

A
P 20

АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
УРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
7.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ

ФАЙЗУЛЛАЕВ БАЙРАМ АРТИКБАЕВИЧ

ТУРЛИ ТАВСИФЛИ ОБЪЕКТЛАР ҲОЛАТЛАРИНИ ТАШХИСЛАШ
МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

ТЕХНИКА ФАҲЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (РЪД)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ

ФАЙЗУЛЛАЕВ БАЙРАМ АРТИКБАЕВИЧ

ТУРЛИ ТАВСИФЛИ ОБЪЕКТЛАР ҲОЛАТЛАРИНИ ТАШХИСЛАШ
МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/T40 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: Каипбергенов Батирбек Тулепбергенович
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Расмий оппонентлар: Бекмуратов Тулқин Файзиёвич
техника фанлари доктори, профессор, академик

Гулямов Шухрат Маннапович
техника фанлари доктори, профессор

Ётақчи ташкилот: Тошкент кимё-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашининг 2018 йил «30» ноябр соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (9/106 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2018 йил «15» ноябр да тарқатилди.
(2018 йил «18» октябр даги 11 рақамли реестр баённомаси.)



Р.Х.Хамдамов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф.М.Нуралiev
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш котиби, т.ф.д., доцент

М.А.Рахматуллаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда мураккаб тизимлар ҳолатини назорат қилиш ва ташхислаш, интеллектуаллаштириш модель ва алгоритмларини ишлаб чиқиш, такомиллаштириш ҳамда жорий қилишга катта эътибор қаратилмоқда. Бошқариш тизимларининг мураккаблашиши ва уларга талаб ортгани сайин, технологик режимлардаги оғишишларни ўз вақтида аниқлаш ва объектлар бузилиш ҳолатларининг олдини олиш масаласи муҳим аҳамият касб этмоқда. Объектларда ишончлилик ва хавфсизликни таъминлаш нуқтаи назаридан иш жараёнидаги оғишишлар ва бузилишларни аниқлаш жуда муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Кўпгина хорижий мамлакатларда, жумладан, Россия Федерацияси, Хитой, Ҳиндистон, Япония, Жанубий Корея, Сингапур, Малайзия, АҚШ, Германия, Украина, Қозоғистон ва бошқа давлатларда ахборотни қайта ишлашнинг норавшан мантиқ, нейрон тармоғи ва норавшан-нейрон моделларидан фойдаланиб тизимларни назорат қилиш, ташхислаш ва интеллектуал бошқариш масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда мураккаб бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш, уларнинг модель ва алгоритмларини такомиллаштириш ва катта маълумотларни қайта ишлаш алгоритмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу соҳаларда, жумладан, учир борти ва кема бошқариш тизимлари, энергетика, кимё, биокимё ва нефть-кимёси объектлари ва бошқа тизимларда назорат, ташхислаш ва бошқаришнинг самарадорлигини ошириш имконини берадиган замонавий усуллар ва ахборот технологиялари воситалари асосида техник ташхислашнинг интеллектуал усуллари зарур ҳисобланади.

Республикамизда бу йўналишда мураккаб тизимларни ташхислаш ва бошқаришга мўлжалланган интеллектуал тизимларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...саноатни юқори технологик қайта ишлаш тармоқларини илдам ривожлантиришга йўналтирилган сифат жиҳатидан янги даражага ўтказиш йўли билан уни янада модернизациялаш ва диверсификациялаш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, ... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазифалари белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, саноат объектлари ўзига хос тавсифларини ҳисобга олган ҳолда ташхислаш ва бошқаришда интеллектуал тизимларни такомиллаштириш энг муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ва 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони

янада- такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сон «Ахборот-коммуникацион технологияларни иқтисодиётнинг реал секторига янада жорий қилиш тўғрисида»ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникацион технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда ушбу фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фани ва технологияларини ривожлантиришнинг IV.«Ахборотлаштириш ва ахборот коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги кунда ташхислаш ва бошқаришнинг интеллектуал тизимлари илмий тадқиқотларнинг истиқболли йўналиши деб тан олинган. Ушбу ахборот тизимлари назарияси ва уларнинг иловалари А.Р.Алиев, А.А.Ерофеев, А.А.Жданов, В.Г.Коньков, В.М.Лохин, И.М.Макаров, Д.А.Поспелов, К.А.Пупков, В.Ю.Рутковский, Р.М.Юсупов, Y.-Z. Lu, К.М.Hangos, S.Omatu ва бошқа олимларнинг илмий ишларида ўз аксини топган.

Ўзбекистонда юқори самарали интеллектуал бошқариш тизимларини ишлаб чиқишнинг назарий асосларини ривожлантиришга Ф.Б.Абуталиев, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.М.Гулямов, Х.З.Игамбердиев, Н.Игнатъев, М.А.Исмоилов, В.К.Кабулов, М.М.Камилов, А.Р.Марахимов, Д.Т.Мухаммедиева, Р.Н.Усманов, Н.Р.Юсупбеков ва бошқа ватандош олимларимиз ўзларининг катта ҳиссаларини қўшганлар.

Замонавий ташхислаш ва интеллектуал бошқариш тизимлари соҳасида олиб борилган тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, мураккаб объектларнинг ҳолатини унинг турли хил тавсифларини ҳисобга олиб ташхислашда объектлар моделларининг адекватлигини ошириш ҳисобига ташхис аниқлигини ошириш мумкин бўлади. Ушбу соҳаларда назарий ва айниқса амалий ишланмаларни ишлаб чиқариш объектлари аниқ мисолларда қўлланиш энг истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади. Ҳозирги кунда турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларини назорат қилиш, ташхислаш ва бошқариш тизимларининг модель ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳамда улар асосида дастурий таъминотини яратиш етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази ва Тошкент ахборот технологиялари университети Нукус филиали илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А5-040-«Ишлаб чиқариш технологик мажмуаларининг диагностика бошқарув тизимлари дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ва ҳолатларини баҳолаш усулларини такомиллаштириш» (2012-2014); №КА-5-004+(№А5-042)-«Турли тавсифли

технологик объектларни ташхисловчи интеллектуал тизимлар учун моделлар, алгоритмлар ва дастурий воситалар ишлаб чиқиш» (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларининг ҳолатларини ташхислаш моделлари ва алгоритмларини ҳамда дастурий мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

турли тавсифли объектлар ҳолатларини ташхислаш ва бошқарув қарорлар қабул қилиш интеллектуал тизимини ишлаб чиқиш;

кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция жараёни реакциялари оралиқ маҳсулотлари таркибини баҳолаш моделини ишлаб чиқиш;

турли тавсифли бошқариш объекти ҳолатларини норавшан-нейрон модели ёрдамида идентификациялаш моделларини ишлаб чиқиш;

турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларининг турли ҳолатларини ташхислашнинг интеллектуал тизими модел ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

турли тавсифли ишлаб чиқариш объектлари ишлаш жараёнининг режими носозликларини бартараф қилиш бўйича маҳсулдор қондалар мантикий хулосаларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларини (кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқариш мисолида) ташхислаш жараёни олинган.

Тадқиқотнинг предметини турли тавсифли объектларни ташхислаш моделлари ва алгоритмлари, бошқарувчи қарорлар қабул қилиш маҳсулдор қондалари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида ташхислаш, бошқарув, математик моделлаштириш, идентификациялаш, классификациялаш, ҳолатларни баҳолаш, қарорлар қабул қилиш, тизимли ва интеллектуал таҳлил, ахборотни қайта ишлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

абсорбция ва карбонизация жараёнлари реакциялари оралиқ маҳсулотлар таркибини баҳолаш математик моделлари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

абсорбция жараёни температура режимларини норавшан-нейрон моделга асосланган идентификациялаш алгоритми ишлаб чиқилган;

турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларида ҳар хил ҳолатларни ташхислаш ҳамда уларнинг келиб чиқиш сабабларини аниқлашнинг норавшан-нейрон моделга асосланган ташхислаш алгоритми ишлаб чиқилган;

кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқариш асосий жараёнларида келиб чиқадиган меъёрдан оғишишларни ва носозликларни бартараф қилишни мантикий-маҳсулий қондалари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

аналитик моделларга ва гибрид алгоритмларга асосланган абсорбция ва карбонизация жараёнлари реакциялари оралиқ маҳсулотлари таркибини баҳолаш масалаларини ечишга мўлжалланган «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда карбонизация жараёнини моделлаштириш» дастури ишлаб чиқилган;

норавшан-нейрон ва гибрид алгоритмларга асосланган абсорбция жараёни температура режимларини идентификациялашга мўлжалланган «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция технологик жараёнининг температура режимларини моделлаштириш» дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган;

турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларида берилган меъёрлардан оғишиш ва ишлаб чиқариш тизимидаги носозликларга боғлиқ ҳолатларини аниқлаш ва бартараф қилиш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги масаланинг адекват қўйилганлиги, ташхислаш усуллари ва алгоритмларининг тўғри қўлланилиши ҳамда ечилган масалалар назарий ва ҳисоблаш-тажриба ишларининг мувофиқлиги ҳамда тузилган дастурларининг ишлаб чиқаришда саноат-тажриба шароитидаги натижаларига ўзаро мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти абсорбция жараёнининг оралиқ ва охириги маҳсулотлари таркибини баҳолашнинг математик моделлари, ташхислаш алгоритмлари ва объектнинг берилган ҳолатидан оғишишларини бартараф қилиш қондаларини ишлаб чиқишнинг назарий асосларини истиқболли ривожлантириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти таклиф этилган ташхислаш, идентификациялаш ва қарорлар қабул қилиш моделлари, алгоритмларини янги ишлаб чиқариш объектларни лойиҳалашда ҳамда турдош саноат объектлари ва уларнинг қисм тизимларини бошқарувда фойдаланилиши мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тадқиқот жараёнида маҳсулотлар таркибини баҳолаш математик модели, идентификациялаш ва ташхислаш алгоритмлари ва дастурий мажмуалари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

турли тавсифли объектлар ҳолатини ташхислаш ва бошқарув моделлари ва алгоритмлари бўйича «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда карбонизация жараёнини моделлаштириш» ва «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция технологик жараёни температура режимларини моделлаштириш» дастурий воситаларига «UNICON.UZ» ДУК томонидан фойдаланиш мумкинлиги тўғрисида хулоса берилган («UNICON.UZ» ДУКнинг 2018 йил 27 сентябрдаги хулосаси). Натижада технологик жараёнларни ташхислаш ва бошқарув бўйича қарорлар қабул қилиш вақтини

қисқартириш ва носозликларни аниқлаш аниқлигини ошириш имконини берган;

абсорбция ва карбонизация жараёнининг оралиқ ва охири маҳсулотлари таркибини баҳолаш математик модели асосида яратилган «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда карбонизация жараёнини моделлаштириш» дастури «Кўнғирот сода заводи» унитар корхонасига абсорбция ва карбонизация жараёнларида маҳсулот таркибий концентрациясини аниқлашда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 15 майдаги 33-8/3451-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижасида абсорбция жараёнида компонентлар концентрациясини баҳолашни 8,96%га, карбонизация жараёнида 25%га ошириш имконини берган;

ишлаб чиқариш тизимида берилган меъёрлардан оғишиш ва ишлаб чиқариш тизимидаги носозликларга боғлиқ ҳолатларни моделлаштириш ва идентификациялаш алгоритмлари «Ўзбектелеком» АК «Телекоммуникация транспорт тармоғи» б-боғламаси филиалига технологик объект параметрларининг чегаравий ва меъёрий қийматларини белгилаш ва иш жараёнида келиб чиқадиган носозликларни аниқлашда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 15 майдаги 33-8/3451-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижасида тизимни тестдан ўтказиш жараёнида ишлаб чиқариш тизимидаги оғишиш ва носозликларга боғлиқ ҳолатларни моделлаштириш ва идентификациялаш алгоритмлари қўшиб ишлатилганда носозликларни аниқлаш вақтини 1,2 баробарга қисқартириш ҳамда носозликларни аниқлаш аниқлигини 3%га ошириш имконини берган;

норавшан-нейрон ва гибрид алгоритмларга асосланган абсорбция жараёни температура режимларини идентификациялаш ҳамда турли тавсифли ишлаб чиқариш объектларида турли ҳолатларни ташхислаш алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция технологик жараёни температура режимларини моделлаштириш» дастурий мажмуаси «Кўнғирот сода заводи» унитар корхонасига абсорбция ва карбонизация жараёнлари ҳолатини ташхислаш, берилган ҳолатдан оғишиш ва носозликларни бартараф қилишда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 15 майдаги 33-8/3451-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида 4 ишчи оператор жойини қисқартириш ва технологик жараёнларни бошқаришда 2% ишчи кучи сарфини камайтиришга эришиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари, жумладан, 2 та халқаро ва 15 та республика илмий-амалий ва илмий-техника анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 31 та илмий иш чоп этилган бўлиб, улардан 9 та мақола ЎзР ОАКнинг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш тавсия

этилган илмий-нашрларда, жумладан 1 та мақола хорижий ва 8 та мақола республика журналларида нашр қилинган, шунингдек, 2 та ЭҶМ учун яратилган дастурий восита Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан расмий рўйхатга олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетдан ташкил топган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади шакллантирилган ва вазифалари қўйилган, тадқиқот объекти ва предмети белгилаб олинган, тадқиқот натижалари илмий янгилиги ва амалий аҳамияти аниқланган. Олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Турли тавсифли объектларни моделлаштириш, ташхислаш ва бошқариш масалалари замонавий ҳолатини таҳлил қилиш» деб номланган биринчи боби, бешта параграфдан иборат бўлиб, ишлаб чиқариш объектини моделлаштириш, ташхислаш ва бошқариш масалалари тадқиқ қилинган, ҳолатларни ташхислаш ва қарорлар қабул қилиш усуллари таҳлил қилинган, тизимларни интеллектуаллаштиришнинг ахборотни қайта ишлаш ва бошқаришга ёндашув ва усуллари ўрганилган, турли тавсифли ишлаб чиқаришнинг ўзига хос хусусиятлари ташхислаш ва бошқариш объекти сифатида келтирилган.

Турли тавсифли технологик объектлар сифатида бошқариш объектнинг катта ҳажмлилиги, кўп алоқалилиги, ностационарлиги, параметрларнинг тақсимланганлиги, ночизиқлилиги, ҳолатларнинг ҳар хиллиги, объект ҳолати, ташқи ва кириш таъсирлари назоратининг тўлиқ эмаслиги, мақсад, мезон ва чеклашларнинг ўзгарувчанлиги назарда тутилади. Шунингдек, ишлаб чиқариш объектини бошқаришда унинг турли тавсифларини ҳисобга олмасдан математик ифодалаш ноадекватлиги, ҳолатларни аниқ ташхислашга ва ўз-ўзидан иқтисодий кўрсаткичларни яхшилашга имкон бермайди.

Турли тавсифли технологик объектлар қуйидаги ўзига-хос:

- математик ифодаланилишининг турличалиги $y = f(x, u, z, r)$, бунда r - математик боғлиқликнинг турличалигини ифодаловчи параметр;

- технологик объект умумлашган математик модели айрим бир хил модулларидан ташкил топиши;

- r -турли тавсифлиликни ифодаловчи математик боғлиқлик, Ω , кичик гуруҳига кирувчи айрим объектларнинг бир хил компонентларини математик ифодалаш усули;

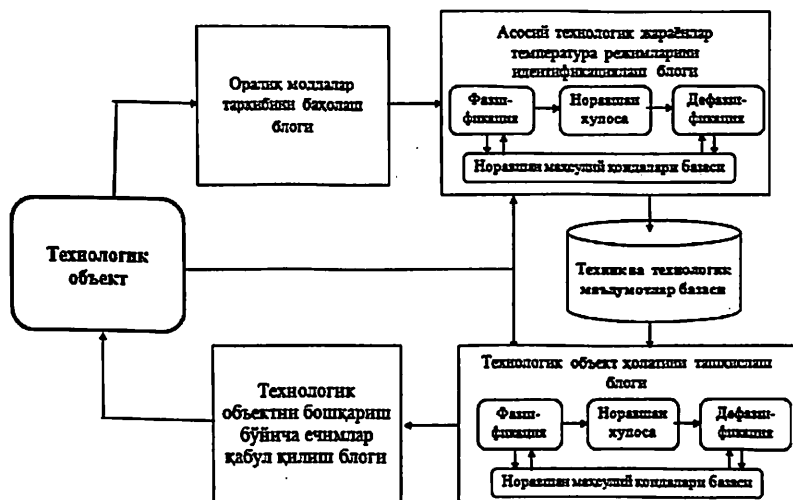
- дастлабки материаллар компонентлари, моддалар таркиби ва миқдори ўзгарувчанлиги, катализаторларнинг фаол ёки фаол эмаслиги;

- кирувчи ўзгарувчилар, аппаратлар тузилиши, жараёнлар бориши технологияси ва ҳаказоларнинг турли хиллиги;
- турли ҳалақит қилувчи омиллар таъсири;
- математик ифодалашнинг мураккаблиги;
- бошқарув параметрлари ва буйруқларининг турли хиллиги каби хусусиятлари билан фарқланади.

Келтирилган тавсифлар тадқиқ қилинаётган ташхислаш ва бошқариш объекти, яъни Қўнғирот сода заводида кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқариш учун айниқса мувофиқ келади.

Диссертациянинг «Турли тавсифли объектлар ҳолатини ташхислаш ва идентификациялаш» номли иккинчи боби бешта параграфдан ташкил топган бўлиб, турли тавсифли объектларни ташхислаш интеллектуал тизими моделини шакллантириш услуби келтирилган, кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция жараёни реакциялари оралиқ моддалари таркибини баҳолаш модели келтирилган, карбонизация технологик жараёни ҳолатини баҳолаш модели ишлаб чиқилган, бошқариш объекти параметрлари ва ҳолатини идентификациялашнинг норавшан-нейрон модели, шунингдек, кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда асосий технологик жараёнларни ташхислаш ва бошқариш интеллектуал тизими модели яратилган.

Турли тавсифли объектларда технологик жараёнларни ташхислаш ва бошқарув бўйича қарорлар қабул қилиш тизими функционал-тузилиш схемаси тақлиф этилган (1-расм).

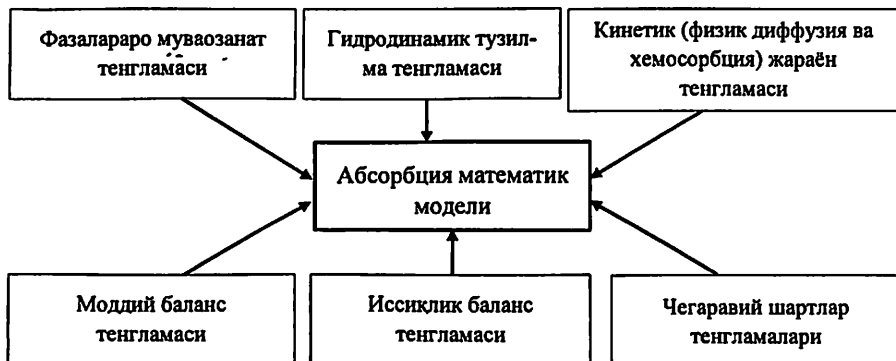


1-расм. Технологик объект ҳолатини ташхислаш ва бошқарув бўйича қарорлар қабул қилиш тизими функционал-тузилиш схемаси

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, оғишишлар ва носозликларни ташхислаш ва уларни бартараф қилиш бўйича қарорлар қабул қилиш

жараёни, тўртта блокдан ва маълумотлар базасидан иборат технологик модулдан ташкил топган. Бунда оралиқ моддалар таркибини баҳолаш блоки аналитик моделдан ташкил топган, технологик жараёнлар ҳолатларини ташхислаш блоки эса ANFIS алгоритмига асосланган.

Абсорбция жараёни математик модели газдаги аралашмаларнинг суюқ ютгич томонидан шимиб олинишига асосланган. Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда ютгич, яъни абсорбент сифатида тузли эритма – натрий хлорнинг сувдаги эритмасидан фойдаланилади. Ниҳоят, жараённинг барча математик ифодалари, 2-расмда тасвирланганидек, бутун математик моделга бирлаштирилади.



2-расм. Абсорбция технологик жараёни тўла математик моделининг тасвирланиши

Танланган гидродинамик модель (кетма-кет жойлашган ячейкали ва сингдириш моделлари) асосида:

$$L(c_i^{k-1} - c_i^k) = kgaV(c_i^k - c_i^{*k}) \text{ ва } T^{k-1} - T^k = \frac{L(-\Delta M)w_r}{\omega\rho\nu_p},$$

келтириб чиқарилган кинетик боғлиқликлар:

$$\begin{cases} D_k \frac{d^2 C_k}{dl^2} = K_{mk} C_o \left[C_k - \left(\frac{C_{mk}}{C_o} \right)^2 C_{kr} \right]; \\ D_o \frac{d^2 C_o}{dl^2} = K_{mk} C_o \left[C_k - \left(\frac{C_{mk}}{C_o} \right)^2 C_{kr} \right] + K_{mk} (C_o - C_{mk}), \end{cases}$$

фазаларо мувозанат тенгламаси: $P_i^* = \bar{K}_i c_i$,

моддий ва иссиқлик баланси тенгламалари:

$$\frac{L}{G} = \frac{g_n - g_k}{c_k - c_n} \text{ ва } B = k\psi(T^* - \theta)F,$$

ҳамда чегаравий шартлар:

$$C_k = \begin{cases} C_{kn} & \text{при } l = 0, \\ C_{kr} & \text{при } l = \bar{h}, \end{cases} \text{ ва } C_o = \begin{cases} C_{on} & \text{при } l = 0, \\ C_{or} & \text{при } l = \bar{h}, \end{cases}$$

ни ҳисобга олган ҳолда, узлуксиз режимда сода ишлаб чиқаришда аммонизация жараёни математик модели:

$$\begin{cases} \frac{d^2 C_k}{dt^2} = \frac{K_{ak} C_a}{D} \left[C_k - \left(\frac{C_{ax}}{C_a} \right)^2 C_{kx} \right], \\ \frac{d^2 C_a}{dt^2} = \frac{K_{ak} C_a}{D} \left[C_k - \left(\frac{C_{ax}}{C_a} \right)^2 C_{kx} \right] + K_m (C_a - C_{ax}), \\ L = \frac{k_x a^{1'} (c_i^{t'} - c_i^t)}{c_i^{t-1} - c_i^t}, \quad c_i^{t-1} - c_i^t = \frac{R_i^* \eta_i}{kga}, \\ \frac{L}{G} = \frac{g_i - g_{i+1}}{c_{i-1} - c_i}, \quad c_i^t = \frac{v - v_i + \frac{s - s_0}{T^{*2}}}{u_a - v_k}, \\ T^{t-1} - T^t = \frac{L(-\Delta M)w_r}{\rho v \rho_p}, \quad T^{*2} = \frac{B}{k' \psi F} + \theta. \end{cases}$$

бу ерда: D_k, D_a – суюкликдаги углерод диоксида ва аммиакнинг диффузия коэффициентлари; C_k, C_a – боғланмаган углерод диоксида ва аммиакнинг концентрацияси; $K_{па}, K_{пк}$ – ионлардан NH_4OH компоненти ҳосил бўлишининг тўғри ва тескари реакциялари тезлик доимийси; l – фазалар алмашиниш юзасидан суюклик ичкарисигача масофа; $n, ж$ – фазалар алмашиниш юзаси ва суюклик асосий қисми индекслари; k' – абсорбердаги муҳит ва совитиш суюқлиги орасида иссиқлик алмашиниш коэффициенти.

Карбонизация колоннаси кинетик маълумотлар ишончлилигини баҳолаш бўйича математик модели куйидаги кўринишда берилди:

$$\begin{cases} \frac{dc_i}{dh} = \frac{S F_i - l_i F_{n_i}}{v N}, \quad \frac{dT_0}{dh} = \frac{S F_n}{v} F_n; \\ \frac{L}{G} = \frac{g_{ax} - g_{enx}}{c_{enx} - c_{ax}}, \quad i = 1..10; \\ F_n = \frac{k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - 2k_3 C_1^2 C_3 + 2k_4 C_5 - k_7 C_3 C_4^2 + k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2}{C_0}, \\ F_1 C_0 = k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - 2k_3 C_1^2 C_3 + 2k_4 C_5 + k_8 C_2 C_7 - k_6 C_1 C_6; \\ F_2 C_0 = k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - k_3 C_2 C_5 + k_6 C_1 C_6 + k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_3 C_0 = k_4 C_5 + k_3 C_1^2 C_3 - k_7 C_3 C_4^2 + k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_4 C_0 = k_1 C_1 C_2 - k_2 C_4 - 2k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7; \\ F_5 C_0 = k_3 C_1^2 C_3 - k_4 C_5 - k_3 C_2 C_5 + k_6 C_1 C_6; \\ F_6 C_0 = k_3 C_2 C_5 - k_6 C_1 C_6 + 2k_9 C_2 C_3 C_7 + 2k_{10} C_6^2 - k_{11} C_6 C_8 + k_{12} C_9 C_{10}; \\ F_7 C_0 = k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_8 C_0 = k_{12} C_9 C_{10} - k_{11} C_6 C_8; \quad F_9 C_0 = k_{11} C_6 C_8 - k_{12} C_9 C_{10}; \\ F_{10} C_0 = k_{11} C_6 C_8 - k_{12} C_9 C_{10}; \end{cases}$$

Мувоzanат доимийсининг температурага боғлиқ ўзгариши Вант-Гофф тенгламаси билан аниқланади:

$$\frac{d \ln \frac{k_1}{k_2}}{dT} = \frac{d \ln \bar{K}}{dT} = \frac{\Delta M}{RT^2},$$

бу ерда \bar{K} – мувозанат коэффиценти; k_1, k_2 – тўғри ва тескари реакциялар тезлиги доимийлари; ΔM - реакциянинг иссиқлик таъсири; T – температура, К.

Олинган \bar{K} мувозанат доимийсидан, масалан, $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{NH}_4$ ва NH_4HCO_3 каби оралик маҳсулотлар миқдори ҳисоблаб чиқарилди.

Норавшан-нейрон умумий модели куйидаги норавшан мантикий хулоса қоидалари кўринишида берилади:

$$\bigcup_{r=1}^{k_l} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{(l,r)}) (с\text{весом } w_{l,k_l}) \right] \rightarrow (y = d_l), l = \overline{1, L},$$

бу ерда x ва y – ҳақиқий сонлар тўпламида берилган норавшан параметрлар (масалан: концентрация, қадди, сарф, ва ҳақ.), $d_l, l = \overline{1, L}$ - D терм тўпламида аниқланган y чиқувчи ўзгарувчи лингвистик баҳоси; $a_i^{(l,r)}$ - A_l терм тўпламида аниқланган r -чи қатор l -чи дизъюнкциядаги x_i кирувчи ўзгарувчи лингвистик баҳоси, $i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}, r = \overline{1, k_l}$; n - параметрлар сони; $w_{l,r}$ - $[0, 1]$ диапазонда $r = k_l$ рақамли мулоҳазасига эксперт ишончилиги субъектив ўлчовини тавсифловчи сон, $k_l - y = d_l, l = \overline{1, L}$ чиқувчи ўзгарувчи қийматини аниқловчи қоидалар сони.

Дифференциалланувчи «киришлар-чиқиш» муносабатларини ифодалаш учун гаусс мансублик функциясидан (МФ) фойдаланамиз:

$$\mu_{l,r}(x_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - c_i^{(l,r)}}{\sigma_i^{(l,r)}}\right)^2\right), i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}, r = \overline{1, k_l},$$

бу ерда: $\mu_{l,r}(x_i)$ - $A_l^{(l,r)}$ норавшан тўплами МФ ($\mu_{l,r}(x_i) = \mu_j(x_i)$ каби ифодалаймиз); $c_i^{(l,r)}$ ва $\sigma_i^{(l,r)}$ - МФ параметрлари – мос равишда максимум координатаси ва концентрация коэффиценти.

y чиқиш МФ $d_l \in [y, \bar{y}]$ ($l = \overline{1, L}$) га мос равишда куйидаги кўринишга эга бўлади

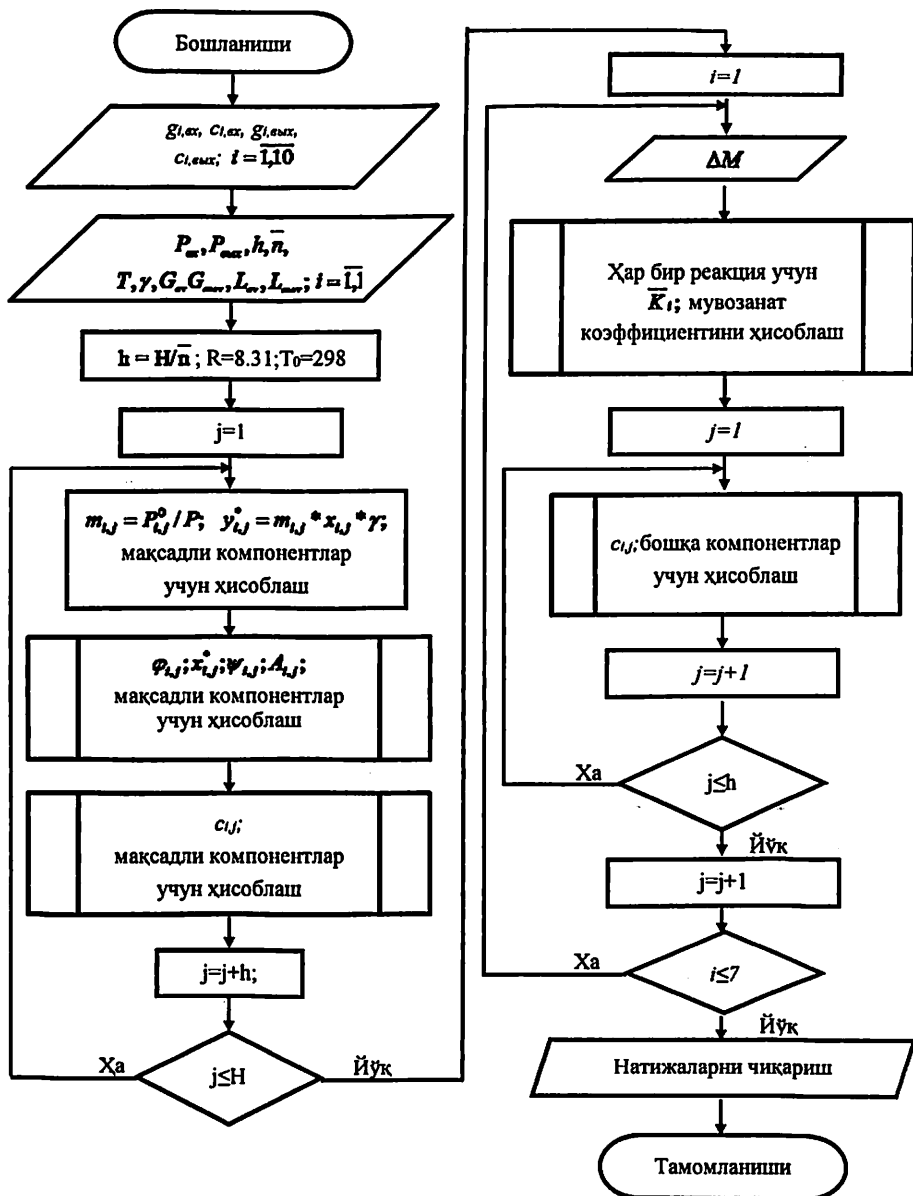
$$\mu_{d_l}(y) = \max_{r=1, k_l} \left[\min_{i=1, n} (\mu_{l,r}(x_i)) \right], l = \overline{1, L}.$$

Асосий технологик жараёнлар параметрларини ва ҳолатларини идентификациялаш учун TSK модели қўлланилган норавшан-нейрон моделидан фойдаланилди.

Технологик жараён ҳолатини ташхислаш моделини куйидаги норавшан ва лингвистик ўзгарувчилар орқали ифодалаймиз:

$$R_l : \text{ЕСЛИ } x_1 = A_1 \text{ И } x_2 = A_2, \dots, x_n = A_n \text{ ТО } D_s = D_{s,l}; s = \overline{1, S}, l = \overline{1, L}.$$

Ўргатиш жараёни ҳар бир «кириш-чиқиш» параметри учун икки босқичда ўтказилади. Биринчи босқичда тармоқ бўйича тўғри йўналтирилган сигнал бўйлаб олиб борилади. Иккинчи босқичда «оний хатолик» ҳисобланади ва тескари тартибда хатоликлар тақсимланади.

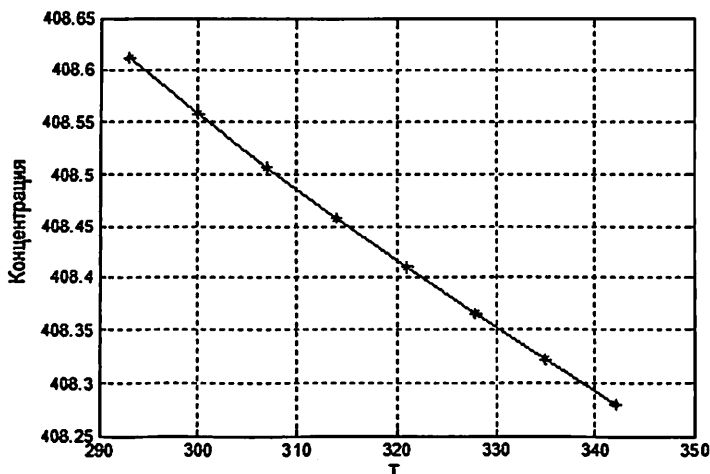


3-расм. Карбонизация колоннасида компонентлар концентрациясини баҳолаш алгоритми блок-схемаси

Диссертациянинг «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқариш асосий жараёнларини ташхислаш ва башоратлаш алгоритмлари» номли учинчи боби тўртта параграфдан иборат бўлиб, сода ишлаб чиқариш асосий жараёнларини моделлаштириш алгоритми ва ҳисоблаш тажрибалари натижалари, норавшан-нейрон модель асосида ишлаб чиқилган абсорбция жараёни параметрлари ва ҳолатини идентификациялаш алгоритми, турли ҳолатларни ташхислаш ва уларнинг келиб чиқиш сабабларини таниб олиш алгоритми, жараёнлар боришида режимлар носозликларни бартараф қилиш учун маҳсулий қондалардан мантиқий хулосалар чиқариш учун ишлаб чиқилган алгоритм келтирилган.

Карбонизация жараёнида колонна бўйлаб суюқлик ва газдаги оралиқ ва охирги маҳсулотлар компонентлари концентрациясини башоратлаш алгоритми газ ва суюқлик сарфи ҳамда температурасини бошқаришга мўлжалланган (3-расм).

4-расмда тузли эритмада NH_4HCO_3 концентрациясининг температурага боғлиқлик графиги келтирилган.



4-расм. Тузли эритмада NH_4HCO_3 концентрациясининг температурага боғлиқлик графиги

Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришнинг асосий технологик жараёнларини идентификациялаш моделини татбиқ этиш учун турли тавсифли объектлар учун такомиллаштирилган алгоритм қўлланилди ва технологик жараёнлардаги авария олди ва авария ҳолатларини ташхислаш тизими билимлар базасини шакллантиришда экспертлар билан бир қаторда ишлаб чиқилган норавшан-нейрон тармоғидан фойдаланилди, унинг ёрдамида карбонизация колоннаси бўйича статистик ахборотга ишлов берилди.

Параметрлар қийматлари учун рухсат этилган диапазонлар ва гаусс МФ терм-гўпламлари кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда АДКФ бўлими регламент маълумотларига мувофиқ ҳамда ҳар бир параметрнинг мумкин бўлган оғишишнинг ўртача қийматидан келиб чиқиб ҳисобланган.

D_i ($i = \overline{1,4}$) мақсадли параметрлари сифатида қуйидаги мумкин бўлган қийматлардан (технологик жараён ҳолатларидан) бири танланади:

$D =$ «колоннадаги умумий ҳолат»;

$d_1 =$ «суспензия заррачаларининг нисбий чўкиш вақти, сек.»;

$d_2 =$ «суспензия қаттиқ заррачаларининг нисбий миқдори, ум. ҳажм. %»;

$d_3 =$ «бикарбонат натрий ранги, шартли ўл. бирл.»;

$\Delta d_1 =$ «суспензия заррачалари чўкиш вақтининг ўзгариши, сек.»;

$\Delta d_2 =$ «суспензия қаттиқ заррачалари миқдори ўзгариши, ум. ҳажм. %»;

Юқоридагилар ҳисобга олинган ҳолда қуйидаги махсулдор қондалар ишлаб чиқилди:

1. АГАР $d_1 = d_{1,1}$ ВА $d_2 = d_{2,1}$ ВА $d_3 = d_{3,1}$ ВА $\Delta d_1 = \Delta d_{1,1}$ ВА $\Delta d_2 = \Delta d_{2,1}$
У ҲОЛДА $D = D_1$.

2. АГАР $d_1 = d_{1,2}$ ВА $d_2 = d_{2,2}$ ВА $d_3 = d_{3,2}$ ВА $\Delta d_1 = \Delta d_{1,2}$ ВА $\Delta d_2 = \Delta d_{2,2}$
У ҲОЛДА $D = D_2$.

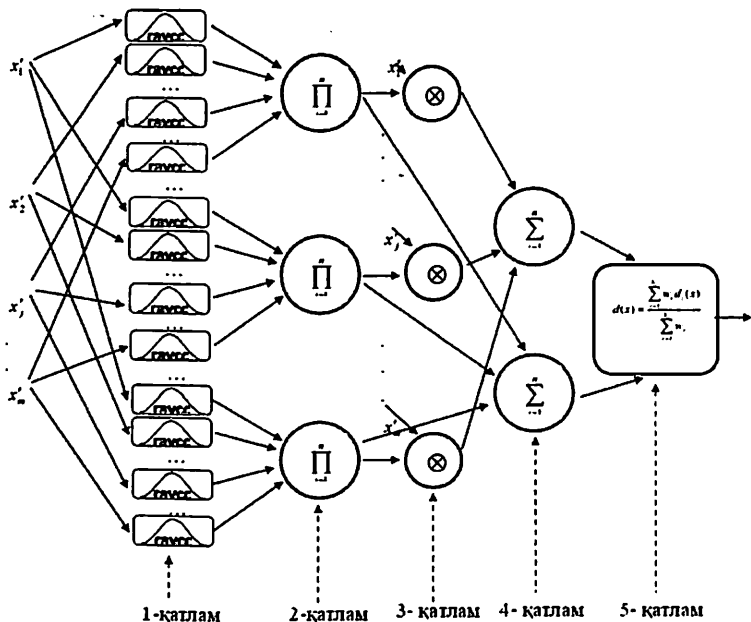
...

22. АГАР $d_1 = d_{1,5}$ ВА $d_2 = d_{2,5}$ ВА $d_3 = d_{3,5}$ ВА $\Delta d_1 = \Delta d_{1,5}$ ВА $\Delta d_2 = \Delta d_{2,5}$
У ҲОЛДА $D = D_5$.

Кейин ҳар бир чиқиш параметри учун алоҳида ташхислаш моделлари яратилди ва алгоритм ҳар бир «кириш-чиқиш»ни идентификациялайди, шунингдек, дискрет чиқишли объект таснифланади (5-расм).

Технологик жараён ҳолатини баҳолаш ва қарор қабул қилиш алгоритми қуйидагича ишлайди. Агар жараён параметри $\{T_i\}$ $i = \overline{1, \dots, n}$ интервалда бўлса, у ҳолда жараённинг кейинги параметри текширилади, (бу ерда $\{T_i^N\}$ $i = \overline{1, \dots, n}$ - жараён ишлашининг меъёрий режими (ўртача интервали)ни ифодалайди). Агар жараённинг барча асосий параметрлари меъёрий режимда ишлаётган бўлса, кейинги қадамга ўтилади ва жараённи оптималъ бошқариш бўйича қарор қабул қилинади.

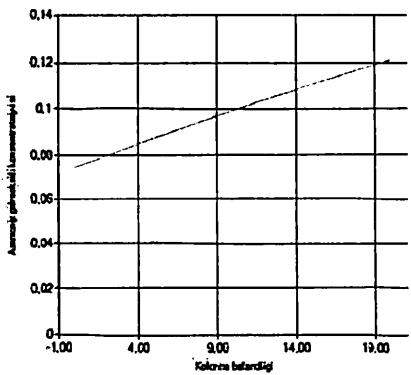
Диссертациянинг «Ишлаб чиқилган моделлар ва алгоритмларни ишлаб чиқариш шароитида дастурий татбиқ этиш» деб номланган тўртинчи боби тўртта параграфдан иборат бўлиб, карбонизация колоннасида оралик моддалар миқдорини аниқлашни моделлаштириш амалий дастури иши ёритилган, абсорбция жараёни параметрлари ва ҳолатини идентификациялаш алгоритмининг дастурий татбиқи амалга оширилган, Қўнғирот сода заводида асосий технологик жараёнларнинг ҳолатини ташхислаш дастури тестдан ўтказилган ҳамда ишлаб чиқариш шароитларида оғишишлар ва носозликларни бартараф қилиш бўйича қарорлар қабул қилишда дастурлар мажмуасини амалга ошириш натижалари келтирилган.



5-расм. ANFIS модель асосида карбонизация колоннаси ҳолатини ташхислаш учун норавшан-нейрон тармоғи алгоритми блок-схемаси

Берилган алгоритм асосида C# тилида жараён боришида суюкликда оралик ва охириги компонентлар концентрацияларини башоратлаш учун мўлжалланган дастур (6-расм) ишлаб чиқилган.

Суюqlik карбонизацияси	Ораги карбонизацияси
y(1,1) 0,026849	y(1,1) 0,773359
y(1,2) 0,70421	y(1,2) 0,023
y(2,1) 0,020059	y(2,1) 0,017688
y(2,2) 0,004971	y(2,2) 0,185927
y(2,3) 0,03085	y(2,3) 0,128373
y(2,4) 0,708797	y(2,4) 0,14145325
y(2,5) 0,1704227	y(2,5) 0,0480289
y(2,6) 0,0223495	y(2,6) 0,084083
y(2,7) 0,02547887	y(2,7) 0,4289
	y(3,1) 0,0268
	y(3,2) 0,0294
	y(3,3) 0,517



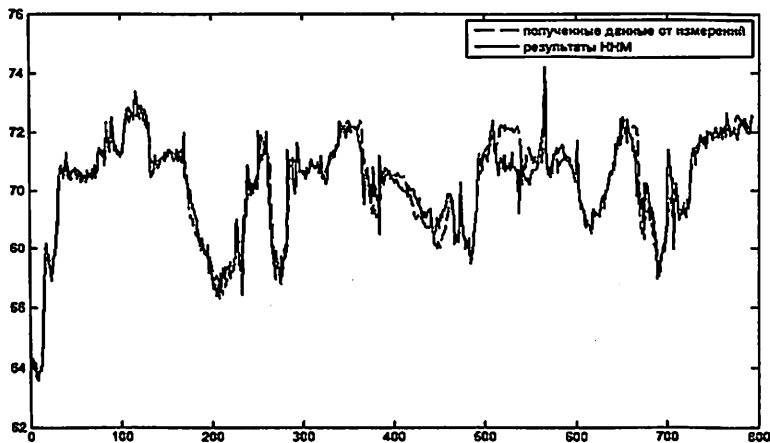
6-расм. «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция ва карбонизация жараёнларини моделлаштириш» дастурий мажмуаси

Ушбу дастур тизим гидродинамик ва кинетик ҳолатларини ҳисобга олган ҳолда, суюқлик ва газ фазалари температураси ва сарфини бошқаришга мўлжалланган.

Ишлаб чиқилган «Кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришда абсорбция ва карбонизация жараёнларини моделлаштириш» дастури уч асосий ва қўшимча битта ойначалардан иборат. Ҳар бир ойнада ишлаб чиқариш жараёнида газ ва суюқликдаги компонентлар (аммиак, карбонат ангидрид ва натрий хлорид ва хоказо) концентрациялари, колонна температураси ва босими, газ ва суюқлик сарфи, тарелкалар сони каби ўлчанган ва регламентда берилган қийматлар акс эттирилади.

Абсорбер температурасини идентификациялаш алгоритми C++ Builder дастурлаш тилида амалга оширилди.

7-расмда сода ишлаб чиқаришда ҳақиқий технологик абсорбция жараёнида ўлчанган (пунктир чизик) ва норавшан-нейрон модель асосида ишлаб чиқилган дастур ёрдамида абсорбция технологик жараёнини идентификациялашдан олинган (узлуксиз чизик) натижалар келтирилган.



7-расм. Абсорбция колоннаси чиқишида аммонизацияланган тузли эритма температурасини ишлаб чиқилган ННМ асосида идентификациялашдан олинган ва ҳақиқий жараён билан таққосланган маълумотлари (дастур интерфейсидан олинган натижа)

Карбонизация жараёни ҳолатини ташхислаш учун дастур оператор учун қулай ва интерактив режимда ишлаш, зарурат туғилса: ташхисланаётган жараённинг жорий ҳолати ҳақидаги маълумотларни мониторга чиқариш; билимлар базасидаги норавшан маҳсулотларни тузатиш; билимлар базасига турли типдаги (технологик параметрлар шкалалари, ўрнатма қийматлари ва хоказо) ахборотни жойлаш учун имкон беради.

Технологик жараёнлардаги бузилишларнинг олдини олиш ва носозликларни бартараф қилиш бўйича қарорлар қабул қилиш алгоритми маҳсулдор хулосалар ва ишлаб чиқилган қондаларга асосланиб шакллантирилган.

Карбонизация колоннасини бошқариш норавшан моделидан олинган параметрлар қийматларини таҳлил қилиб, бир моделлаштириш циклида RMSE ўртача қиймати берилган шартни қаноатлантириши ва 2,4% дан ошиб кетмаслигини таъкидлаймиз. Шу билан бирга, айрим мисолларда RMSE қиймати чегаравий қийматдан 6,4% га ошиб кетади, масалан, RMSE нинг энг катта қиймати 0,064 ни ташкил этди.

ХУЛОСА

«Турли тавсифли объектлар ҳолатларини ташхислаш моделлари ва алгоритмлари» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Технологик жараёнларни ташхислаш ва бошқарув бўйича қарорлар қабул қилиш тизимининг функциональ-тузилиш схемаси синтезланди. Унинг мавжуд тизимлардан афзаллиги шундан иборатки, у аввал тизимни ташхислаб, кейин бошқарув бўйича қарорлар қабул қилади ва бу эса қабул қилинган қарорларнинг аниқлигини оширишга хизмат қилади.

2. Карбонизация ва абсорбция жараёнларининг, оралик моддалар концентрацияси ва температура режимини ҳисобга олган ҳолда, якуний маҳсулот ҳолатини сифат ва миқдор жиҳатдан баҳолашга ёрдам берадиган аналитик модели ишлаб чиқилди. Ушбу модель мавжуд моделларга нисбатан моделлаштиришни аниқ амалга ошириш имконини беради.

3. Норавшан-нейрон модел ва TSK такомиллаштирилган алгоритминини қўлланиш асосида турли тавсифли объектларни идентификациялаш алгоритми ишлаб чиқилди. Унинг қўлланилиши маъқуллиги тажриба усулида исботланган. Ушбу алгоритмдан фойдаланиш жорий ташхислаш объектининг бўлиши мумкин бўлган турли ҳолатларини моделлаштиришга имкон берувчи оралик параметрларни сифатли идентификациялашга хизмат қилади.

4. ANFIS алгоритми асосида, мумкин бўлган оғишишларни олдиндан аниқлаш ва турли носозликларни бартараф қилиш имконини берувчи, кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқариш асосий жараёнларини ташхислаш модели ва алгоритми ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган модел ва алгоритмлар ташхислаш вақтини қисқартириш ва аниқлигини ошириш имконини беради.

5. Жараёнлар боришида кирувчи параметрлар ўзгариши билан носозликлар ошиб бориш эҳтимолигини дастлабки босқичда адекват баҳолаш ва реал вақт режимида бузилишлар режимларини бартараф қилишга мўлжалланган маҳсулий қондалар ишлаб чиқилди. Улар асосида «юмшоқ» қарорлар қабул қилинади ва бунинг натижасида ташхислаш ва қарор қабул қилиш вақтини қисқартиришга хизмат қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ФАЙЗУЛЛАЕВ БАЙРАМ АРТЫКБАЕВИЧ

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
ОБЪЕКТОВ С НЕОДНОРОДНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

05.01.02 - Системный анализ, управление и обработка информации

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2017.1.PhD/Г40.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Каипбергенов Батырбек Тулепбергенович
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: Бекмуратов Тулкин Файзиевич
доктор технических наук, профессор, академик

Гулямов Шухрат Маннапович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится «30» ноября 2018 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100202, г.Ташкент. ул.Амира Темура, 108. Тел: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (зарегистрирована за №7/106). (Адрес: 100202, г.Ташкент. ул.Амира Темура, 108. Тел: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «15» ноября 2018 года.
(протокол рассылки № 11 от «18» октября 2018 года.)



Р.Х.Хамдамов
Член-корреспондент научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Ф.М.Нуралиев
Учёный секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

М.А.Рахматуллаев
Член-корреспондент научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире большое внимание уделяется разработке, совершенствованию и практическому применению моделей и алгоритмов интеллектуализации, контроля и диагностики состояний сложных систем. Задачи своевременного обнаружения отклонений технологических режимов и локализации нарушенных состояний объектов приобретает все большее значение с ростом уровня сложности систем управления и повышения требований к ним. Обнаружение отклонений и нарушений в функционировании объектов очень важно с точки зрения обеспечения их надежности и безопасности. Во многих зарубежных странах, в том числе в Российской Федерации, Китае, Индии, Японии, Южной Корее, Сингапуре, Малайзии, США, Германии, Украине, Казахстане и других странах, большое внимание уделяется решению задач контроля, диагностирования и интеллектуального управления системами с использованием нечеткой логики, нейронных сетей и нечетко-нейронного моделирования.

В мире ведутся научно-исследовательские работы ориентированно по интеллектуализацию сложных систем управления, совершенствованию их моделей и алгоритмов и разработке алгоритмов обработки больших данных. Интеллектуальные методы технической диагностики на основе современных способов и средств информационных технологий особо востребованы, так как позволяют повысить эффективность контроля, диагностирования и управления в различных отраслях: в бортовых летательных и судовых системах управления, в системах управления энергетическими, химическими, биохимическими и нефтехимическими объектами и других системах.

В нашей республике в этом направлении особое внимание уделяется разработке интеллектуальных систем диагностирования и управления сложными системами. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 гг. определены задачи, в том числе “... дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей ..., ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, ... внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления”¹. Осуществление указанных задач, в частности совершенствование интеллектуальных систем диагностирования и управления промышленными объектами с учётом характеристических особенностей, считается одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. №УП-4947 «О мерах по дальнейшей реализации Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

выполнению задач, вредоусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5349 от 19 февраля 2017 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-2158 от 3 апреля 2014 г. «О мерах по дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики», №ПП-3245 от 29 августа 2017 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной отрасли.

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

Степень изученности проблемы. Интеллектуальные системы диагностирования и управления сегодня общепризнаны как перспективное направление научных исследований. Теория этих информационных систем и их приложения отражены в трудах А.Р.Алиева, А.А.Ерофеева, А.А.Жданова, В.Г.Конькова, В.М.Лохина, И.М.Макарова, Д.А.Поспелова, К.А.Пупкова, В.Ю.Рутковского, Р.М.Юсупова, Y.-Z.Lu, K.M.Hangos, S.Omatu и др.

В Узбекистане большой вклад в разработку высокоэффективных интеллектуальных систем управления внесли отечественные учёные Ф.Б.Абуталиев, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.М.Гулямов, Х.З.Игамбердиев, Н.А.Игнатъев, М.А.Исмоилов, В.К.Кабулов, М.М.Камилов, А.Р.Марахимов, Д.Т.Мухаммедиева, Р.Н.Усманов, Н.Р.Юсупбеков и др.

Проведенный анализ современного состояния исследований в области разработок и внедрении интеллектуальных систем диагностирования и управления состояниями объектов с учётом неоднородных характеристических особенностей показывает, что повысить точность и качество диагностики можно за счёт повышения адекватности моделей объектов. В этой области реализация теоретических идей и особенно прикладных разработок на конкретных примерах производственных объектов является одним из наиболее перспективных направлений исследования. В настоящее время недостаточно глубоко изучена проблема разработки моделей и алгоритмов системы и на их основе построение программного обеспечения контроля, диагностирования и управления производственными объектами с неоднородными характеристиками.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при

ТУИТ и Нукусского филиала ТУИТ по следующим темам: №А5-040 – «Разработка программных средств и совершенствование методов оценки состояний диагностических систем управления производственными технологическими комплексами» (2012–2014) и №КА-5-004+(№А5-042) – «Разработка моделей, алгоритмов и программных средств для интеллектуальной системы диагностики технологических объектов с неоднородными характеристиками» (2015–2017).

Целью исследования является разработка моделей и алгоритмов диагностирования производственных объектов с неоднородными характеристиками, а также их программная реализация.

Задачи исследования:

разработка интеллектуальной системы диагностирования состояний и принятия управленческих решений в объектах с неоднородными характеристиками;

построение модели оценки содержания промежуточных веществ реакции процесса абсорбции в производстве кальцинированной соды;

разработка модели состояния объекта управления с неоднородными характеристиками с помощью нечетко-нейронной модели;

разработка модели и алгоритма интеллектуальной системы диагностирования различных ситуаций производственных объектов с неоднородными характеристиками;

разработка логического вывода производственных правил по предотвращению нарушений режимов ведения процессов на производственных объектах с неоднородными характеристиками.

Объектом исследования являются процессы диагностирования производственных объектов с неоднородными характеристиками (на примере производства кальцинированной соды).

Предмет исследования составляют модели и алгоритмы диагностики, производственные правила принятия управленческих решений.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы диагностики, управления, математического моделирования, идентификации, классификации, оценки состояний, принятия решений, системного и интеллектуального анализа, обработки информации.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны математическая модель и алгоритм оценки содержания промежуточных веществ реакции процессов абсорбции и карбонизации;

разработаны модели для идентификации температурных режимов процесса абсорбции на основе нечетко-нейронной модели;

разработаны алгоритмы диагностирования различных ситуаций и распознавания причин их возникновения в объектах с неоднородными характеристиками на основе нечетко-нейронной модели;

сформулированы производственные правила предотвращения отклонений от нормы и нарушений режимов ведения основных процессов в производстве кальцинированной соды.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана программа «Моделирование процесса карбонизации в производстве кальцинированной соды», предназначенная для решения задачи оценки содержания промежуточных веществ реакции процессов абсорбции и карбонизации на основе аналитических и гибридных алгоритмов;

разработан программный комплекс «Моделирование температурных режимов технологического процесса абсорбции в производстве кальцинированной соды», ориентированный на решение задачи идентификации температурного режима процесса абсорбции, основанного на нечетко-нейронных и гибридных алгоритмах;

разработаны алгоритмы определения состояний и предотвращения отклонений от заданных норм и ситуаций, связанных с неисправностями в производственных объектах с неоднородными характеристиками.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается адекватной постановкой задач, корректным применением методов и алгоритмов диагностирования, полученными результатами теоретических и вычислительно-экспериментальных исследований и их взаимной согласованностью, опытно-промышленной апробацией в производственных условиях программ.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в дальнейшем развитии теории разработки математических моделей оценки содержания промежуточных и целевых веществ реакции процесса абсорбции, алгоритмов диагностирования и правил предотвращения отклонений от заданного состояния объекта.

Практическая значимость результатов исследования определяется возможностью применения предложенных моделей, алгоритмов диагностики, идентификации и принятия решений при проектировании новых производственных объектов и управлении родственными промышленными объектами и их подсистем.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов, связанных с моделями, и алгоритмов оценки содержания продуктов, идентификации и диагностирования состояния объектов с неоднородными характеристиками и программных комплексов:

получено заключение от ГУП «UNICON.UZ» о возможности использования программного обеспечения «Моделирование процесса карбонизации в производстве кальцинированной соды» и «Моделирование процесса карбонизации в производстве кальцинированной соды» для разработки моделей и алгоритмов диагностирования состояний и управления объектами с неоднородными характеристиками (заключение от ГУП «UNICON.UZ» 27 сентября 2018 года.). Результаты позволяют сократить время по диагностированию состояний и принятию управленческих решений и повысить точность определения неисправности;

Программа «Моделирование процесса карбонизации в производстве кальцинированной соли» разработанная на основе математической модели оценки содержания промежуточного и конечного продукта процесса абсорбции и карбонизации внедрена в унитарное предприятие «Кунградский содовый завод» для определения содержания концентрации продукта в процессе абсорбции и карбонизации (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан за №33–8/3451 от 15 мая 2018 года). Результаты научного исследования дают возможность повысить точность оценок концентрации в процессе абсорбции на 8,96%, а в процессе карбонизации – на 25%;

алгоритмы моделирования и идентификации отклонений от заданного норм и ситуаций, связанных с неисправностями в производственной системе, определения граничных и критических значений объекта и функциональной неисправности, а также соответствующие программы внедрены в филиале 6-го узла «Телекоммуникационной транспортной сети» для выявления норм и предельных значений параметров и нарушений функционирования технологических объектов (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан за №33–8/3451 от 15 мая 2018 года). Полученные результаты исследования позволяют сократить время проведения теста систем в 1,2 раза, и повысить на 3% точность определения неисправности на основе применения алгоритмов моделирования и идентификации отклонений и ситуаций, связанных с нарушениями в производственном процессе;

программный комплекс «Моделирование температурных режимов технологического процесса абсорбции в производстве кальцинированной соды», разработанный на основе алгоритмов идентификации температурного режима процесса абсорбции и диагностирования различных ситуаций объектов с неоднородными характеристиками, базирующихся на нечетко-нейронных и гибридных алгоритмах, внедрен в УП «Кунградский содовый завод» для диагностирования различных ситуаций и предотвращения отклонений от заданных норм и неисправностей (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан за №33–8/3451 от 15 мая 2018 года). Полученные результаты научного исследования позволяют сократить 1 рабочее место или 4-х операторов и уменьшить на 2% рабочие затраты при управлении технологическими процессами.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на 2 международных и 15 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликована 31 научная работа, из них 9 – в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 – в зарубежных и 8 – в республиканских журналах, а также получены 2 свидетельства об официальной регистрации программ

для ЭВМ в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы исследования, сформулирована цель и поставлены задачи исследования, указаны объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практическая значимость результатов исследования. Обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Анализ современного состояния вопросов моделирования, диагностирования и управления объектами с неоднородными характеристиками», состоящей из пяти параграфов, исследованы вопросы моделирования, диагностирования и управления производственными объектами, проведен анализ методов диагностирования состояния объекта и принятия решений, изучены подходы и способы интеллектуализации систем обработки информации и управления, рассмотрены особенности производств с неоднородными характеристиками как объектов диагностики и управления.

Под технологическими объектами с неоднородными характеристиками понимаются большая размерность объекта управления, многосвязность, нестационарность, распределенность параметров, нелинейность, разнообразие ситуаций, неполнота контроля внешних и входных воздействий, состояние объекта, изменчивость целей, критериев и ограничений. Между тем, неадекватность математического описания без учёта неоднородных характеристик объекта не позволяет точно диагностировать состояние управляемого производственного объекта и тем самым улучшить его экономические показатели.

Технологические объекты с неоднородными характеристиками отличаются следующими особенностями:

- разнообразием математического описания $y = f(x, u, z, r)$, где r – параметр, определяющий условия разнообразия математической зависимости;
- составом обобщенной математической модели технологического объекта из отдельных однородных модулей;
- выражением математической зависимости r , характеризующей неоднородности, путем математического описания однородных компонентов отдельных объектов, входящих в подгруппу Ω_i ;
- изменчивостью компонентов исходного материала, состава и содержания веществ, активностью или пассивностью катализаторов;
- неоднородностью входных переменных, конструкций аппаратов, тех-

нологий ведения процессов и др.;

- влиянием различных возмущающих факторов;
- сложностью математического описания;
- разновидностью управляющих параметров и команд.

Выделенные неоднородности особо характерны для исследуемого объекта диагностирования и управления, т.е. для производства кальцинированной соды Кунградского содового завода.

В второй главе диссертации – «Модели диагностики и идентификация состояний объектов с неоднородными характеристиками», состоящей из пяти параграфов, предложена методика формирования модели в интеллектуальных системах диагностики объектов с неоднородными характеристиками, представлена модель оценки содержания промежуточных веществ реакции процесса абсорбции в производстве кальцинированной соды, разработана модель оценки состояний технологического процесса карбонизации, построены нейро-нечеткие модели идентификации параметров и состояния объекта управления, а также модель интеллектуальной системы диагностики и управления основными технологическими процессами производства кальцинированной соды.

Предложена функционально-структурная схема системы диагностики и принятия решений по управлению технологическими процессами объектов с неоднородными характеристиками (рис. 1).

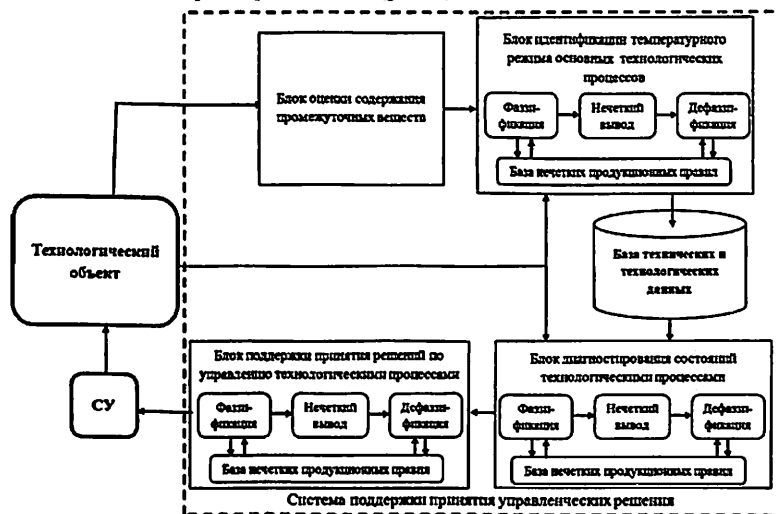


Рис. 1. Функционально-структурная схема системы диагностики и принятия решений по управлению технологическими процессами

Исследования показали, что процесс диагностирования и принятия решений для предотвращения отклонений и нарушений состоит из технологических модулей, представленных 4-мя блоками и базой данных.

При этом блок оценки содержания промежуточных веществ основан на аналитической модели, а блок диагностирования состояний технологических процессов – на алгоритме ANFIS.

Математическая модель процесса абсорбции основана на поглощении газовых смесей жидкими поглотителями. В качестве поглотителя, т.е. абсорбента, в производстве кальцинированной соды используется рассол – разбавленный натрий хлорид в воде. На заключительном этапе математическое описание всех сторон процесса объединяется в полную математическую модель, представленную на рис.2.

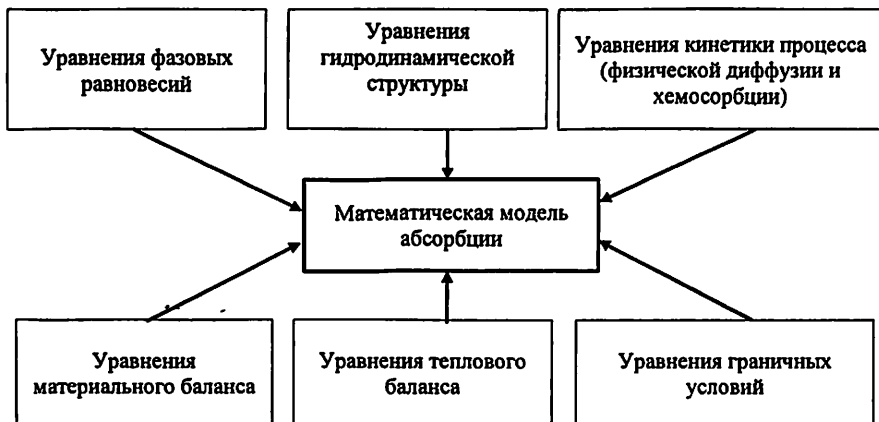


Рис. 2. Представление полной математической модели технологического процесса абсорбции

На основе выбранной гидродинамической модели (ячеечная модель с последовательно расположенными ячейками и модели проникания)

$$L(c_i^{k-1} - c_i^k) = kgaV(c_i^k - c_i^{*k}) \text{ в } T^{k-1} - T^k = \frac{L(-\Delta M)w_r}{\omega\rho v_p},$$

выведенными кинетическими зависимостями

$$\begin{cases} D_k \frac{d^2 C_k}{dl^2} = K_{mk} C_s \left[C_k - \left(\frac{C_{\text{св}}}{C_s} \right)^2 C_{k\text{св}} \right], \\ D_s \frac{d^2 C_s}{dl^2} = K_{ms} C_s \left[C_s - \left(\frac{C_{\text{св}}}{C_s} \right)^2 C_{k\text{св}} \right] + K_{ms} (C_s - C_{\text{св}}), \end{cases}$$

уравнений фазовых равновесий $P_i^* = \bar{K}_i c_i$,

уравнений материального и теплового баланса

$$\frac{L}{G} = \frac{g_n - g_r}{c_r - c_n} \text{ в } B = k\psi(T^* - \theta)F,$$

и с учетом начальных и граничных условий

$$C_k = \begin{cases} C_{kn} & \text{при } l = 0, \\ C_{k\bar{n}} & \text{при } l = \bar{h}, \end{cases} \quad \text{и} \quad C_a = \begin{cases} C_{an} & \text{при } l = 0, \\ C_{a\bar{n}} & \text{при } l = \bar{h}, \end{cases}$$

получим следующее математическое описание процесса аммонизации содового производства в непрерывном режиме:

$$\begin{cases} \frac{d^2 C_k}{dl^2} = \frac{K_{nk} C_a}{D} \left[C_k - \left(\frac{C_{an}}{C_a} \right)^2 C_{k\bar{n}} \right], \\ \frac{d^2 C_a}{dl^2} = \frac{K_{na} C_a}{D} \left[C_k - \left(\frac{C_{an}}{C_a} \right)^2 C_{k\bar{n}} \right] + K_{na} (C_a - C_{a\bar{n}}), \\ L = \frac{k_a a V (c_i^k - c_i^{k*})}{c_i^{k-1} - c_i^k}, \quad c_i^{k-1} - c_i^k = \frac{R_i^k \eta_i}{kga}, \\ \frac{L}{G} = \frac{g_i - g_{i+1}}{c_{i-1} - c_i}, \quad c_i^k = \frac{v - v_k + \frac{s - s_0}{T^{*k}}}{v_a - v_k}, \\ T^{k-1} - T^k = \frac{L(-\Delta M)_{\nu p}}{\omega \rho v_p}, \quad T^{*k} = \frac{B}{k' \psi F} + \theta. \end{cases}$$

где D_k, D_a – коэффициенты диффузии диоксида углерода и аммиака в жидкости; C_k, C_a – концентрации несвязанных диоксида углерода и аммиака; K_{na}, K_{nk} – константы скорости прямой и обратной реакций образования компоненты NH_4OH из ионов; l – расстояние, направленное от поверхности раздела фаз во внутрь жидкости; $n, ж$ – индексы на поверхности раздела фаз и в основной массе жидкости; a, k – аммиак и диоксид углерода; D – коэффициент диффузии; k' – коэффициент теплопередачи между средой в абсорбере и охлаждающим агентом.

Математическую модель карбонизационной колонны по оценкам достоверности кинетических данных представим следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dc_i}{dh} = \frac{S F_i - I_i F_n}{v N}; \quad \frac{d\Gamma_0}{dh} = \frac{S}{v} F_n; \\ \frac{L}{G} = \frac{g_{ex} - g_{min}}{c_{ex} - c_{ex}}; \quad i = 1..10; \\ F_n = \frac{k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - 2k_3 C_1^2 C_3 + 2k_4 C_5 - k_7 C_3 C_4^2 + k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2}{C_0}; \\ F_1 C_0 = k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - 2k_3 C_1^2 C_3 + 2k_4 C_5 + k_5 C_2 C_3 - k_6 C_1 C_6; \\ F_2 C_0 = k_2 C_4 - k_1 C_1 C_2 - k_3 C_2 C_3 + k_4 C_5 + k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_3 C_0 = k_2 C_4 + k_3 C_2^2 C_3 - k_7 C_3 C_4^2 + k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_4 C_0 = k_1 C_1 C_2 - k_3 C_4 - 2k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7; \\ F_5 C_0 = k_3 C_1^2 C_3 - k_4 C_5 - k_5 C_2 C_3 + k_6 C_1 C_6; \\ F_6 C_0 = k_5 C_2 C_3 - k_6 C_1 C_6 + 2k_9 C_2 C_3 C_7 + 2k_{10} C_6^2 - k_{11} C_6 C_8 + k_{12} C_9 C_{10}; \\ F_7 C_0 = k_7 C_3 C_4^2 - k_8 C_2 C_7 - k_9 C_2 C_3 C_7 + k_{10} C_6^2; \\ F_8 C_0 = k_{12} C_9 C_{10} - k_{11} C_6 C_8; \quad F_9 C_0 = k_{11} C_6 C_8 - k_{12} C_9 C_{10}; \\ F_{10} C_0 = k_{11} C_6 C_8 - k_{12} C_9 C_{10}; \end{cases}$$

Изменение константы равновесия с температурой определяется уравнением Вант – Гоффа

$$\frac{d \ln \frac{k_1}{k_2}}{dT} = \frac{d \ln \bar{K}}{dT} = \frac{\Delta M}{RT^2},$$

где \bar{K} – коэффициент равновесия; k_1, k_2 – константы скорости прямых и обратных реакций; ΔM – тепловой эффект реакции; T – температура, К.

Из полученных констант равновесий \bar{K} вычислили количество промежуточных продуктов, например, $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{NH}_4$ и NH_4HCO_3 .

Нечетко-нейронные модели обобщенно описываются в виде следующих правил нечеткого логического вывода

$$\bigcup_{r=1}^{k_l} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{(l,r)}) (\text{с весом } w_{l,k_l}) \right] \rightarrow (y = d_l), l = \overline{1, L},$$

где x и y – нечеткие параметры (например: концентрация, уровень, расход и т.п.), определенные на множествах вещественных чисел; $d_l, l = \overline{1, L}$ – лингвистическая оценка выходной переменной y , определяемая из терм множества D ; $a_i^{(l,r)}$ – лингвистическая оценка входной переменной x , в r -ой строке l -ой дизъюнкции, выбираемая из соответствующего терм-множества $A_i, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}, r = \overline{1, k_l}$; n – количество переменных; $w_{l,r}$ – число в диапазоне $[0, 1]$, характеризующее субъективную меру уверенности эксперта в части высказывания с номером $r = k_l$; k_l – количество правил, определяющих значение выходной переменной $y = d_l, l = \overline{1, L}$.

Чтобы получить дифференцируемые соотношения «входы–выход», используем гауссовы функции принадлежности (ФП)

$$\mu_{l,r}(x_i) = \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x_i - c_i^{(l,r)}}{\sigma_i^{(l,r)}}\right)^2\right), i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}, r = \overline{1, k_l},$$

где $\mu_{l,r}(x_i)$ – ФП нечеткого множества $A_i^{(l,r)}$, $c_i^{(l,r)}$ и $\sigma_i^{(l,r)}$ – параметры ФП – координата максимума и коэффициент концентрации.

Выбор гауссовой ФП обусловлен её достаточной гибкостью и простотой, которая задается лишь двумя параметрами. Это сокращает размерность задачи параметрической оптимизации при настройке нечеткой модели.

ФП выхода y соответственно решению $d_l \in [y, \bar{y}] (l = \overline{1, L})$ имеет следующей вид

$$\mu_{d_l}(y) = \max_{r=1, \dots, k_l} \left[w_{l,r} \min_{i=1, \dots, n} (\mu_{l,r}(x_i)) \right] l = \overline{1, L}.$$

Для идентификации параметров и состояний основных технологических процессов использованы нечетко-нейронные модели с применением модели TSK.

Модель диагностирования состояний технологического процесса представим следующими нечеткими и лингвистическими переменными:

$$R_s: \text{ЕСЛИ } x_1 = A_1 \text{ И } x_2 = A_2, \dots, x_n = A_n \text{ ТО } D_s = D_{s,l}; s = \overline{1, S}, l = \overline{1, L}.$$

Обучение происходит для каждого параметра «вход–выход» в два этапа.

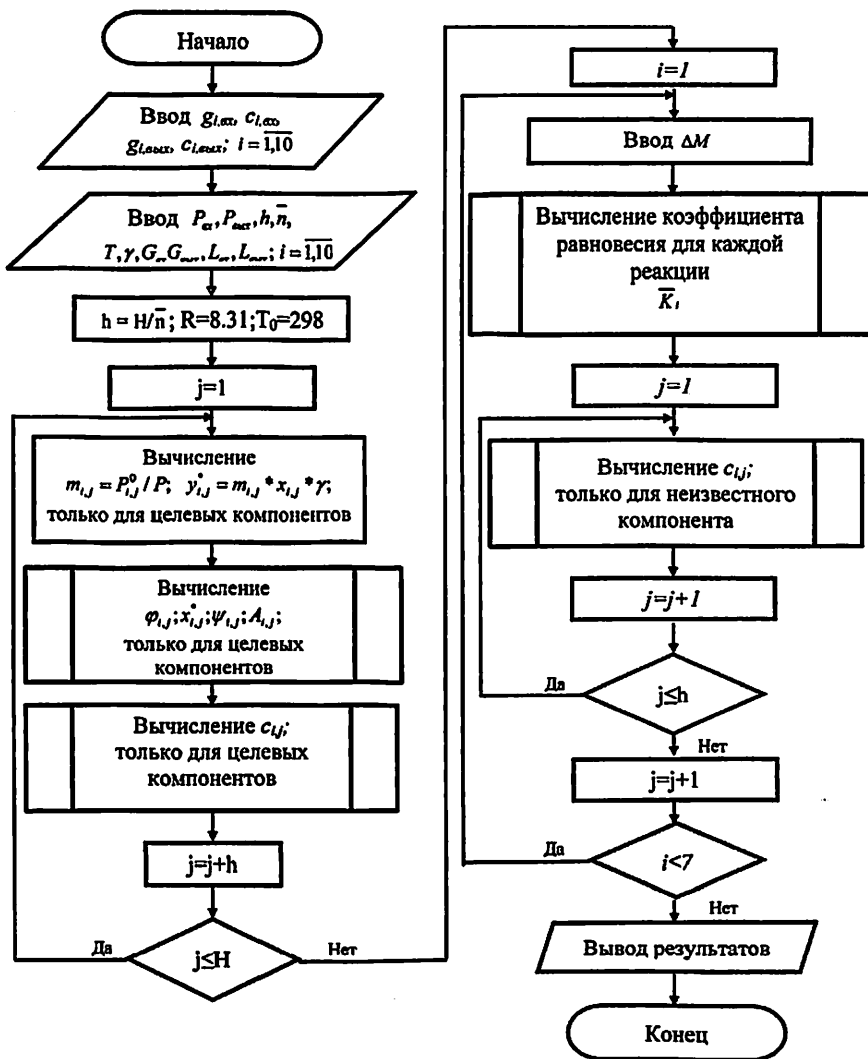


Рис.3. Блок-схема алгоритма прогнозирования концентрации компонентов в карбонизационной колонне

На первом этапе осуществляется обучение с прямым распространением сигнала по сети. На втором этапе вычисляется «мгновенная ошибка» и распределяется в обратном порядке с распространением ошибки.

В третьей главе диссертации «Алгоритмы диагностирования состояний основных процессов производства кальцинированной соды»,

состоящей из четырёх параграфов, представлены построенные алгоритм моделирования основных процессов содового производства и результаты вычислительного эксперимента, алгоритм идентификации параметров и состояния процесса абсорбции на основе нечетко-нейронной модели, разработанные алгоритм диагностирования раз личных ситуаций и распознавания причин их возникновения, алгоритм логического вывода продукционных правил для предотвращения нарушений режимов ведения процессов.

Алгоритм прогнозирования концентрации компонентов по длине колонны процесса карбонизации промежуточных и целевых компонентов в газе и жидкости ориентирован для управления температурами и расходом газа и жидкости (рис. 3).

На рис. 4 представлены графики зависимости концентрации NH_4HCO_3 в рассоле от температуры.

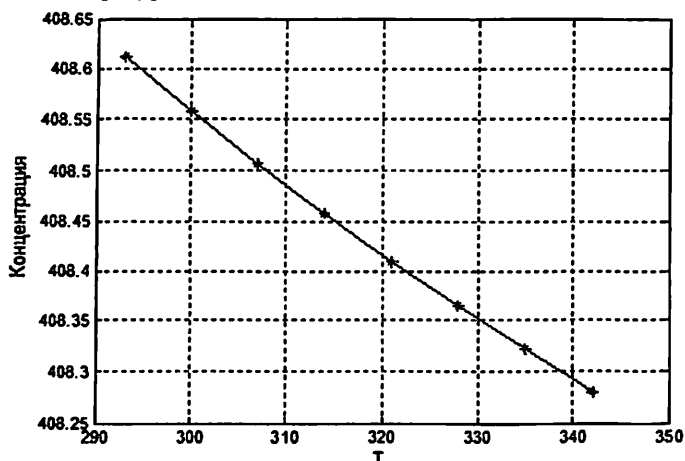


Рис. 4. График зависимости концентрации NH_4HCO_3 в рассоле от температуры

Для реализации модели идентификации основных технологических процессов производства кальцинированной соды использовали модифицированный алгоритм для объектов с неоднородными характеристиками. При формировании правил базы знаний системы диагностики предаварийных и аварийных ситуаций в технологических процессах наряду с экспертами использовали разработанную нечетко-нейронную сеть, с помощью которой обрабатывали статистическую информацию по карбонизационным колоннам.

Значения параметров для допусковых диапазонов и терм-множеств гауссовских ФП рассчитаны, исходя из допустимых отклонений каждого параметра от средних значений и в соответствии с регламентными данными отдела АДКФ производства кальцинированной соды.

В качестве целевых выбраны параметры D_i ($i = \overline{1,4}$), принимающие одно из возможных значений (состояний технологического процесса):

D_1 = «общая ситуация в колонне»;

d_1 = «удельное время осаждения частиц суспензий, сек.»;

d_2 = «удельное количество твердых частиц суспензий, об. % объема»;

d_3 = «цвет бикарбоната натрия, усл. ед. изм.»;

Δd_1 = «изменение времени осаждения частиц суспензий, сек.»;

Δd_2 = «изменение количества твердых частиц суспензий, об. % объема».

С учётом предыдущих результатов составили следующие производственные правила:

1. ЕСЛИ $d_1 = d_{1.1}$ И $d_2 = d_{2.1}$ И $d_3 = d_{3.4}$ И $\Delta d_1 = \Delta d_{1.3}$ И $\Delta d_2 = \Delta d_{2.3}$ ТО
 $D = D_1$.

2. ЕСЛИ $d_1 = d_{1.2}$ И $d_2 = d_{2.2}$ И $d_3 = d_{3.3}$ И $\Delta d_1 = \Delta d_{1.3}$ И $\Delta d_2 = \Delta d_{2.3}$ ТО
 $D = D_2$.

....

22. ЕСЛИ $d_1 = d_{1.5}$ И $d_2 = d_{2.5}$ И $d_3 = d_{3.1}$ И $\Delta d_1 = \Delta d_{1.5}$ И $\Delta d_2 = \Delta d_{2.5}$ ТО
 $D = D_4$.

Далее по каждому выходному параметру отдельно составлена диагностическую модель и алгоритм идентифицирует каждый «вход-выход» модели, а также осуществляется задача классификации объекта с дискретным выходом (рис.5).

Работа алгоритма оценки состояний и принятия управленческих решений технологического процесса состоит в следующем. Если параметр процесса лежит в интервале $\{T_i^N\}_{i=1, \dots, n}$ (здесь $\{T_i^N\}_{i=1, \dots, n}$ — означает нормальный режим функционирования процесса (средний интервал)), тогда проверяют следующий параметр процесса. Если все основные параметры процесса функционируют в нормальном режиме, проходят на следующий шаг и принимается решение по оптимальному управлению процессом.

В четвёртой главе диссертации «Программная реализация разработанных моделей и алгоритмов в производственных условиях», состоящей из четырёх параграфов, отражена работа прикладной программы моделирования по определению содержания промежуточных продуктов в карбонизационной колонне, осуществлена программная реализация алгоритма идентификации параметров и состояния процесса абсорбции, проведено тестирование программ диагностики состояния основных технологических процессов Кунградского содового завода и приведены результаты реализации комплекса программ при принятии решений по устранению отклонений и нарушений в производственных условиях. На основе алгоритма разработана программа на языке C#, которая предназначена для прогнозирования концентрации промежуточных и целевых компонентов в обработанном процессе в жидкой фазе и ориен-

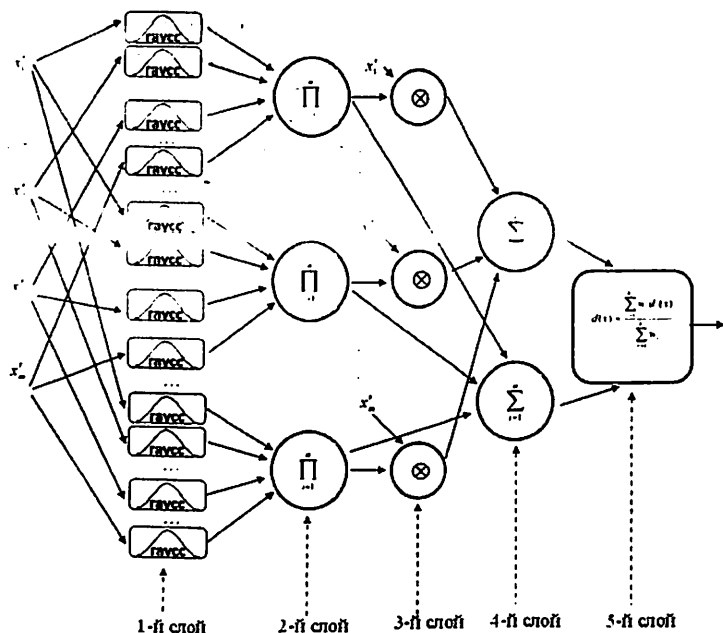


Рис. 5. Блок-схема алгоритма нечетко-нейронной сети по диагностированию состояния карбонизационной колонны на основе ANFIS

тирована на управление температурами и расходом газа и жидкости, учитывая гидродинамическое и кинетическое состояние системы (рис. 6).

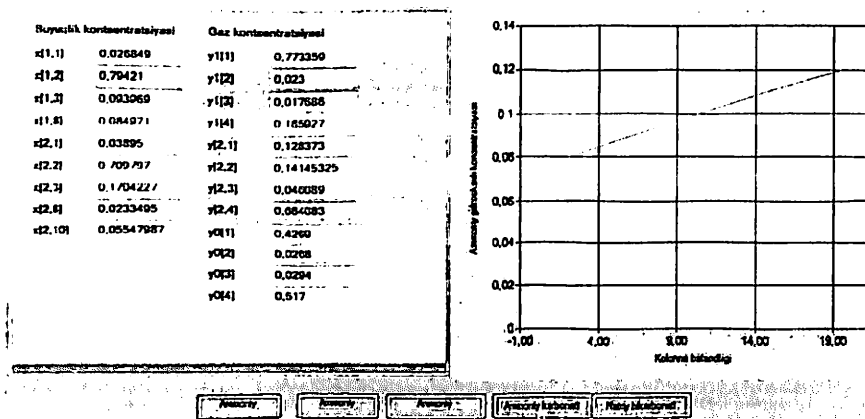


Рис. 6. Программный комплекс «Моделирование процессов абсорбции и карбонизации производства кальцинированной соды»

Разработанная программа «Моделирование процессов абсорбции и карбонизации производства кальцинированной соды» имеет три основных и дополнительных окна. На каждом окне отражаются измеренные и регламентные значения производств, такие как концентрация компонентов в газе и жидкости (аммиак, двуокись углерода, хлорид натрия), температура и давление колонны, расход газа и жидкости, число тарелок.

Программная реализация алгоритма идентификации температуры абсорбера осуществлена на языке C++ Builder.

На рис. 7 приведены данные, полученные в результате измерения реального технологического процесса абсорбции производства соды (пунктирная линия) и идентифицированный выход (сплошная линия) технологического процесса абсорбции на основе созданной нечётко-нейронной модели.

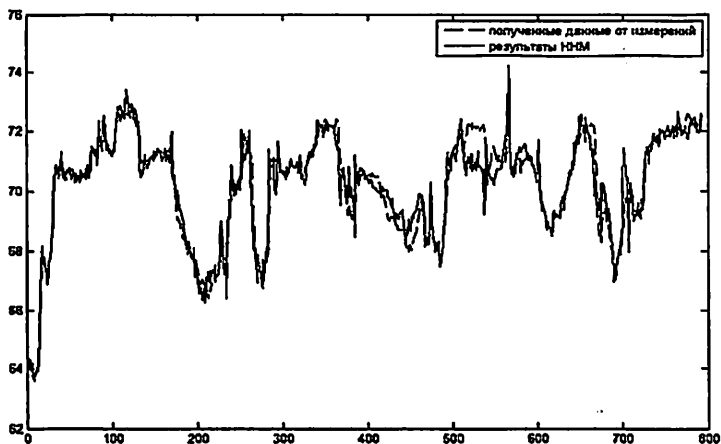


Рис.7. Идентификация температуры аммонизированного рассола на выходе абсорбционной колонны сравнительно с данными, полученными на основе разработанных ННМ, и реального процесса (Результат из интерфейса программы)

Программа удобна оператору и обеспечивает работу в интерактивном режиме, в ходе которого при необходимости реализуются: вывод на монитор информации о текущем состоянии диагностируемого процесса; корректировка нечетких продукций в базе знаний; занесение различного рода информации в базы знаний (шкалы технологических параметров, значения установок и т.д.).

Алгоритм принятия решений для предотвращения неисправностей и обнаружения нарушений технологических процессов сформирован на основе продукционного вывода и на базе разработанных правил.

Анализируя полученные значения параметров нечеткой модели управления карбонизационной колонны отметим, что среднее значение RMSE за один цикл моделирования удовлетворяет поставленному условию и не превышает 2,4%. Однако значение RMSE в отдельных примерах превышает пороговое значение 6,4%, так, например, наибольшее значение RMSE составляло 0,064.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По теме диссертационного исследования «Модели и алгоритмы диагностирования состояния объектов с неоднородными характеристиками» представлены следующие основные выводы:

1. Синтезирована функционально-структурная схема системы диагностики и принятия решений по управлению технологическими процессами с неоднородными характеристиками. В отличие от существующих систем, по данной схеме сначала производится диагностирование системы, затем принимаются решения по управлению, что безусловно способствует повышению точности принимаемых решений.

2. Разработана аналитическая модель процесса карбонизации и абсорбции с учетом концентрации промежуточных веществ и температурного режима, способствующего качественной и количественной оценке состояния целевого продукта. Данная модель позволяет более точно моделировать, чем другие существующие модели.

3. Построен алгоритм идентификации объектов с неоднородными характеристиками на основе нечетко-нейронной модели и применения модифицированного алгоритма TSK. Показана целесообразность их использования с помощью экспериментального способа. Применение указанного алгоритма заслуживает качественной идентификации промежуточных параметров, позволяющей моделировать различные возможные состояния текущего объекта диагностирования.

4. На основе алгоритма ANFIS разработаны диагностическая модель и алгоритм диагностирования основных процессов производства кальцинированной соды, позволяющие предотвращать различные возможные нарушения и предопределять обнаружение возможных отклонений. Разработанная модель и алгоритм позволяют сократить время и повысить точность диагностирования.

5. Сформулированы производственные правила, способствующие на ранней стадии адекватно оценить растущую вероятность неисправности и предопределять предотвращение нарушений режимов ведения процессов при изменении входных параметров в режиме реального времени. На их основе принимаются «мягкие» решения, за счет которых достигается сокращение времени диагностирования и принятия решения.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY
OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

FAYZULLAEV BAYRAM ARTYKBAEVICH

**MODELS AND ALGORITHMS FOR DIAGNOSING THE STATE OF
OBJECTS WITH HETEROGENEOUS CHARACTERISTICS**

05.01.02 - Systemic analysis, management and information processing

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

Tashkent - 2018

The theme of doctor philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T40.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website (www.tuit.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and Educational portal (www.ziyo.net).

Scientific adviser: **Kaipbergenov Batyrbek Tulepbergenovich**
Doctor of Technical Sciences, Senior researcher

Official opponents: **Bekmuratov Tulkin Fayzievich**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academic

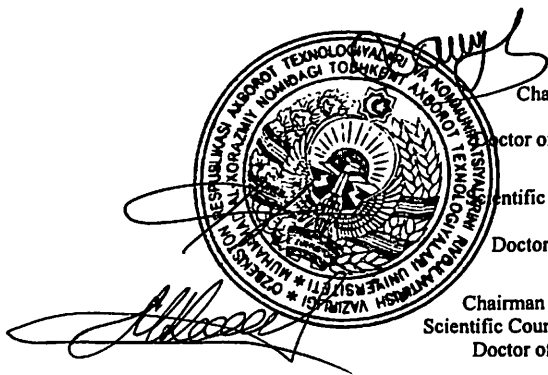
Gulyamov Shuxrat Mannapovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Tashkent chemical-technological institute**

The defense at dissertation will take place on "30" *November* 2018 at 16⁰⁰ on the meeting of Scientific Council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at the Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city. Amir Temur street, 108. Tel: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information Recourse Centre of the Tashkent University of Information Technologies at (is registered under number No. *D/106*). (Address: 100202, Tashkent city. Amir Temur street, 108. Tel: (99871) 238-65-44).

The abstract of dissertation is distributed on "15" *November* 2018 y.
(Protocol at the register No. *11* on "18" *October* 2018 y.).



R.Kh.Khamdamov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M.Nuraliev
Scientific Secretary of Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

M.A.Rakhmatullaev
Chairman of the Scientific seminar of the
Scientific Council awarding scientific degrees
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop models and algorithms for diagnosing production facilities with heterogeneous characteristics, as well as their software implementation.

The object of the research work is the process of diagnosing production facilities with non-native characteristics (for example, the production of soda ash).

Scientific novelty of the research work is as following:

a mathematical model and an algorithm for estimating the content of intermediate substances of the reaction of absorption and carbonization processes have been developed;

algorithms were created to identify the temperature regimes of the absorption process based on a fuzzy-neural model have been developed;

algorithms have been developed for diagnosing various situations and recognizing the causes of their occurrence at objects with heterogeneous characteristics based on a fuzzy-neural model;

formulated production rules for the prevention of deviations from the norm and violations of the modes of conducting the basic processes in the production of soda ash.

Implementation of research results. Based on the obtained results related to models, and algorithms for evaluating the content of products, identifying and diagnosing the state of objects with heterogeneous characteristics and software systems:

a conclusion was obtained from the State Unitary Enterprise "UNICON.UZ" about the possibility of using the software "Modeling the carbonization process in the production of soda ash" and "Modeling the carbonization process in the production of soda ash" to develop models and algorithms for diagnosing the state and control of objects with heterogeneous characteristics (conclusion from State Unitary Enterprise "UNICON.UZ" on September 27, 2018). The results allow to reduce the time for diagnosing the state and making management decisions and improve the accuracy of determining the fault;

the program "Modeling the carbonization process in the production of soda ash", developed on the basis of a model for assessing the content of intermediate substances in the reaction of absorption and carbonization processes, was adopted for implementation in the Kungrad Soda Plant UE to determine the content of the concentration of the product in the absorption and carbonization's process. (Reference of the Ministry for the development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan for the number 33-8 / 3451 dated May 15, 2018). The results of scientific research provide an opportunity to increase the concentration estimates in the process of absorption by 8.96%, and in the process of carbonization - by 25%;

algorithms for modeling and identifying deviations from a given norm and situations related to malfunctions in the production system, determining the boundary and critical values of the object and functional malfunction, as well as the corresponding programs are implemented in the branch of the 6th node of the

Telecommunications Transport Network and limiting values of parameters and the disruption of the operation of technological facilities (Certificate of the Ministry for the development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan a number 33-8 / 3451 of 15 May 2018). The obtained results of the study allow to reduce the time of the test systems by 1.2 times, and to increase by 3% the accuracy of the malfunction determination based on the use of simulation algorithms and identification of deviations and situations associated with violations in the production process;

the software package "Modeling of the temperature regimes of the absorption process in soda ash production", developed based on the algorithms for identifying the temperature regime of the absorption process and diagnosing various situations of objects with heterogeneous characteristics based on fuzzy-neural and hybrid algorithms, has been implemented in Kungrad Soda UE Plant "to diagnose various situations and prevent deviations from a given norm and malfunctions (Ministry Information on the development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan, No. 33-8 / 3451 of May 15, 2018). The results of scientific research allow to reduce 1 workplace or 4 operators and reduce by 2% the working costs in the management of technological processes.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А. Исследование особенностей технологии кальцинирования соды как объекта моделирования//Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2011. –№5. –С.19–24. (05.00.00; №12).

2. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А. Разработка математической модели процесса карбонизации содового производства//Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. –№4. –С. 48–54. (05.00.00; №5).

3. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А. Формализация процесса построения алгоритма моделирования перекрестноточного абсорбера содового производства//Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2012. –№5. –С.68–75. (05.00.00; №12).

4. Kaipbergenov B.T., Fayzullaev B.A., Turumbetov B.K., Utepbergenov J.S. The study of the reaction equation of chemical equilibria of soda ash//European Applied Sciences, Scientific journal. – Germany, 2015. –№10. –P. 35–39. (05.00.00; №2).

5. Файзуллаев Б.А. Математическое моделирование фазового равновесия жидкость–газ на примере производства кальцинированной соды//Вестник ККО АН РУз. –Нукус, 2016. –№1. –С.31–33. (05.00.00; №19).

6. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Смамутов А.А., Рейпназаров Е.Н. Математическое моделирование абсорбционного процесса на примере производства кальцинированной соды с использованием пакета MATLAB-SIMULINK//Вестник ТГТУ. –Ташкент: ТГТУ, 2016. –№2. –С.36–41. (05.00.00; №16).

7. Исмаилов М.А., Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Фозилова М.М. Оценка содержания промежуточных веществ реакции в барботажном абсорбере содового производства//Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2016. –№6. –С.60–66. (05.00.00; №12).

8. Файзуллаев Б.А. Моделирование карбонизационной колонны производства соды как объекта с неоднородными характеристиками//Вестник ККО АН РУз. – Нукус, 2017. –№1. –С.9–13. (05.00.00; №19).

9. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Худайбергенов К.К., Юлдашев К.Р. Идентификация технологического процесса аммонизации производства соды на основе нейро-нечеткой модели//Вестник ККО АН РУз. – Нукус, 2017. –№1. –С.9–13. (05.00.00; №19).

10. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Татлымуратов Н.Ж. Бошқариш тизимларида замонавий ахборот технологиялари//Фан ва жамият. – Нукус, 2013. –№4. –3–4 б.

11. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Утемурастов А. Причины возникновения задач по управлению конфигурацией технических систем//Учитель и непрерывное образование. – Нукус, 2013. –№6. –С. 93–96.

12. Turumbetov B.K., Fayzullaev B.A., Utebbergenov J.S., Atamuratov A.T. Formalizational presentation of emergency situation of chemical-technological processes using a model of semantic networks//Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Scientific journal. –Austria, 2014. –№11–12. –P. 107–111.

13. Kaipbergenov B.T., Fayzullaev B.A. Information model development of interactive system of chemical engineering system//Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation (WCIS-2010). –Tashkent: Uzbekistan. November 25–27. 2010. –P.382–386.

14. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А. Некоторые вопросы идентификации параметров для моделирования технических систем//Докл. респ. науч.-техн. конф. «Современное состояние и перспективы развития информационных технологий». – Ташкент, 2011. –Т. II. –С.139–142.

15. Файзуллаев Б.А., Туктарова А.Р. Об одном алгоритме выделения контуров производственных технологических систем на основе параметрических потоковых графов//Респ. науч.-мет. конф. “Современные информационные технологии в телекоммуникации и связи”. –Ташкент, 2011. –С.110–112.

16. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А. Об одном подходе к интерактивным системам моделирования химико-технологических процессов//Сб. докл. респ. науч.-техн. конф. мол. учён., иссл., маг. и студ. «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций». –Ташкент: ТАТУ, 2012. –Т. I. –С.115–116.

17. Файзуллаев Б.А. Сода ишлаб чиқаришдаги кўп компонентли абсорбция технологик жараёни масаласи//Матер. респ. науч.-техн. конф. «XXI век – век интеллектуального поколения». –Нукус, 2012. –С.238–241.

18. Файзуллаев Б.А., Арзиев А.Д., Сейтрузева В.К. Математическое описание процесса карбонизации//Матер. респ. науч.-техн. конф. «XXI век – век интеллектуального поколения». –Нукус, 2012. –С.238–241.

19. Файзуллаев Б.А., Турумбетов Б.К., Сейтимбетов Д.М. Исследование характеристических свойств и создание структурной схемы управления сложными производственными объектами как интеллектуальными системами//Матер. респ. науч.-техн. конф. «XXI век – век интеллектуального поколения». – Самарканд, 2013. –С.242–244.

20. Файзуллаев Б.А., Атамуратов А.Т. Тизимларни бошқаришда уларнинг ўзаро информация алоқаларини таҳлил қилиш масаласи//Респ. илм.-техн. анж. маър. тўпл. «Ахборот ва телекоммуникация технологияларидан фойдаланиш самарадорлиги». – Тошкент, 2014. –1-қисм. –255–257 б.

21. Файзуллаев Б.А., Шамукулов А.А. Алгоритм расчёта режимов пуска и останова при экстремальных состояниях биотехнологического объекта//Сб. докл. респ. науч.-техн. конф. «Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем». – Ташкент, 2014. Ч. I. –С. 250–252.

22. Файзуллаев Б.А., Атамуратов А.Т. Аманбаева А.Т. Ишлаб чиқариш технологик комплексларида авария олди ва авариявий ҳолатларда маслаҳат

берувчи дастурий тизимни яратиш//Респ. илм.-техн. анж. маър. тўпл. «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари». – Нукус, 2015. – 2-қисм. –417–420 б.

23. Файзуллаев Б.А., Сейтнийзов Д.Б. Технологик тизими техник ҳолати диагностикаси норавшан моделини яратиш алгоритми//Сб. докл. Респ. науч.-техн. конф. «Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем». –Ташкент, 2015. Ч. II. –С.46–48.

24. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Смамутов А.А. Айрим кимёвий ишлаб чиқариш жараёнларида фазаларо мувозанат масаласи//Респ. илм.-амал. анж. матер. тўпл. «Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар». –Фарғона, 2015. –44–45 б.

25. Файзуллаев Б.А., Сабирова Г.Т. Технологик диагностика тизими тузилиши тавсифларини ўрганиш//Респ. илм.-техн. анж. маър. тўпл. «Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари». –Тошкент, 2016. –2-қисм. –354–356 б.

26. Файзуллаев Б.А., Смамутов А.А. Сода ишлаб чиқишдаги аммонизация жараёнини математик моделлаштириш//Респ. илм.-амал. анж. матер. тўпл. «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуникация технологиялари асосида ривожлантириш истиқболлари». – Қарши, 2016. –221–223 б.

27. Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Рузымбаева С.А. Определение норм и значений параметров, характеризующих функционирование химико-технологических объектов//Межд. науч.-практ. конф. «European scientific conference». – Пенза, 2017. –С.49–53.

28. Файзуллаев Б.А., Мамутова А. Турли тавсифли технологик жараёнларни башоратлаш//Респ. илм.-амал. анж. матер. тўпл. «Таълим ва илмий-тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот коммуникация технологияларининг ўрни». – Қарши, 2017. –257–259 б.

29. Файзуллаев Б.А., Сабирова Г.Т., Ачилова Д.И. Карбонизация технологик жараёнини ташхислаш масаласи//«Мухаммад ал-Хоразмий издошлари» мавз. респ. илм.-техн. анж. матер. тўпл. – Ургенч, 2018. –305–307 б.

30. Исмаилов М.А., Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Фозилова М.М., Турумбетов Б.К. Прикладная программа «Моделирование процесса карбонизации в производстве кальцинированной соды» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 03992. 29.09.2016 г.

31. Исмаилов М.А., Каипбергенов Б.Т., Файзуллаев Б.А., Турумбетов Б.К., Кадыров А.А. Моделирование температурных режимов технологического процесса абсорбции в производстве кальцинированной соды. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство №DGU 04972. 18.01.2018 г.

Автореферат “Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

**Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма №28.**

**«Тошкент кимё-технология институти» босмаҳонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.**