_{\phi n} (\Delta C_{i+1} - \Delta C_i) + F_{\Pi} (\beta_{i-1} \Delta C_{i-1} - \beta_i \Delta C_i), \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$T_i \frac{d\Delta C_i}{dt} + \Delta C_i = k_{i-1} \Delta C_{i-1} + k_{i+1} \Delta C_{i+1}, \quad (4)$$

где: $T_i = \frac{M_i}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\Pi}}$, $k_{i+1} = \frac{F_{\Pi} \beta_{i-1}}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\Pi}}$, $k_{i-1} = \frac{F_{\Pi}}{F_{\phi n} + \beta_i F_{\Pi}}$.

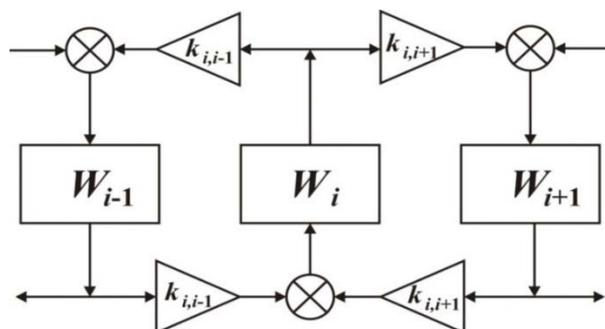


Рисунок 1. Структурная схема потарельчатой модели разделительной колонны.

В работе общая структура ректификационной колонны (рисунок 2) предлагается в виде системы следующих модулей: куб и кипятильник колонны W_0 , нижняя тарельчатая часть колонны W_n , верхняя тарельчатая часть колонны W_B и дефлегматор со сборником флегмы W_{n+1} , тарелка питания W_f .

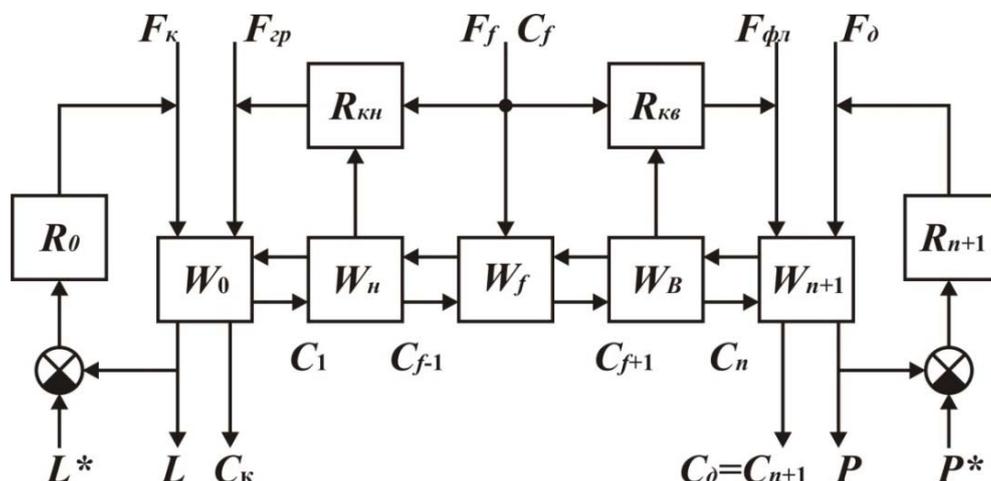


Рисунок 2. Структурная схема системы управления ректификационной колонной: R_{KB}, R_{KH} – динамические компенсаторы; R_{n+1} – регулятор давления; R_0 – регулятор уровня кубовой жидкости; T_B, T_H – температура в колонне; P^* – заданное давление; L^* – заданный уровень.

Построение математической модели массообменной части колонны выполнено путём формализации объекта в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка, отражающей процесс изменения состава жидкой фазы на каждой тарелке, как самой медленной составляющей при массообмене между паровой и жидкой фазами. Приближённая модель тарельчатой секции из m – тарелок принимается в виде звена второго порядка с запаздыванием; её передаточная функция имеет вид:

$$W_m(p) = \frac{k_m e^{p\tau_m}}{(Tp + 1)^2}, \quad (5)$$

где T – средняя по колонне постоянная времени одной тарелки.

Проведена аппроксимация кривых переходных процессов для секции из двадцати тарелок (рисунок 3).

Условия инвариантности системы к возмущению Z :

$$y_{BZ} = Z(p) \frac{1}{(Tp + 1)^2} \left(k_{ZB} e^{-p\tau_{ZB}} - k_{UB} e^{-p\tau_{UB}} R_{KB} \right) = 0, \quad (6)$$

$$y_{HZ} = Z(p) \frac{1}{(Tp + 1)^2} \left(k_{ZH} e^{-p\tau_{ZH}} - k_{UH} e^{-p\tau_{UH}} R_{KH} \right) = 0. \quad (7)$$

Передаточные функции для динамических компенсаторов разомкнутой инвариантной системы управления имеют вид:

$$R_{KB}(p) = \frac{k_{ZB} e^{-p\tau_{ZB}}}{k_{UB} e^{-p\tau_{UB}}} = k_{\phi\lambda} e^{-p(\tau_{ZB} - \tau_{UB})}, \quad (8)$$

$$R_{KH}(p) = \frac{k_{ZH} e^{-p\tau_{ZH}}}{k_{UH} e^{-p\tau_{UH}}} = k_{\epsilon p} e^{-p(\tau_{ZH} - \tau_{UH})}. \quad (9)$$

где $k_{\phi\lambda} = \frac{k_{ZB}}{k_{UB}}$; $k_{\epsilon p} = \frac{k_{ZH}}{k_{UH}}$.

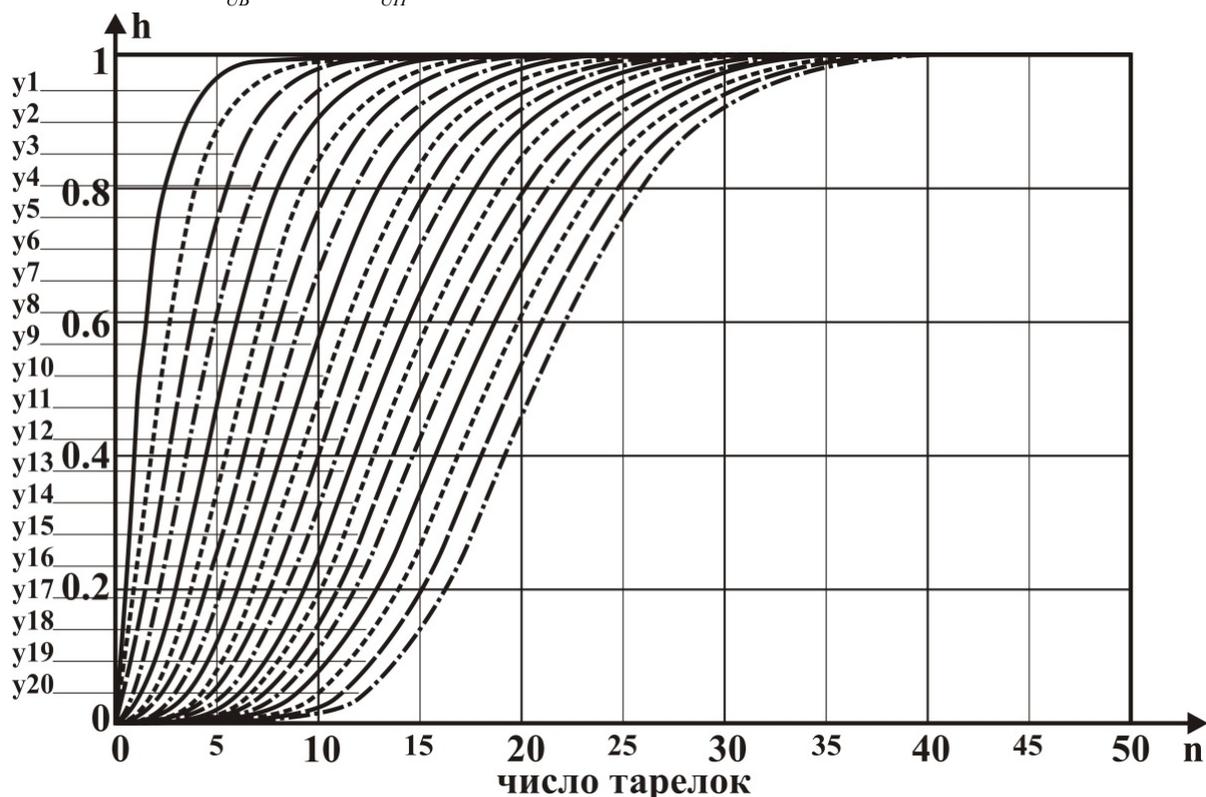


Рисунок 3. Кривые разгона объекта исследования.

Анализ условий работы промышленных колонн на примере системы «этанол-вода» показал, что в реальных условиях объект работает с переменной нагрузкой по расходу и составу питания в пределах 8–20 % от проектного режима (рисунки 4 и 5).

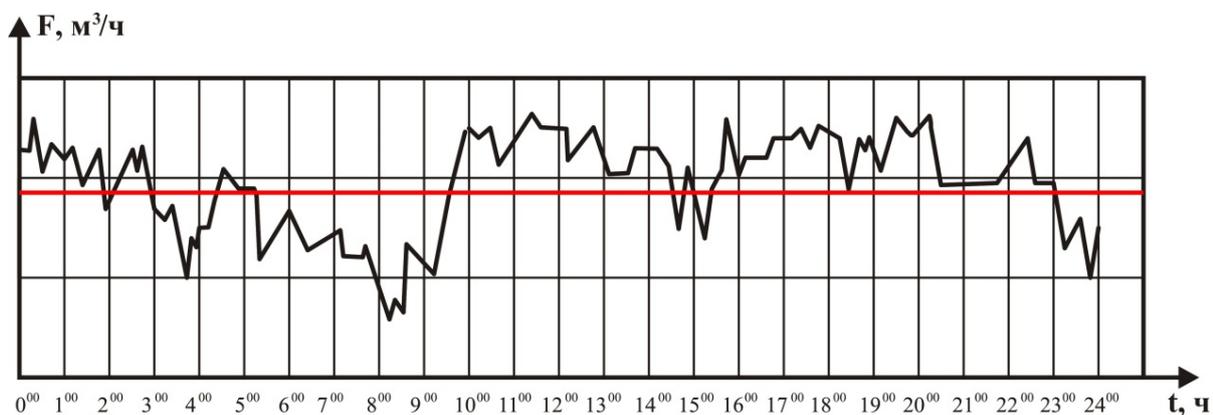


Рисунок 4. Изменение расхода питания смеси «этанол-вода» в течение суток.

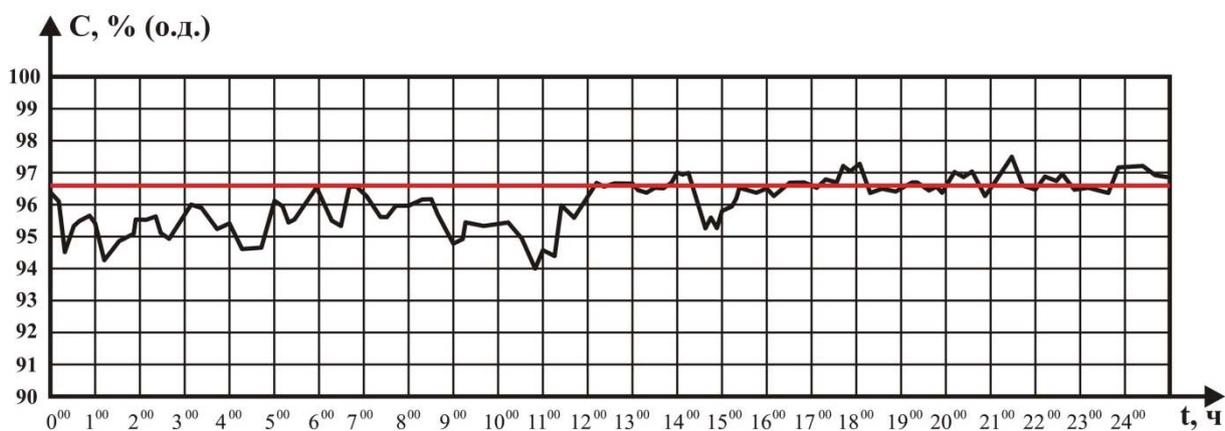


Рисунок 5. Изменение концентрации этанола в течение суток.

В третьей главе диссертации **«Алгоритмизация управления разделительной колонной на основе нечеткой логики»** обоснован обобщенный алгоритм управления процессом разделения многокомпонентных смесей. Изложена методика определения функции принадлежности методом попарных сравнений и получены модели управления процессом ректификации многокомпонентных смесей на основе нечеткой логики.

Разработан алгоритм управления процессами разделения многокомпонентных смесей (рисунок 6). В его состав входят блок анализа и блок прогнозирования управляющего воздействия $U_{нач}$.

В представленной блок-схеме на начальном этапе (блок 2) анализируется весь объем входящий исходной информации. Контролируются регламентные показатели всего процесса разделения. На основе полученных данных об изменении входной информации путем сравнения измеренных и предсказанных на основе модели данных осуществляется выбор управляющего воздействия $U_{нач}$. Затем алгоритм управления переходит в циклический режим работы, в результате которого осуществляется настройка всех регулируемых величин процесса.

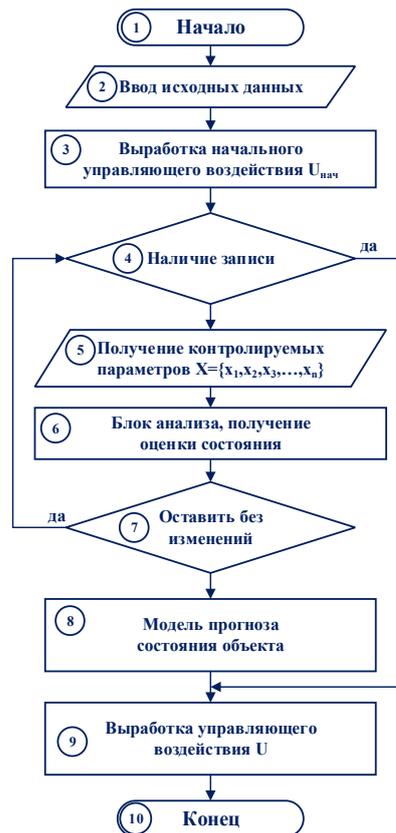


Рисунок 6. Алгоритм управления процессами разделения многокомпонентных смесей.

В блоке 7 осуществляется сравнение результатов измерения текущих и предыдущих значений контролируемых параметров процесса разделения. Анализируется состояние объекта, полученное на основе технологических измерений и на основе модели процесса. На основании данных анализа в блоке 8 (в случае необходимости) осуществляется внесение изменений. В блоке 9 для регулируемых параметров вырабатывается вектор управляющего воздействия U . Здесь $X = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$. Управляющий вектор равен $U^{(n)} = U^{(n-1)} + \Delta U^{(n)}$, где $U^{(n)}$ – управление на шаге n , $\Delta U^{(n)}$ – изменение управления. $U^{(n)}$ представляет собой зависимость от предыдущего управления и набора векторов контролируемых параметров на предыдущих шагах: $U^{(n)} = F(U^{(n-1)}, X')$, где X' – массив векторов контролируемых параметров X , т.е. $X' = \{X^{(k)}, X^{(k+1)}, \dots, X^{(n)}\}$. Информация может собираться за ограниченное число измерений, поэтому k не обязательно равно 1.

Рекомендуется поддерживать регламентные значения перепада температуры между тарелками питания и верха колонны в пределах $10-11^\circ\text{C}$ (T_{11}). Для расчёта значений функции принадлежности можно записать лингвистическую переменную в виде $\langle \text{Перепад температуры} - \Delta T, T_{11}, X_1 \rangle$, где $T_{11} = \{\text{«намного меньше»}, \text{«меньше»}, \text{«немного меньше»}, \text{«в норме»}, \text{«немного больше»}, \text{«больше»}, \text{«намного больше»}\}$, $X_1 = \{-T_{11}, -(0,75 \cdot T_{11}), -(0,5 \cdot T_{11}), 0, (0,5 \cdot T_{11}), (0,75 \cdot T_{11}), T \cdot T_{11}\}$. На рисунке 7 приведен совмещенный график для всех функций принадлежности лингвистической переменной

перепада температуры между тарелкой питания и верхом колонны.

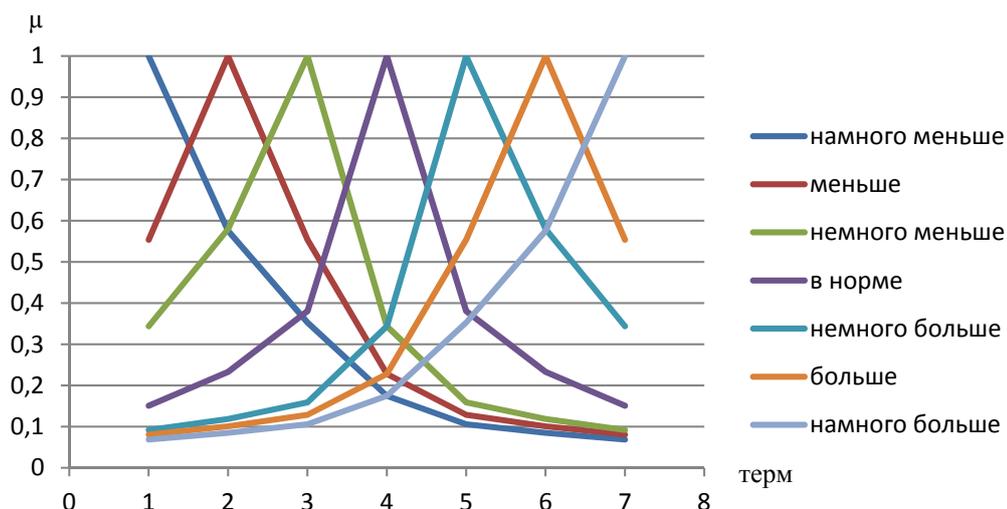


Рисунок 7. Графики функции принадлежности лингвистической переменной $\langle \text{Перепад температуры} - \Delta T, T_{11}, X_1 \rangle$.

В работе, кроме того, сформированы функции принадлежности лингвистической переменной «Концентрация дистиллята»:

$\langle \text{«Концентрация дистиллята} - C \rangle, C', X_2 \rangle$,

где $C' = \{ \text{«концентрация слишком низкая»}, \text{«концентрация низкая»}, \text{«концентрация в норме»}, \text{«концентрация высокая»}, \text{«концентрация слишком высокая»} \}$;

$X_2 = \{ 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 \}$ (отклонение процентов об.доли от концентрации выходного дистиллята 96,6 % об.доли).

Значения функции принадлежности представлены в графическом виде (рисунок 8).

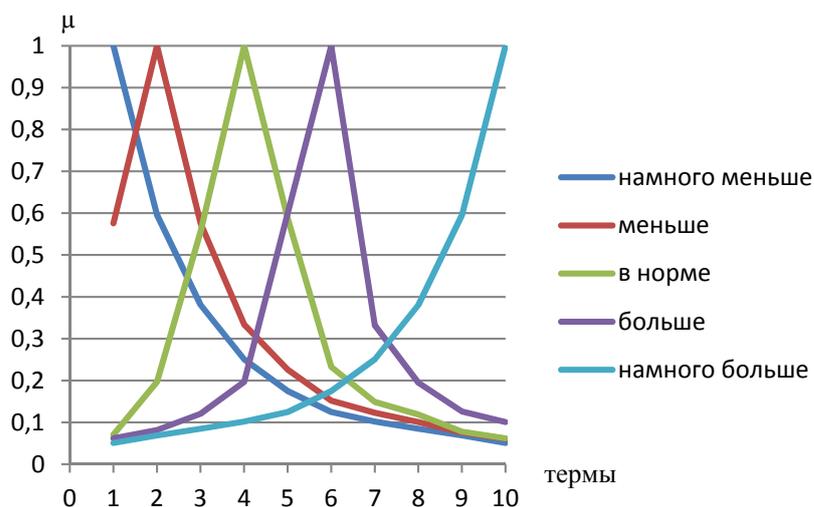


Рисунок 8. Функции принадлежности «Концентрация дистиллята».

Состояние системы регулирования представлено в виде матрицы переходов; здесь терм-множество $C = \{ \text{«слишком низкая»}, \text{«низкая»}, \text{«в норме»} \}$ обозначается набором $C = \{ C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 \}$.

Матрицы переходов и возможные переходы при воздействии представлены следующим образом:

а) Значительно увеличить

$$M_{C_{11}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 0 & 0,1 & 1 & 0,3 & 0 \\ C_2 & 0 & 0 & 0,1 & 1 & 0,3 \\ C_3 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 1 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

б) Увеличить

$$M_{C_{12}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 0,1 & 1 & 0,2 & 0 & 0 \\ C_2 & 0 & 0,1 & 1 & 0,2 & 0 \\ C_3 & 0 & 0 & 0,1 & 1 & 0,2 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 1 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

в) Не изменять

$$M_{C_{13}} = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ C_3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ C_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

С помощью метода ситуационного управления на базе нечеткой модели принятия решений изучена нечеткая ситуация процесса управления, которая может возникнуть на i -ом шаге:

$\bar{S}_i = \{ \langle \langle \mu_1^1 / \text{«слишком низкая»} \rangle, \langle \mu_2^1 / \text{«низкая»} \rangle, \langle \mu_3^1 / \text{«в норме»} \rangle \rangle / \text{«концентрация исходной смеси»} \rangle, \langle \langle \mu_1^2 / \text{«слишком низкая»} \rangle, \langle \mu_2^2 / \text{«низкая»} \rangle, \langle \mu_3^2 / \text{« в норме»} \rangle, \langle \mu_4^2 / \text{«высокая»} \rangle, \langle \mu_5^2 / \text{«слишком высокая»} \rangle \rangle / \text{«перепада температуры»} \rangle, \langle \langle \mu_1^3 / \text{«слишком низкая»} \rangle, \langle \mu_2^3 / \text{«низкая»} \rangle, \langle \mu_3^3 / \text{«в норме»} \rangle, \langle \mu_4^3 / \text{«высокая»} \rangle, \langle \mu_5^3 / \text{«слишком высокая»} \rangle \rangle / \text{«количество флегмы»} \rangle \rangle \}.$

В работе с помощью разработанных программ нечетких эталонных ситуаций сформировано 75 эталонных ситуаций.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной **«Система усовершенствованного управления процессом брагоректификации на базе программно-аппаратного комплекса EXPERION PKS»**, изложен подход к разработке АРС-системы для технологических процессов разделения.

В работе разработана новая структурная схема АРС-системы усовершенствованного управления технологическими процессами

разделения многокомпонентных смесей (рисунок 9).

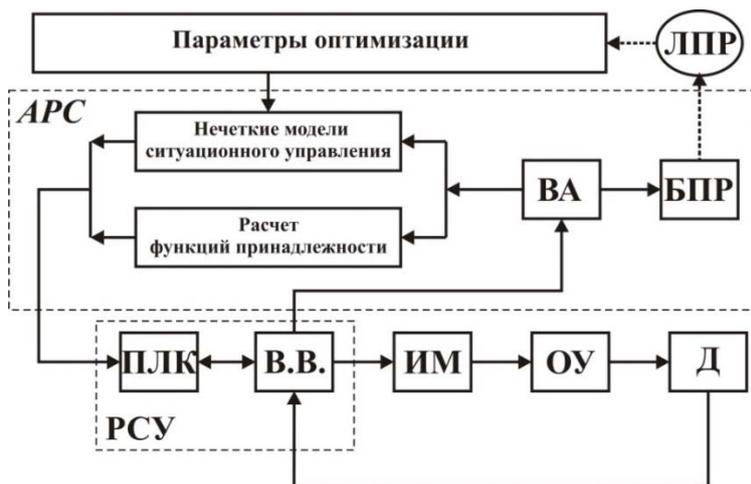


Рисунок 9. Структурная схема усовершенствованная системы управления технологическими процессами разделения многокомпонентных смесей.

В приложенной структурной схеме выделены две составные части: усовершенствованная АРС-система управления и распределенная система управления (РСУ). В этой схеме приведены следующие составляющие элементы и их назначение: АРС – Advanced Process Control – системы усовершенствованного управления процессами, РСУ – распределенная система управления, БПР – блок принятия решений, ВА – виртуальный анализатор, ЛПР – лицо, принимающее решение, Д – датчики (средства измерения), ПЛК – программируемый логический контроллер, В.В. – устройства ввода-вывода, ОУ – объект управления, ИМ – исполнительный механизм.

На основе схемы системы усовершенствованного управления процессами разделения многокомпонентных смесей разработана система компьютерного моделирования и управления. В ней представлены три основные колонны процесса разделения (рисунок 10).

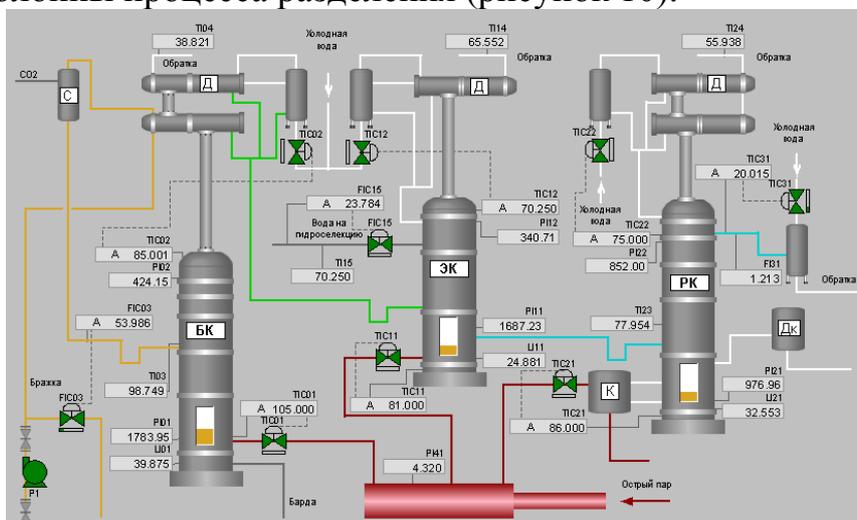


Рисунок 10. Мнемосхема брагоректификационной установки.

В приведенной мнемосхеме брагоректификационной установки основная роль отведена разделительной колонне, для которой составлена информационная схема, которой представлена на рисунке 11.

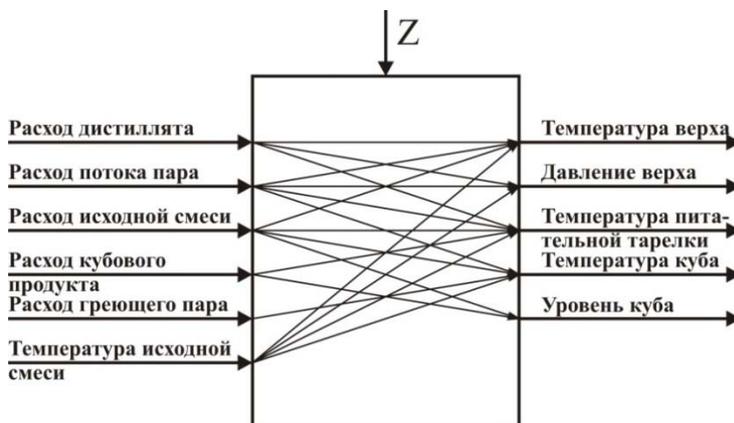


Рисунок 11. Информационная схема ректификационной колонны.

В состав возмущающего воздействия Z в приведенной информационной схеме разделительной колонны входят следующие факторы: концентрация исходной смеси, расход хладагента, температура хладагента, уровень дистиллята, температура и давление пара, удельная теплоёмкость потоков питания и теплоносителя, плотность кубового продукта, удельная теплота испарения кубовой жидкости и молярные составы потоков.

Для оценки устойчивости разработанной системы управления сложными технологическими процессами разделения многокомпонентных смесей с помощью традиционного ПИД-регулятора и нечеткого логического ПИД-регулятора составлены структурные схемы (рисунок 12 и рисунок 14 соответственно) и получены характеристики переходных процессов (рисунок 13 и рисунок 15 соответственно) при регулировании температуры тарелки питания и верха колонны.

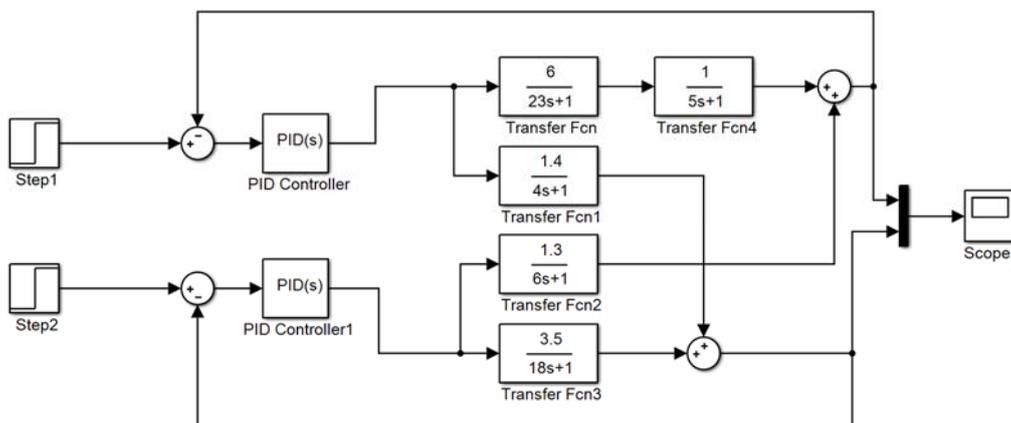


Рисунок 12. Структурная схема с традиционным ПИД-регулятором.

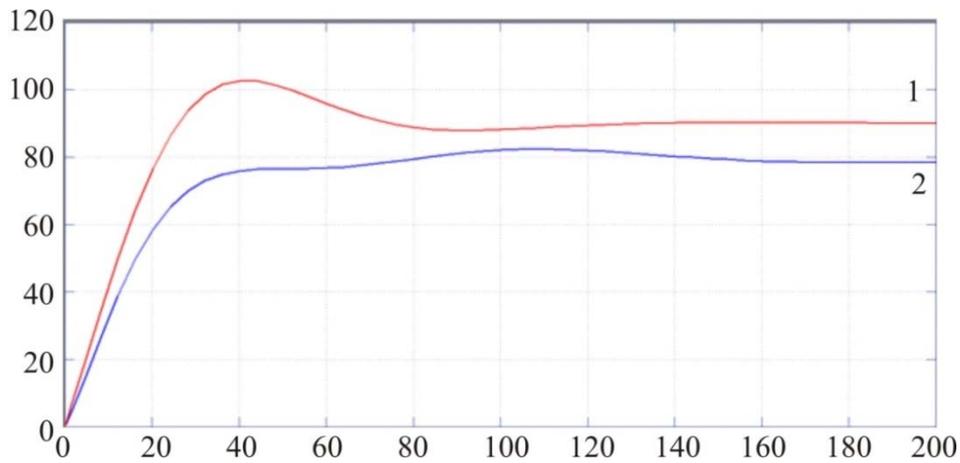


Рисунок 13. Характеристика переходного процесса при регулировании температуры тарелки питания (1) и верха колонны (2) с помощью традиционного ПИД-регулятора.

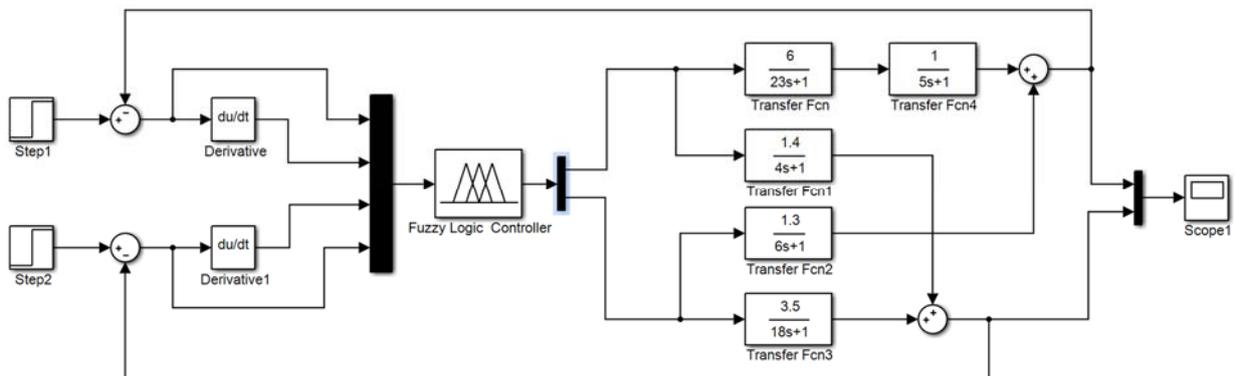


Рисунок 14. Структурная схема системы управления с нечетким логическим ПИД-регулятором.

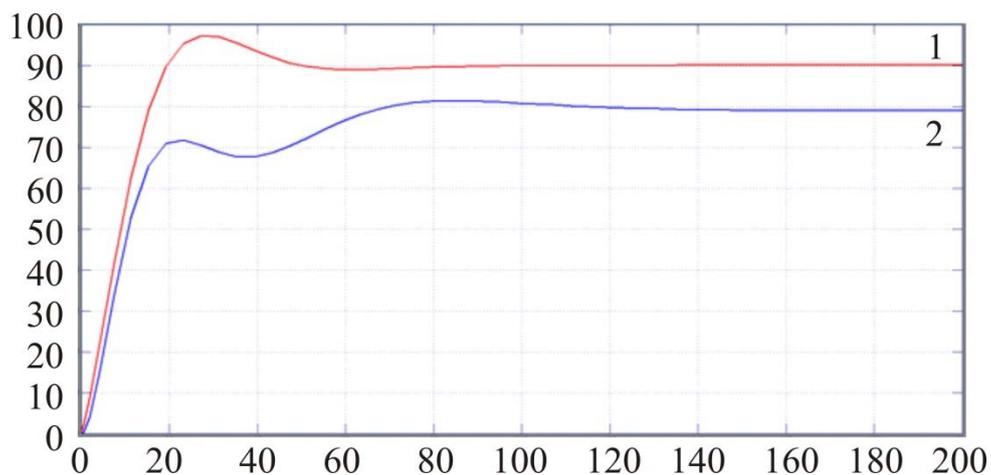


Рисунок 15. Характеристика переходного процесса при регулировании температуры тарелки питания и верха колонны с помощью нечеткого логического ПИД-регулятора.

На основе сопоставления характеристик переходных процессов, приведенных на рисунке 13 и рисунке 15 для традиционного и нечеткого логического ПИД-регуляторов, показано, что время регулирования системы с нечетким логическим ПИД-регулятором на 20 секунд короче, чем у традиционного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследования, посвященного разработке системы усовершенствованного управления технологическими процессами разделения многокомпонентных смесей сделаны следующие выводы:

1. Проанализировано современное состояние теории и практики ректификационного разделения многокомпонентных смесей и выявлены тенденции их дальнейшего развития и совершенствования.

2. При исследовании ректификационной колонны в качестве объекта управления установлено, что для регулирования параметра качества продукции по концентрации выходного дистиллята с помощью значений перепада температуры между тарелками питания и верха колонны, целесообразно поддерживать значения перепада температуры между тарелками питания и верха колонны в пределах 10-11 °С.

3. Применение предлагаемой инвариантной системы управления ректификационными колоннами и логического анализа состояния процесса обеспечивает введение поправок в параметры настроек нечеткого регулятора и позволяет сократить энергопотребление.

4. Определенные на основе попарного сопоставления функции принадлежности регулируемых параметров разделительных процессов обеспечивают возможность настройки параметров нечетких регуляторов при управлении процессами.

5. Показана возможность составления перечня нечетких состояний и принятия оптимальных решений при применении нечеткой модели лингвистических переменных в нечетких состояниях при управлении разделительными процессами.

6. Предложенные модели позволяют оперативно определять и прогнозировать показатели качества по измеряемым параметрам технологического процесса, что обеспечивает возможность управления качеством конечной продукции.

7. На основе прогнозирующей модели процесса разделения многокомпонентных смесей предложена новая структура АРС-системы усовершенствованного управления, позволяющая управлять установкой, компенсируя возмущающие помехи быстрее и мягче, чем оператор.

8. Разработан компьютерный комплекс моделирования и управления процессами разделения многокомпонентных смесей, обеспечивающий подбор и поддержание оптимального режима работы брагоректификационной установки и ее быстродействующий перевод с одного режима работы на другой.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.03.02 ON THE ADMISSION OF
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

AVAZOV YUSUF SHODIYEVICH

**ADVANCED CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF
DISTILLATION OF MULTICOMPONENT MIXTURES**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures

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

Tashkent – 2018

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2017.4.PhD/T512.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

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

Scientific adviser: **Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich**
doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents: **Ismailov Mirxalil Agzamovich**
doctor of technical sciences, professor

Kaipbergenov Batirbek Tulepbergenovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **LLC «Ximavtomatika»**

Defense of dissertation will take place in «__» May 2018 at ____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.27.06.2017.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-46-00; fax: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent State Technical University (registration number 43). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on «__» _____ 2018 year.
(mailing report № ____, on «__» _____ 2018 year).

F.T.Adilov
Vice-Chairman of Scientific council awarding
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

J.U.Sevinov
Scientific secretary of Scientific council,
awarding scientific degrees, candidate of
technical sciences, associate professor

X.Z.Igamberdiyev
Chairman of the Academic seminar under the
Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop systems for the advanced management of complex technological processes of the distillation of multicomponent mixtures.

The tasks of research:

the construction of a mathematical model of the dynamics of the process of distillation of multicomponent mixtures;

development of algorithms for software-logical control of technological modes of operation of distillation columns;

modeling of the process of distillation of multicomponent mixtures on the basis of fuzzy logic methods;

constructing an algorithm for situational management based on fuzzy models of decision making;

the development of a system for improved control of the distillation process (using the example processes of rectification).

The object of the research work are complex heat and mass transfer processes of the distillation of multicomponent mixtures.

Scientific novelty of the research work is as follows:

for the control of the object, an approach formalized as a fuzzy production system is implemented;

the dynamic model of distillate sections of dividing columns is developed, which is the basis for calculating the parameters of the invariant control system;

the algorithm of program-logical control of the operating modes of the distillation columns according to the quality indicators of the final product was developed;

developed an algorithm for operational automated control of the distillation column based on the arsenal of fuzzy logic methods;

on the basis of fuzzy-multiple representations, a method of situational control of the processes of distillation of multicomponent mixtures is proposed;

APC-system of advanced control of the rectification plants in the production of ethyl alcohol was developed.

Implementation of the research results. On the basis of the results on the construction of the advanced control system for the correction rectification column and optimization of its operation modes, the following are developed and implemented:

software-logic algorithm for controlling the operating modes of distillation columns of multi-component mixtures at JSC “BIOKIMYO” in Yangiyul (Reference JSC “Uzsharobsanoat” № TU-1083, April 16, 2018). As a result, the quality of process control has been improved;

algorithm of control of the distillation column based on fuzzy logic on JSC “BIOKIMYO” in Yangiyul (Reference JSC “Uzsharobsanoat” № TU-1083, April 16, 2018). As a result, the control system of the distillation of multicomponent mixtures has been improved;

method of situational control of processes of distillation of multicomponent mixtures based on fuzzy sets at JSC “BIOKIMYO” in Yangiyul (Reference

JSC “Uzsharobsanoat” № TU-1083, April 16, 2018). The results of research work can reduce energy and resource consumption by 5–10% in systems for improved control over the distillation of multicomponent mixtures.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 123 pages of typewritten text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Математическое моделирование процессов ректификации многокомпонентных смесей. Монография. –Ташкент: ТашГТУ, 2014. –159с.
2. Мухитдинов Д.П., Каландаров П.И., Авазов Ю.Ш. Синтез АСАУ производством этилового спирта // Журнал «Приборы». – Москва, 2012. – № 5. –С.34-38. (05.00.00, №63).
3. Гулямов Ш.М., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Математическое моделирование и оптимизация процессов ректификации многокомпонентных смесей // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2012. –№ 2. –С.26-29. (05.00.00, №12).
4. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Корреляционно-предсказывающие модели в теории и практике ректификации // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2012. –№ 6. –С.7-11. (05.00.00, №12).
5. Мухитдинов Д.П., Кадыров Ё.Б., Авазов Ю.Ш. Технология On-line мониторинга технологического процесса ректификации для прогнозирования состояния качества нефтепродуктов // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2013. –№ 1. –С.14-17. (05.00.00, №12).
6. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Анализ и синтез сложных технологических схем ректификации многокомпонентных растворов // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2013. –№ 5. –С.5-13. (05.00.00, №12).
7. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш., Шамсутдинова В.Х. Применение способа квазилинеаризации к формализации процесса ректификации многокомпонентных растворов // «ВЕСТНИК ТашГТУ». –Ташкент, 2014. –№1. –С.22-27. (05.00.00, №16).
8. Mukhitdinov D.P., Avazov Yu.Sh., Kadirov Yo.B. Defining the parameters of the models depending on the temperature of the vapor pressure in the mathematical modeling and calculation of vapor-liquid equilibrium algorithmization multicomponent mixtures // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. –India, 2015. Volume 5. Issue 11. November 2015. –PP 8-13. (05.00.00, №14).
9. Mukhitdinov D.P., Avazov Yu.Sh. Adaptive Automated Process Control Bragorectification // International Journal «Chemical technology, control and management» and «Journal of Korea Multimedia Society». – Seoul (South

- Korea), 2015. -№ 3-4. -PP. 123-126. (ОАК Раёсати қарори №297/6, 2015 йил 30 июнь).
10. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Avazov Yu.Sh., Ergashev F.A. Virtual Quality Analyzers of Industrial Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). -India, May 2016. -Vol. 3. - Issue 5. -PP.1970-1974. (05.00.00, №8).
 11. Avazov Yu.Sh. Optimal Control System of Technological Processes Rectification // International Journal «Chemical technology, control and management» and «Journal of Korea Multimedia Society». – Seoul (South Korea), 2016. -№ 5. -PP.100-104. (05.00.00, №12).
 12. Авазов Ю.Ш., Усмонов У.Т. Формирование нечётких эталонных ситуаций с помощью лингвистических переменных в управлении процессами ректификации // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 04970 от 18.01.2018 г.
 13. Авазов Ю.Ш., Усмонов У.Т. Программное обеспечение, производящее рекомендации для корректировки параметров регулятора процессов разделения многокомпонентных смесей // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 04971 от 18.01.2018 г.
 14. Мухитдинов Д.П., Курбанов З.Б., Авазов Ю.Ш. Метод и алгоритмизация расчета констант фазового равновесия // XXII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-22». -Псков, 2009. –С.159-161.
 15. Mukhitdinov D.P., Matyakubova P.M., Avazov Yu.Sh. Synthesis of adaptive automatic control system the rectification process // Tenth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAFS-2012). –Lisbon (Portugal). August 29-30, 2012. –PP.219-222.
 16. Авазов Ю.Ш., Кадыров Ё.Б., Сатторов О.У. Моделирование системы управления процессом ректификации // Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве». –Екатеринбург, 28-29 март 2013г. Сборник докладов. Т II. –С.128-131.
 17. Mukhitdinov D.P., Kurbonov Z.B., Avazov Yu.Sh. Modeling of process rectification of multicomponent spirit mixes // Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2008». Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2008. -PP.320-325.
 18. Mukhitdinov D.P., Kurbonov Z.B., Avazov Yu.Sh. Identification of model parameters of rectifying columns dynamics // Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2010». Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2010. -PP.369-371.
 19. Avazov Yu.Sh. Optimal control in open loop system rectification column // Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2012». Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2012. –PP.159-162.

20. Mukhitdinov D.P., Gulyamov Sh.M., Avazov Yu.Sh., Kadirov Yo.B. Management model distillation column at a flow change and feed composition in a given region // Eight World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2014». Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2014. –PP.187-193.
21. Авазов Ю.Ш. Математическая модель динамики тепломассообменного процесса ректификации многокомпонентных растворов // «Техника ва технологияларни модернизациялаш шароитида иқтидорли ёшларнинг инновацион ғоялари ва ишланмалари» мавзусидаги Республика илмий – амалий анжумани. – II қисм. –Тошкент: ТТЕСИ, 5-6 май 2016 йил. -157-160б.
22. Avazov Yu.Sh. Comparative analysis of industrial rectification control units // Transactions of the International Conference «Modern problems of applied mathematics and information technology - Al-Khorazmiy-2016». –Bukhara, Uzbekistan. 9-10 November 2016. -PP.241-244.
23. Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш., Кадиров Ё.Б. Линейная модель управления процессом ректификации // Труды Международной научно-технической конференция «Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств». -Карши, 17-18 ноября 2017г. –С.14-19.

Автореферат “Til va adabiyot ta’limi” журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди. (10.05.2018)

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 14.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.