

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.3/03.06.2023.Т.04.03 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

УСМАНОВ КОМИЛ ИСРОИЛОВИЧ

**СИНЕРГЕТИК ЁНДАШУВ АСОСИДА НОЧИЗИҚЛИ ДИНАМИК
ОБЪЕКТЛАРНИ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ АЛГОРИТМИК
СИНТЕЗЛАШ**

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

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент– 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Усманов Комил Исроилович

Синергетик ёндашув асосида нечирик динамик объектларни
бошқариш тизимларини алгоритмик синтезлаш.....3

Усманов Комил Исроилович

Алгоритмический синтез систем управления нелинейными
динамическими объектами на основе синергетического подхода.....21

Usmanov Komil Isroilovich

Algorithmic synthesis of control systems for nonlinear dynamic objects based
on a synergetic approach.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.3/03.06.2023.Т.04.03 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

УСМАНОВ КОМИЛ ИСРОИЛОВИЧ

**СИНЕРГЕТИК ЁНДАШУВ АСОСИДА НОЧИЗИҚЛИ ДИНАМИК
ОБЪЕКТЛАРНИ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ АЛГОРИТМИК
СИНТЕЗЛАШ**

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

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент– 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.4.PhD/T1429 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Сиддиков Исомиддин Хақимович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Каипберганов Ботирбек Тулепбергенович
техника фанлари доктори, профессор

Искандаров Зоҳид Эргашбаевич
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги PhD.3/03.06.2023.Т.04.03 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгаш 20__ йил «__» _____ соат __ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (+998) 71-244-79-20, факс (+998) 71-244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz) Тошкент кимё-технология институти маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали.

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс Марказида танишиш мумкин (__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (+998) 71-244-79-20.

Диссертация автореферати 2023 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2023 йил «__» _____ даги __ рақамли реестр баённомаси).

Б.Ш.Усмонов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор

З.А.Машарипова

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

А.Артиқов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда мавжуд замонавий мураккаб техник тизимлар ўзида муайян технологик функцияларни бажарадиган ва ўзаро бир-бири билан энергия, моддалар ва маълумотлар алмашинадиган жараёнлардан иборат турли хил осттизимлар комплексини ташкил қилади. Технологик жараёнларни автоматлаштириш соҳасидаги асосий вазифалардан бири бу бошқариш жараёнининг сифатини яхшилайдиган синергетик ёндашув усулларида фойдаланган ҳолда юқори самарали бошқариш тизимларини яратиш ҳамда кам энергия ва ресурс сарфлаб, юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқаришга эришишдир. Бу борада бир қатор етакчи хорижий мамлакатларда кўплаб ютуқларга эришилган бўлиб, уларда асосан синтезлаш масалаларини ечишда ночизикли объектларни табиий хусусиятларини ҳисобга олиш ва бошқаришнинг янги қонуниятларини яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда технологик жараёнларни бошқариш тизимларини такомиллаштиришга, хусусан, нефтни қайта ишлаш корхоналарида синергетик ёндашув усулларида фойдаланишни жорий этиш орқали юқори сифатли маҳсулотларни олиш учун илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Реал шароитда ишлаб чиқариш жараёнлари мураккаб хусусиятга эга бўлиб, у турли хилдаги ташқи ва ички таъсирлар остида бўлади. Ушбу ва бошқа таъсирларнинг ноаниқлиги, технологик параметрларнинг ўзаро боғлиқлиги ҳамда уларнинг ночизиклилик хусусиятлари юқори сифатли бошқариш тизимини яратиш масаласини мураккаблаштиради. Шу жиҳатдан нефть маҳсулотларига ишлов бериш, хусусан дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини замонавий бошқариш усулларида бири бўлган синергетик ёндашув асосида бошқариш тизимларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамиз иқтисодиётининг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган нефтни қайта ишлаш жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш тизимларини яратишда энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш имконини берувчи юқори самарадорликга эга бошқариш тизимларини яратишга алоҳида эътибор берилмоқда. Бу борада, 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш...»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан нефтни қайта ишлаш жараёнларини сифат кўрсаткичларини яхшилаш мақсадида замонавий техник воситалардан фойдаланган ҳолда, дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини тежамкор технологиялар асосида рақамли бошқариш тизимини моделлаштириш ва синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш зарурати туғилади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 1 февралдаги ПФ-5646-сон «Ўзбекистон Республикаси ёқилғи-энергетика тармоғини бошқариш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 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 ривожлантиришнинг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Нефтни қайта ишлаш корхоналарида нефть хом ашёсига ишлов бериш, жумладан дизель ёқилғисини олишда гидротозалаш жараёни мураккаб хусусиятга эга бўлиб, бу жараёни бошқариш тизимини замонавий усуллар асосида такомиллаштириш билан боғлиқ бўлган илмий-техникавий наشرлар таҳлили ушбу соҳада маълум даражада назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан далолат беради. Бу борада жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, жумладан, Rockwell Automation, Massachusetts Institute of Technology, Honeywell (АҚШ), LIFE халқаро лабораторияси, University of Münster, Siemens (Германия), Wecan Agrotexservis (Жанубий Корея) ҳамда олий таълим муассасалари: BISC (АҚШ), Зиген университети (Германия), Донгук университети (Жанубий Корея) ва Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетидан кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Нефть маҳсулотларини гидротозалаш жараёнини нозичилик хусусиятини ҳисобга олган ҳолда бошқариш тизимини такомиллаштириш ва уларни амалиётга тадбиқ этиш бўйича кўплаб хорижлик олимлар, жумладан, Г.Хакен², А.А. Колесников³, А.Н. Лабутин⁴ ва бошқалар, ҳамда интеллектуал технологиялар асосида бу жараёнларни бошқариш тизимларини яратиш ва такомиллаштириш бўйича илмий муаммоларни ечишга мамлакатимиз олимларидан Н.Р.Юсупбеков⁵, Х.З.Игамбердиев⁶, Т.Ф.Бекмуратов⁷,

² Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 406 с.

³ Колесников А. А. Синергетическая теория управления. — 1994.

⁴ Лабутин А. Н., Невиницын В. Ю. Синтез нелинейного алгоритма управления химическим реактором с использованием синергетического подхода //Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya. — 2017. — Т. 60. — №. 2.

⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. -Тошкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. — 2014. — С.490.

⁶ Igamberdiyev X.Z. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account//Chemical Technology, Control and Management. Volume – 2018. Issue 2. – pp.47-52.

⁷ Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003. – с.24-35.

Ш.М.Гулямов.⁸, И.Х.Сиддиқов⁹ ва бошқалар ўзларини катта хиссаларини кўшганлар.

Шу билан бирга, дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг хусусиятларини, жумладан унинг параметрларини ночизиклилигини ва динамик ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда юқори самарали бошқариш тизимини яратишнинг ахборот технологиялари ютуқларидан фойдаланган ҳолда замонавий бошқариш усуллари ва алгоритмларини такомиллаштиришни талаб этади. Шу муносабат билан дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг замонавий бошқариш усулларида бири бўлган синергетик ёндашув назарияси усулларида фойдаланган ҳолда бошқариш тизимини агрегирлашган ростлагичларни аналитик конструкциялаш алгоритмларини яратиш ва такомиллаштириш долзарб масалалардан биридир.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг ИТД-5-36 – “Нефть-кимё қурилма ва мажмуаларини технологик хавфсизлиги мониторингининг ахборот-аналитик интеллектуал тизимини яратиш” (2012-2014) ва БА-А5-025 – “Кўп босқичли карбонизациялаш жараёнини адаптив бошқариш тизими ва автоматлаштирилган мониторингини ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиш” (2017-2018) мавзуларидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади синергетик ёндашув асосида ночизикли динамик объектларни бошқариш тизимларини синтезлаш моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ночизикли динамик объектларни бошқариш жараёнини замонавий ҳолатини тизимли таҳлил қилиш;

синергетик ёндашув асосида ночизикли динамик объектларни бошқариш тизимларини математик моделларини ишлаб чиқиш;

ночизикли динамик объектларни синергетик ёндашув асосида ночизикли бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

ночизикли динамик объектларни синергетик ёндашув асосида агрегирланган ростлагичларни синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнидаги кимёвий реактор параметрларини синергетик ёндашув асосида бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва дастурий мажмуасини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг объекти сифатида дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини бошқариш тизимлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети дизель ёқилғисини гидротозалаш технологик жараёнини бошқариш усуллари, моделлари ва алгоритмлари ҳисобланади.

⁸ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018. – pp.128-131.

⁹ I.H. Sidikov, K.I. Usmanov, N.S. Yakubova. SYNERGETIC CONTROL OF NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS. «Chemical Technology. Control and Management». №2(92), 2020.pp. 44-55. International scientific and technical journal. URL: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss2/8>.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, дифференциал тенгламалар назарияси, автоматик бошқариш назарияси, имитацион моделлаштириш ва синергетик бошқариш назарияси усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ночизиқли динамик объектларни юқори самарали бошқариш тизимини яратиш имконини берувчи синергетик ёндашув усуллари асосида ностационар технологик жараёнларнинг аналитик динамик моделларини қуришнинг механизми ишлаб чиқилган;

ўз-ўзини ташкил этиш хусусиятига эга бўлган бошқариш қонунларини яратиш имконини берувчи агрегирланган ростлагичларни аналитик конструкциялашнинг синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

технологик жараёнларни агрегирланган ростлагичларни аналитик конструкциялаш усули асосида синергетик бошқариш қонуниятларини яратишга имкон берувчи бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг технологик параметрларининг ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда жараённинг барқарорлигини таъминлаш имконини берувчи синергетик бошқариш тизими ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини квазиоптимал технологик режимларини амалга ошириш асосида энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш имконини берувчи бошқариш тизимининг функционал схемаси ишлаб чиқилган;

жараёнлар кечишининг технологик режимлари барқарорлаштириш ва уларнинг ишлаш самарадорлигини оширишга имкон берувчи синергетик ёндашув асосида кимёвий реакторнинг бошқариш тизимининг такомиллаштирилган структуравий схемаси ишлаб чиқилган;

синергетик ёндашув асосида ночизиқли динамик объектларни бошқариш тизимларини синтезлаш масалаларини ечишнинг дастурий-алгоритмик таъминоти ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқотнинг ишончлилиги назарий асосланган, ночизиқли динамик объектларни автоматик бошқариш ва тажриба усулларида тўғри фойдаланилганлиги, таклиф этиладиган бошқариш моделлари ва алгоритмларининг белгиланган даражада мослиги, апробация қилинган замонавий бошқариш назарияси усулларида қўлланилиши, назарий ва амалий тадқиқотлардан олинган натижалар ва уларнинг ўзаро мослиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти бошқариш жараёнига ўз-ўзини ташкил қилиш ва ўз-ўзини сошлаш хусусиятини берувчи синергетик ёндашув усуллари асосида ночизиқли динамик объектларни бошқариш тизимларини синтезлашнинг конструктив моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти нефть маҳсулотларини гидротозалаш жараёнининг статик ва динамик тавсифларини ночизиклигини ҳисобга олган ҳолда кимёвий реакторнинг такомиллаштирилган синергетик бошқариш тизимини синтезлашнинг математик ва алгоритмик таъминотини яратишдан иборат бўлиб, у узлуксиз характерли технологик жараёнларни рақамли бошқариш тизимини лойиҳалашнинг дастурий воситасини ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Синергетик ёндашув асосида ночизикли динамик объектларни бошқариш тизимларини алгоритмик синтезлаш бўйича олинган натижалар асосида:

дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг такомиллашган бошқариш системасини тадқиқ қилишнинг синергетик ёндашув асосида тузилган моделлари ва алгоритмлари «Фарғона НҚИЗ» МЧЖда жорий қилинган («Фарғона НҚИЗ» МЧЖнинг 2023 йил 23 майдаги № 08-201-сон маълумотномаси). Натижада, ахборотларни қайта ишлаш вақтини 1,3 % га камайтириш ҳисобига, жараённи бошқаришда натижаларни олиш ва қарор қабул қилишнинг тезлигини 1,5 % га ошириш имконини берган;

дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг технологик параметрларини оптимал қийматларини таъминловчи рақамли бошқариш тизими «Фарғона НҚИЗ»да жорий этилган («Фарғона НҚИЗ» МЧЖнинг 2023 йил 23 майдаги №08-201-сон маълумотномаси). Натижада, «Фарғона НҚИЗ»да кимёвий реакторнинг ҳарорат режимини номинал қийматдан оғиши 1,9 % га камайтириш имконини берган;

синергетик бошқариш назарияси усулларини қўллаш асосида дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг асосий бошқарилувчи параметрларини технологик регламентга мос равишда ушлаб туришни таъминловчи микроконтроллерли бошқариш тизими «Фарғона НҚИЗ»да жорий этилган («Фарғона НҚИЗ» МЧЖнинг 2023 йил 23 майдаги № 08-201-сон маълумотномаси). Натижада, водород сарфини 0,9 % га, ҳамда энергия сарфини 1-2 % га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 6 та Республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ҳамда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий иш, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан, 1 таси хорижий ва 6 таси республика журналларида нашр этилиб, ЭҶМ лар учун дастурий маҳсулотларга рўйхатдан ўтган 3 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 108 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Ночизикли динамик объектларни бошқаришнинг замонавий ҳолати”** номли биринчи бобида ночизикли динамик объектларни бошқариш жараёларининг хусусиятлари, ночизикли объектларни мавжуд бошқариш усуллари ва алгоритмлари тизимли таҳлил қилинган ҳамда бундай хоссаларга эга бўлган динамик объектларни бошқаришда синергетик ёндашув усулларида фойдаланишга асосланган.

Маълумки ҳар қандай реал объектлар ночизиклилик, кўп ўлчамлилик ва кўп боғланишлилик хусусиятларига эга бўлиб, уларда турли ҳил кўринишдаги режимлар ва мураккаб характерли ўткинчи жараёнлар содир бўлади. Шунинг учун бу каби динамик тизимларни мавжуд бошқаришнинг анъанавий усуллари асосида керакли натижага эришиб бўлмайди. Бу эса объектларни, кенг диапазонда, ночизиклик хусусиятини ҳисобга олган ҳолда бошқариш тизимини яратиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Шу нуқтаи назардан, ҳозирги вақтда ишлаб чиқиладиган маҳсулотнинг сифат кўрсаткичларига қўйилаётган талабларнинг ортиб бориши унда содир бўладиган технологик жараёнларни бошқариш тизимини мураккаблаштиришга сабаб бўлмоқда. Бу эса, ўз навбатида юқори даражали автономлик ва мослашувчанлик хоссасига, шунингдек объект хусусиятининг ночизиклигини ҳисобга олишни имконини берувчи юқори самарадорликка эга бўлган бошқариш тизимини яратишга эҳтиёжни келтириб чиқаради.

Бунда тизимнинг динамикасини ночизиклиги ва жараёларининг термодинамикасига асосланган ҳолда бошқариш тизимини яратишда синергетик ёндашув усулларида фойдаланиш орқали самарали натижага эришиш мумкин.

Синергетик бошқариш назариясининг асосий хусусиятлари шундан иборатки, бунда синтезлаш масалаларини ечишда ночизикли объектларни табиий хусусиятларини ҳисобга олиш ва бошқаришнинг янги қонуниятларини яратиш имконини беради. Диссертация ишида ночизикли хусусиятга эга бўлган дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини бошқаришда синергетик ёндашув усулларида фойдаланиш имкониятлари кўриб чиқилган. Бу жараённи бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқишнинг бир қатор муҳим хусусияти билан мураккаблашади: объектда ночизиклилик хусусиятлари мавжудлиги, кўп ўлчамлилик, ўзаро боғлиқ бўлган узатиш каналларининг мавжудлиги, математик моделнинг ноаниқлиги, тўғридан-тўғри ҳолатни ўзгартириш имконияти, қурилмага

кираётган хом-ашё оқимларининг хусусиятлари барқарор эмаслиги, технологик жараён фақатгина ўлчанувчи параметрлари бўйича амалга оширилганлиги, жараённинг бир қатор асосий параметрларини тезкор режимда ўлчаб бўлмаслиги, қурилмага келиб тушаётган водород ва дизель ёқилғиси миқдорининг ностабиллиги сабабли жараённи сифатли бошқариб бўлмаслиги, ташқи таъсирларни назоратсиз қолишлиги ва гидротозалашда кечадиган жараённинг ностационарлиги ва бошқалар.

Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда, диссертация иши ночизикли динамик объектларни синергетик ёндашув асосида синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш масаласига бағишланган.

Диссертациянинг **“Ночизикли динамик объектларни синергетик бошқариш тизимларини моделлаштириш”** номли иккинчи боби синергетик ёндашув асосида ночизикли динамик объектларни бошқаришнинг математик асосларига таянган ҳолда динамик моделларини қуриш, моделлар тузилишини тавсифлаш, ҳамда объектларни бошқаришнинг векторли қонунининг синтезлашга бағишланган.

Ночизикли динамик объектнинг ночизикли дифференциал тенгламалар тизими қуйидаги кўринишида берилган бўлсин:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{d\tau} &= f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = \overline{1, n-1} \\ \frac{dx_n}{d\tau} &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) + u, \end{aligned} \quad (1)$$

бу ерда: $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – ҳолат векторлари, u – скаляр бошқариш.

Ночизикли динамик объектнинг асимтотик турғунлигини таъминлайдиган шундай бошқариш қонуни $u(\psi) = u(x)$ ни топиш керакки, (1) – тизимнинг фазавий фазодаги тасвирловчи нуқтасини ихтиёрий бошланғич ҳолат $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ дан инвариант хилма-хиллик $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ га ўтказади. Хилма-хиллик тасвирловчи нуқтани дастлаб зарурий фазавий траекторияга яқинлаштиради, сўнгра эса, бу бўйича зарурий координатага ҳаракатини таъминлайди. Берк тизим объект - ростлагич турғун бўлишига таянган ҳолда хилма-хилликларнинг конструкцияси тузилади. Макроўзгарувчи $\psi(x)$ бошланғич нуқтадан $u(x)$ бошқариш таъсири остида кўзғалганда, тасвирловчи нуқта хилма-хиллик $\psi(x) = 0$ га тушгунча ўзгариб туради. Синергетик бошқариш назариясида $u(x)$ бошқариш қонунини синтезлаш процедурасида оптимал бошқариш назарияси терминларидаги вариацион ҳисоблашдан фойдаланиш мумкин. Динамик тизимлар учун оптималлик критерияси ҳолат фазасида ўзгарувчан структурага эга катта ва кичик четлашишлар режимида тизим сифат кўрсаткичларига қўйиладиган талабларни акс эттириши керак бўлган агрегир макроўзгарувчидан функционал кўринишда берилади. Функционални қуйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$J = \int_0^{\infty} F(\psi, \dot{\psi}) d\tau, \quad (2)$$

бу ерда: $F(\psi, \dot{\psi})$ – узлуксиз дифференциал функция; $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – $\psi(0, 0, \dots, 0) = 0$, $\dot{\psi} = d\psi / d\tau$ фазовий координаталарнинг узлуксиз дифференциал функцияси;

$$F(\psi, \dot{\psi}) = m^2 \phi^2(\psi) + c^2 \psi^2, \quad (3)$$

бу ерда: m, c – константалар.

Унда (2) функционални куйидаги кўринишга ифодалаймиз:

$$J = \int_0^{\infty} (m^2 \phi^2(\psi) + c^2 \psi^2) d\tau, \quad (4)$$

бу ерда: $\phi(\psi)$ – ифода $\psi \neq 0$ нинг ҳамма ҳолатида куйидаги шартларни қаноатлантириши керак: $\phi(0) = 0$ ва $\phi(\psi) \cdot \psi > 0$.

$\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ функциясининг тўлиқ ҳосиласини куйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial x_i}{\partial \tau} \quad (5)$$

$dx_i / d\tau$ ни ўрнига (1) объект моделининг тенгламаларини кўйиб, куйидаги кўринишдаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) + \frac{\partial x_i}{\partial \tau} u \quad (6)$$

$\phi(\psi) = \psi$ деб белгилаб, (6) оптималлик функционалини куйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$J = \int_0^{\infty} \left[m^2 \psi^2 + c^2 \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i + \frac{\partial x_i}{\partial \tau} u \right)^2 \right] d\tau \quad (7)$$

(7) функционал берилган бошқариш объекти ҳамда бошқариш тизимининг хусусиятларини характерлайди.

(4) ёки (7) функционаллар экстремумининг зарурий шarti (минимуми) ни куйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$\delta J = \int_0^{\infty} \left(\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{d}{d\tau} \frac{\partial F}{\partial \dot{\psi}} \right) \delta \psi d\tau = 0 \quad (8)$$

(8) ўринли бўлади, агар қавс ичидаги ифода нолга тенг бўлса:

$$\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{d}{d\tau} \frac{\partial F}{\partial \dot{\psi}} = 0 \quad (9)$$

(9) ифода Эйлер тенгламаси дейилади. Агар F функция вақтга боғлиқ бўлмаса, унда Эйлер тенгламаси куйидаги кўринишда ёзамиз:

$$\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{\partial^2 F}{\partial \psi \partial \dot{\psi}} \dot{\psi} - \frac{\partial^2 F}{\partial \dot{\psi} \partial \dot{\psi}} \ddot{\psi} = 0 \quad (10)$$

бу ерда: $\dot{\psi} = \frac{d\psi}{dt}$ $\ddot{\psi} = \frac{d^2\psi}{dt^2}$ га тенг.

Иккинчи тартибли дифференциал тенглама (10) нинг ечими экстремал ҳисобланади, у ҳолда (10) тенгламанинг биринчи интегралини куйидаги кўринишда ифодалаб оламиз:

$$m^2\dot{\psi}^2 + c^2\dot{\psi}^2 - 2c^2\dot{\psi}^2 = 0, \quad m^2\dot{\psi}^2 = c^2\dot{\psi}^2 \quad (11)$$

Бу ифода турғун ва нотурғун экстремалларни ўз ичига олиб, улар (7) функционал учун минимумни таъминлайди. (11) ифоданинг чап ва ўнг қисмларидан квадрат илдизни чиқариб, турғун экстремаллар учун қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$T\dot{\psi} + \psi = 0 \quad (12)$$

бу ерда $T = c/m$ га тенг. $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ макроўзгарувчига нисбатан (12) тенгламанинг асимптотик турғунлик шарти қуйидагича: $T > 0$.

Шундай қилиб, бошқариш қонунини синтезлашга оптимал бошқариш назарияси нуқтаи назаридан ёндашиш юқорида таъкидлаб ўтилган функционал тенгламани беради.

(12) ифодадаги $d\psi/dt$ ўрнига (6) га қўйиб қуйидагича ифодани ҳосил қиламиз:

$$T \frac{\partial \psi}{\partial x_n} u + T \sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i + \psi = 0$$

Бундан бошқаришни умумий кўринишда қуйидагича ифодалаймиз:

$$u = - \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_n} \right)^{-1} \left[\sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i + \frac{1}{T} \psi \right] \quad (13)$$

(13) ифода кўрсатилаган бошқариш қонунини синтезлаш процедураси агрегирланган ростлагичларни аналитик конструкциялаш (АКАР) усули деб номланади.

АКАР усулини икки ўлчамли ночизикли динамик тизимга тадбиқини кўриб чиқамиз. Объект ночизикли дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлсин:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{d\tau} &= f_1(x_1, x_2), \\ \frac{dx_2}{d\tau} &= f_2(x_1, x_2) + u, \end{aligned} \quad (14)$$

бу ерда x_1, x_2 – ҳолат координаталари, u – скаляр бошқариш. Динамик объектининг асимптотик турғунлигини таъминлайдиган шундай бошқариш қонуни $u = u(x_1, x_2)$ ни топиш керакки, (14) – тизимнинг фазовий фазадаги тасвирловчи нуқтасини ихтиёрий бошланғич ҳолат $x^0 = (x_1^0, x_2^0)^T$ дан инвариант хилма-хиллик $\psi(x_1, x_2) = 0$ га ўтказади. Хилма-хил тасвирловчи нуқтани дастлаб зарурий фазовий траекторияга яқинлаштиради сўнгра эса, бу бўйича координата бошига ҳаракатини таъминлайди (1-расм). Хилма-хилликнинг структураси шундай танлаш керакки, унда объектнинг характерли хусусиятлари сақланиши лозим (2-расм), масалан мувозанат ҳолатида фазовий координаталарнинг маълум муносабатини сақлаб қоладиган тарзда танланади. $\psi(x_1, x_2)$ функцияси ўзгарувчилар ҳолатини бир - бирига боғлиқлигини билдирадиган агрегир макро ўзгарувчи дейилади.

Бошланғич ҳолатда $\psi(x_1^0, x_2^0) \neq 0$ га тенг. Модомики, бошқариш таъсирида тизимнинг ташкил этувчи нуқтаси $\psi(x_1, x_2) = 0$ хилма-хилликка тушса, унда асимптотик турғунлигини таъминлайдиган асосий функционал тенгламани юқорида таъкидлаб ўтганимиздек, оддий дифференциал тенглама кўринишда қуйидагича ифодалаймиз:

$$T \frac{d\psi}{d\tau} + \psi = 0 \quad (15)$$

(15)-тенглама 1-тартибли аperiодик звенонинг эркин ҳаракатини тасвирлайди.

Агрегир макро ўзгарувчини ҳосиласи $\frac{d\psi}{d\tau} = \frac{\partial\psi}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} + \frac{\partial\psi}{\partial x_2} \cdot \frac{dx_2}{d\tau}$ ни тўлиқ ҳисоблаб, (15) - функционал тенгламани (14) - тенглама модели орқали қуйидагича ифодалаб оламиз:

$$T \left[\frac{\partial\psi}{\partial x_1} \cdot f_1(x_1, x_2) + \frac{\partial\psi}{\partial x_2} \cdot f_2(x_1, x_2) + \frac{\partial\psi}{\partial x_2} \cdot u \right] = -\psi$$

бу ердан бошқариш қонуни учун қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$u = \left[\frac{\partial\psi}{\partial x_2} \right]^{-1} \cdot \left[-\frac{1}{T}\psi - \frac{\partial\psi}{\partial x_1} \cdot f_1(x_1, x_2) - \frac{\partial\psi}{\partial x_2} \cdot f_2(x_1, x_2) \right] \quad (16)$$

$\psi(x_1, x_2) = 0$ хилма-хилликда x_2 кординатани x_1 билан ифодалаб қуйидагини оламиз :

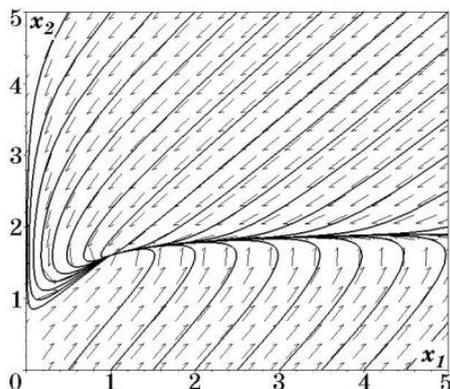
$$x_{2\psi} = \varphi(x_{1\psi})$$

Бу ифодани (14) тенгламага қўйиб, тизимнинг ҳаракат тенгламасини $\psi(x_1, x_2) = 0$ бўйича қуйида кўринишда ифодалаймиз:

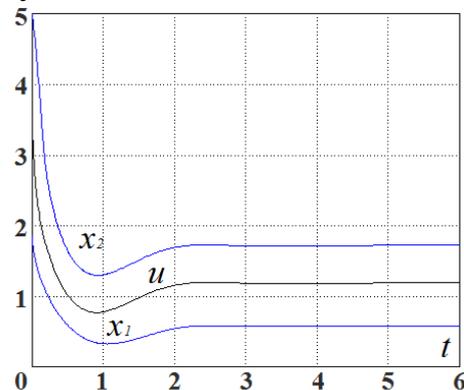
$$\frac{dx_{1\psi}}{d\tau} = f_1(x_{1\psi}, \varphi(x_{1\psi}))$$

Шундай қилиб, математик модел дифференциал тенгламалар тизимининг ўлчами биттага камайди, шунингдек тизимнинг динамик бўлиниши (декомпозиция) юз берди.

Синергетик бошқариш назарияси усулининг механизми



1-расм. Тизимнинг фазавий портрети.



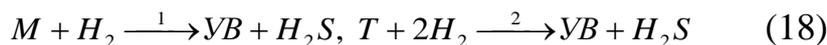
2- расм. Тизимнинг вақт бўйича ўзгариш графиги

Таклиф этилган бу усул нозизиқли динамик объект ҳолатини ностационар ва ташқи омиллар ноаниқлиги шароитида бошқариш моделини яратиш имконини беради.

Диссертациянинг “Дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг оптимал ишлаш режимини синтезлаш ва моделлаштириш” номли учинчи бобида бошқариш тизимларининг оптимал ишлаш режимини моделлари ва ростлаш тизимини синтезлаш алгоритмлари келтирилган.

Қаралаётган бошқариш тизими нозизиқли, кўп ўлчамли ва кўп боғланишли, ҳамда ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлиги, жараёнга таъсир қилувчи факторларнинг таъсирини ноаниқлиги синтезлаш масаласини ечишда айрим қийинчиликларни келтириб чиқаради. Шунинг учун бу хусусиятларни ҳисобга олиш имкониятини берувчи синергетик бошқариш назариясига асосланган ҳолда бошқариш тизимини синтезлашда қўлланиладиган структурасини танлаш ва оптимал ишлаш режимини топиш масалалари муҳим роль ўйнайди. Бунда моделнинг реал объект билан адаптациялаш масаласи асосий вазифалардан биридир.

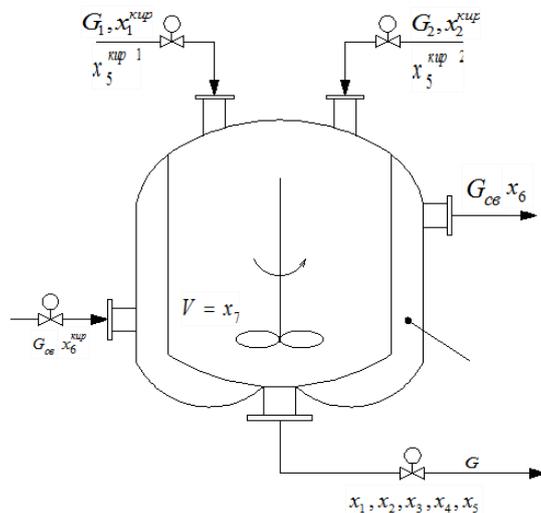
Объектнинг таҳлили сифатида кимёвий реакторни кўриб чиқамиз (3-расм). Кимёвий реакторда қуйидаги кетма-кетликдаги кимёвий реакция кетмоқда:



Кимёвий реактордаги кимёвий реакциянинг кинетикаси қуйидаги кўринишда ифодаланилади:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \\ \dot{x}_2 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \dot{x}_3 = k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \\ \dot{x}_4 = k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 - k_3 \cdot x_1 \cdot x_4 \end{cases} \quad (19)$$

x_1, x_2, x_3 – кириш реагентларининг концентрацияси; x_4 – реакция маҳсулотлари концентрацияси; k_1, k_2 – кимёвий реакция тезликларининг константалари.



3-расм. Кимёвий реакторнинг принципал схемаси

бу ерда: $x_1^{куп}, x_2^{куп}$ – кириш реагентларининг концентрацияси; $x_5^{куп1}, x_5^{куп2}$ – кириш реагенти оқимларининг температураси; G_1, G_2 – кириш реагентларининг сарфлари; $G_{св}$ – қурилмага кираётган ва қурилмадан чиқаётган совитувчи агент сарфи; $x_5^{куп}, x_5$ – қурилмага кираётган ва қурилмадан чиқаётган совитувчи агент температураси; G – қурилмадан чиқаётган аралашма сарфи; x_1, x_2, x_3, x_4 – реактордаги компонентларининг концентрацияси; x_5 – қурилмадаги реакцион аралашма температураси; $V = x_7$ – қурилма хажми; $G_{св}$ – буғ қобиғидаги совитувчи агент хажми;

Кимёвий реактор динамикасининг математик модели реактордаги ҳар бир компонентнинг материал баланс тенгламасидан, реакцион аралашманинг иссиқлик баланс тенгламасидан ва буғ қобиғидаги совитувчи агентдан ташкил топган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = R_1 + \frac{G_1 \cdot x_1^{куп}}{V} - \frac{G \cdot x_1}{V}, \\ \dot{x}_2 = R_2 + \frac{G_2 \cdot x_2^{куп}}{V} - \frac{G \cdot x_2}{V}, \\ \dot{x}_3 = R_3 - \frac{G \cdot x_3}{V}, \\ \dot{x}_4 = R_4 - \frac{G \cdot x_4}{V}, \\ \dot{x}_5 = \frac{G_1 \cdot x_5^{куп1}}{V} + \frac{G_2 \cdot x_5^{куп2}}{V} - \frac{G \cdot x_5}{V} + \frac{\Delta H_1 \cdot k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 + \Delta H_2 \cdot k_2 \cdot x_1 \cdot x_3}{\rho \cdot C} - \frac{K_T \cdot F_T \cdot (x_5 - x_6)}{V \cdot \rho \cdot C} \\ \dot{x}_6 = \frac{G_{св} \cdot x_6^{куп}}{V_{св}} - \frac{G_{св} \cdot x_6^{куп}}{V_{св}} + \frac{K_T \cdot F_T \cdot (x_5 - x_6)}{V_{св} \cdot \rho_{св} \cdot C_{св}} \end{cases} \quad (20)$$

бу ерда, $R_1 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$, $R_2 = -k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$, $R_3 = k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4$, $R_4 = k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$ – компонентларнинг реакция тезлиги, $\Delta H_i, i = 1, \dots, 3$ – реакция босқичларига мос иссиқлик эффекти, реакторга кираётган компонентлар сарфларининг йиғиндиси; K_T – девордан иссиқлик ўтказиш коэффициенти; F_T – қурилманинг иссиқлик алмашинишининг юзаси; ρ, C – реакцион аралашманинг зичлиги ва иссиқлик сиғими; $\rho_{св}, C_{св}$ – совитувчи агентнинг зичлиги ва иссиқлик сиғими.

Ушбу келтирилган муносабатлар асосида бошқариш объектига қўйиладиган талабларга тўлиқ жавоб берадиган бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди.

Диссертация ишининг **“Синергетик ёндашувни дизель ёқилғисини гидротозалаш технологик жараёнининг бошқариш тизимларининг амалий тадбиқи”** деб номланган тўртинчи бобида дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг муҳим технологик параметрлари, яъни кимёвий реактордаги ҳарорат ва компонентлар концентрациясини ростлаш тизимини яратилган синергетик ёндашув асосида синтезлаш усуллари, моделлари ва

алгоритмларини дизель ёқилғисининг гидротозалаш жараёнига қўллаш натижалари келтирилган.

Дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг ҳароратини турли ноаниқликлар мавжуд бўлган ҳолда АКАР усули ва бошқариш алгоритмларининг самарадорлигини баҳолаш учун Matlab дастурида кимёвий реакторнинг параметрларини ростлаш тизимининг имитацион модели қурилган ҳамда ташқи таъсирлар мавжуд бўлганда бир қатор ҳисоблаш тажрибалари ўтказилган. Кимёвий реакторни векторни бошқаришда, чиқишидаги компонентлар концентрацияси ва ташқи таъсирларда аппаратдаги реакция аралашмасининг ҳароратларини барқарорлаштиришдан иборат. Кимёвий реакторнинг математик модели (20) ни қуйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = R_1 + M_A - b_2 x_1 - b_3 x_1 u, \\ \dot{x}_2 = R_2 - b_2 x_2 + (M_B - b_3 x_2) u, \\ \dot{x}_3 = R_3 - b_2 x_3 - b_3 x_3 u, \\ \dot{x}_4 = R_4 - b_2 x_4 - b_3 x_4 u, \\ \dot{x}_5 = \alpha_1 k_1 x_1 x_2 + \alpha_2 k_2 x_1 x_3 + \alpha_3 k_3 x_1 x_4 + b_2 x_5^{kup1} + \beta_1 x_6 - (\beta_1 + b_2) x_5 + (x_5^{kup2} - x_5) b_3 u, \\ \dot{x}_6 = \beta_2 (x_5 - x_6) + b_1 (x_6^{kup} - x_6) \cdot u_2 \end{cases} \quad (21)$$

бу ерда:

$$M_A = G_1 \cdot x_1^{kup} / V; M_B = x_2^{kup} / V; b_1 = G_{c6} / V_{c6}; b_2 = G_1 / V; b_3 = 1 / V; \alpha_i = \Delta H_i / (\rho \cdot C), i = 1, \dots, 3;$$

$$\beta_1 = K_T F_T / (\rho \cdot C \cdot V); \beta_2 = K_T F_T / (\rho_{c6} \cdot C_{c6} \cdot V_{c6});$$

$R_i, i = 1, \dots, 4$ – тегишли модданинг реакция тезлиги; $u = G_{c6}$ – ростланувчи таъсир.

$u = G_{c6}$ – 21- объектнинг математик модели иккита ташқи бошқарувчи таъсирларга $u_1 = G_2$ ва $u_2 = G_c$ эга бўлганлиги сабабли, АКАР усули қўллаймиз.

Биринчиси тизим технологик талабларини ифодаловчи ва иккинчиси x_6 ва ростланувчи катталиқ x_5 ларни ўзаро боғлиқлигини ифодаладиган иккита агрегир макроўзгарувчиларни киритамиз:

$$\psi_1 = x_4 - \bar{x}_4, \quad \psi_2 = x_6 + v_1 \cdot (x_5), \quad (22)$$

бу ерда $v_1 \cdot (x_5)$ – функция.

Макроўзгарувчи АКАР усулининг асосий функционал тенгламасини қаноатлантирилиши керак:

$$T_1 \dot{\psi}_1(t) + \psi_1(t) = 0, i = 1, 2. \quad (23)$$

Бошқариш қонуни $u = (u_1, u_2)^T$ синтезлаш учун макроўзгарувчилар ψ_1, ψ_2 ни функционал тенглама (23) га қўйиб, қуйидаги ифодаларни ҳосил қиламиз:

$$T_1 \frac{dx_4}{d\tau} + x_4 - \bar{x}_4 = 0, \quad T_2 \left[\frac{dx_6}{d\tau} + \frac{\partial v_1}{\partial x_5} \frac{dv_1}{d\tau} \right] + x_6 + v_6 = 0.$$

(21) объект тенгамасини ҳисобга олиб, бу ифодалар қуйидаги кўринишга келади:

$$T_1(R_4 - b_2x_4 - b_3x_4u_1) + x_4 - \bar{x}_4 = 0, \quad (24)$$

$$T_2 \left[\beta_2(x_5 - x_6) + b_1(x_6^{kip1} - x_6)u_2 + \frac{\partial v_1}{\partial x_5} \cdot (f_5 + \beta_1x_6 + (x_5^{kip2} - x_5)b_3u_1) \right] + x_5 + v_1 = 0,$$

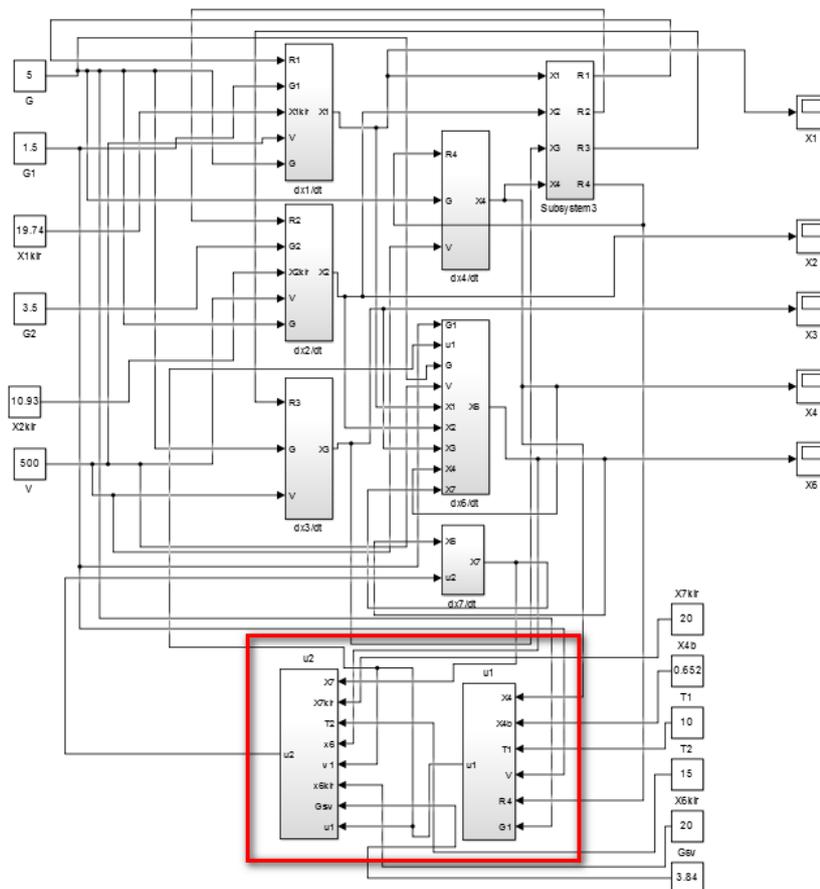
бу ерда $f_5 = \alpha_1k_1x_1x_2 + \alpha_2k_2x_1x_3 + \alpha_3k_3x_1x_4 + b_2x_5^{kip1} - (\beta_1 + b_2)x_5$.

(24) дан фойдаланиб, бошқариш қонуни учун ифодани қуйидаги кўринишда ифодалаймиз:

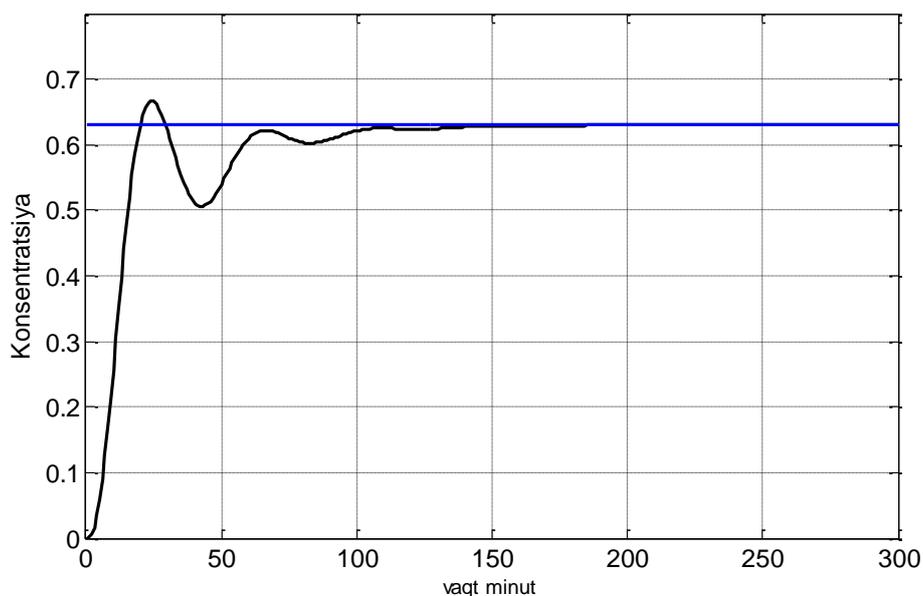
$$u_1 = \frac{(x_4 - \bar{x}_4)}{T_1 \cdot b_3 \cdot x_4} + \frac{R_4}{b_3 \cdot x_4} - \frac{b_2}{b_3}, \quad (25)$$

$$u_2 = \frac{(x_6 + v_1)}{T_2 \cdot b_1 \cdot (x_6^{kip} - x_6)} - \frac{\beta_2(x_5 - x_6)}{b_3 \cdot (x_6^{kip} - x_6)} - \frac{\partial v_1}{\partial x_5} \cdot \frac{[f_5 + \beta_1 \cdot x_6 + (x_5^{kip} - x_5) \cdot b_3 \cdot u_1]}{b_1(x_6^{kip} - x_6)}$$

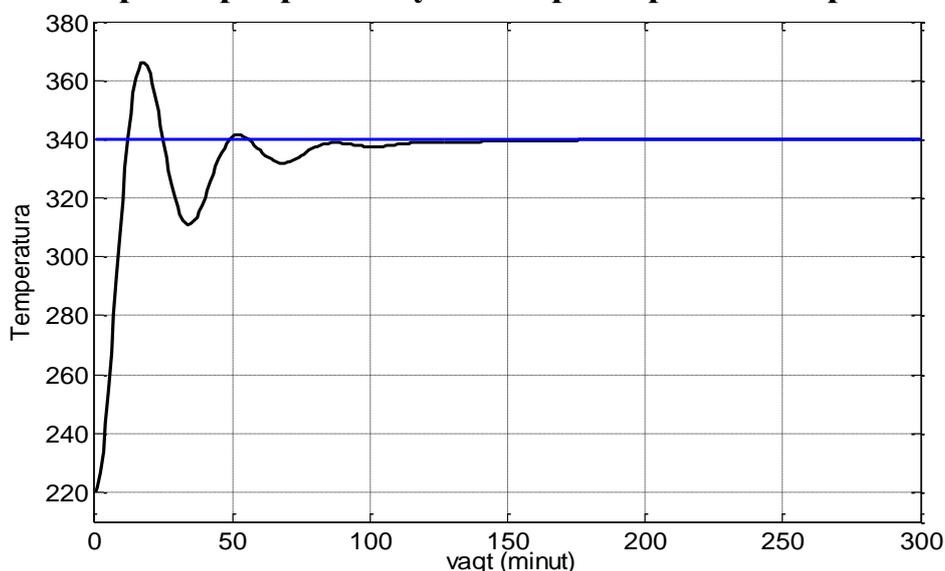
Кимёвий реактор динамикасининг математик модели ифодасини (20) юқорида кўриб чиқдик. Кимёвий реакторнинг оптимал ишлаш режими реакция аралашма ҳарорати ва чиқишдаги компонент концентрациясини берилган қийматларда ушлаб туриш билан таъминланади (4-расм). Концентрация ва ҳароратни ростлаш учун бошқариш каналлари сифатида G_2 – кирувчи реагент оқими ва G_{cv} – қурилмага кираётган совитувчи агент сарфларидан фойдаланамиз.



4-расм. Кимёвий реакторни синтезлаш жараёнини бошқаришнинг блокли имитацион модели



5-расм. Поғонали туртки берилгандаги бошқариш ва чиқиш параметрларининг ўтиш характеристикалари.



6-расм. Поғонали туртки берилгандаги бошқариш ва чиқиш параметрларининг ўтиш характеристикалари.

Ўтиш жараёни графикларидан кўриниб турибдики (5,6-расм), кўзгалтирувчи ташқи таъсир мавжуд бўлганда, синергетик ростлагичли бошқариш тизими барқарор ишлайди ва бошқариш объектини бир ҳолатдан иккинчисига етарлича тезликда ўтказди. Имитацион тажриба натижалари шуни кўрсатдики, ташқи ғалаёнлар ноаниқлиги шароитида синергетик ростлагичли бошқариш тизими ўзининг барқарорлигини ва бошқарувнинг талаб қилинадиган сифатини таъминлайди. Дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини бошқаришда ишлаб чиқилган синергетик ёндашув асосида бошқариш тизимини қўлланилиши натижасида “Фарғона НҚИЗ”да кимёвий реактор ҳарорат режимининг номинал қийматидан оғиши 1,2 % га камайишига эришилган, бу эса ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини сезиларли даражада оширишга олиб келади.

ХУЛОСА

Диссертацияда тизимли таҳлил, синергетик бошқариш назарияси концепцияси асосида ночизикли динамик объектларни бошқариш тизимини синтезлашнинг динамик моделлари ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Тадқиқот нихоясида қуйидаги илмий натижалар олинди:

1. Ночизикли динамик объектларни синергетик ёндашув асосида бошқариш тизимларининг математик моделларини ишлаб чиқилган. Бу ноаниқликлар шароитида технологик жараённинг динамик хоссаларини ягона математик восита асосида шакллантириш имконини беради.

2. Ночизикли динамик объектларни синергетик ёндашув асосида ночизикли бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқилган. Бу ўз-ўзини ташкил этиш хусусиятига эга бўлган бошқариш қонунларини яратиш имконини беради.

3. Ночизикли динамик объектларни синергетик ростлагичли автоматлаштирилган бошқариш тизимини модели ишлаб чиқилган бўлиб, у технологик жараёни синергетик бошқариш тизимини яратиш учун математик асос бўлиб хизмат қилади.

4. Синергетик ёндошув асосида кимёвий реакторнинг технологик параметрлари (температура ва компонентларнинг концентрациялари) ни автоматик барқарорлаштиришнинг ночизиклилик қонунини аналитик синтезлаш масаласи шакллантирилган. Бошқариш қонунларини аналитик кўринишда олиш имконини беради.

5. Дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнининг синергетик бошқариш тизими ишлаб чиқилган. Бу технологик параметрларининг ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда жараённинг барқарорлигини таъминлаш имконини беради.

6. Технологик жараёнларни бошқаришда синергетик ёндошув усуллари асосида синергетик ростлагичнинг оптимал ростлаш параметрларини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган. Буни амалиётга тадбиқ этиш натижасида кимёвий реактор ҳароратини номинал қийматидан оғишини 2,2 % га камайтиришга эришилди.

7. Диссертация ишининг тадқиқотлари натижасида дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнида водород сарфини 0,9% га, ҳамда энергия сарфини 1,2 % га камайтиришга эришилди. Ишлаб чиқилган синергетик ёндошувни дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнига тадбиқ этиш натижасида тозаланган дизель ёқилғисини сифат кўрсаткичини 1,4 % га оширишга эришилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PhD.3/03.06.2023.T.04.03 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УСМАНОВ КОМИЛ ИСРОИЛОВИЧ

**АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
НЕЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ
СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.4.PhD/T1429.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

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

Научный руководитель:	Сиддиков Исомиддин Хакимович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Каипберганов Ботирбек Тулепбергенович доктор технических наук, профессор Искандаров Зоҳид Эргашбаевич доктор философии по техническим наукам (PhD)
Ведущая организация:	Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «__» _____ 20__ года в __ часов на заседании Разового Научного совета на основе Научного совета PhD.3/03.06.2023.T.04.03 при Ташкентском химико-технологическом институте (Адрес: 100011, г.Ташкент, Шайхантахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института (зарегистрировано №__). (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 20__ года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 20__ года)

Б.Ш. Усмонов

Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

З.А.Машарипова

Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
к.т.н., доцент

А.Артиков

Председатель 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 в последнее время современные сложные технические системы представляют собой комплекс различных подсистем, выполняющих определенные технологические функции и связанных между собой процессами и обменом энергией, веществами и информацией. Одной из основных задач в области автоматизации технологических процессов является создание высокоэффективных систем управления с использованием методов синергетического подхода, позволяющих повысить качество процесса управления и добиться производства высококачественной продукции при меньших затратах энергии и ресурсов. В этом плане немало достижений достигнуто в ряде ведущих зарубежных странах, где большое значение при решении задач синтеза имеет создание новых законов управления с учетом естественных свойств нелинейных объектов.

В мире проводятся научные исследования по совершенствованию систем управления технологическими процессами, в частности, по получению высококачественной продукции за счет внедрения методов синергетического подхода на нефтеперерабатывающих предприятиях. В реальных условиях производственные процессы имеют сложный характер и подвержены различным внешним и внутренним воздействиям. Неопределенность этих и других эффектов, взаимозависимость технологических параметров и их нелинейность усложняют задачу создания качественной системы управления. С этой точки зрения, особое внимание уделяется совершенствованию систем управления на основе синергетического подхода, который является одним из современных методов управления переработкой нефтепродуктов, особенно гидроочисткой дизельного топлива.

В Республике Узбекистан уделяется большое внимание в целом, автоматизации систем управления, и в том числе созданию систем усовершенствованного управления, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение в процессах переработки нефтепродуктов. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг., в том числе: «Продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и рост объема производства промышленной продукции в 1,4 раза...»¹. Для реализации этих задач, в том числе повышения качественных показателей процессов нефтепереработки, необходима разработка алгоритмов моделирования и синтеза цифровой системы управления процессом гидроочистки дизельного топлива на основе экономически эффективных технологий с использованием современных технических средств.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы» УП-60 от 28 января 2022 года.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана», от 01 февраля 2019 года № УП-5646 «О мерах по коренному совершенствованию системы управления топливно-энергетической отраслью Республики Узбекистан», постановлениями №ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности» и №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно-правовых документами, принятыми 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 IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Процессы переработка нефтяного сырья на нефтеперерабатывающих заводах, в том числе процесс гидроочистки с получением дизельного топлива, характеризуется определенными сложностями, и анализ научно-технических публикаций, связанных с совершенствованием системы управления этим процессом на основе современных методов, свидетельствуют о том, что в этой области в определенной степени достигнуты теоретические и практические результаты. В этом направлении в ведущих мировых исследовательских центрах, в том числе Rockwell Automation, Massachusetts Institute of Technology, Honeywell (США), международная лаборатория LIFE, University of Münster, Siemens (Германия), Wecan Agrotexservis (Южная Корея) и в высших учебных заведениях, как BISC (США), Зигенский университет (Германия), Донгукский университете (Южная Корея), Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова ведутся обширные научные исследования.

Научное исследование ряда зарубежных ученых, в том числе Г.Хакена², А.А. Колесникова³, А.Н. Лабутина⁴ и др. посвящена совершенствованию системы управления процессом гидроочистки нефтепродуктов с учётом нелинейности и их практическому применению и ученые специалисты нашей страны Н.Р.Юсупбеков⁵, Х.З.Игамбердиев⁶, Т.Ф.Бекмуратов⁷, Ш.М.Гулямов⁸

² Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 406 с.

³ Колесников А. А. Синергетическая теория управления. — 1994.

⁴ Лабутин А. Н., Невиницын В. Ю. Синтез нелинейного алгоритма управления химическим реактором с использованием синергетического подхода //Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya. — 2017. — Т. 60. — №. 2.

⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. -Тошкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. — 2014. — С.490.

⁶ Igamberdiyev X.Z. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account//Chemical Technology, Control and Management. Volume — 2018. Issue 2. — pp.47-52.

и И.Х.Сиддиқов⁹ и другие внесли большой вклад для решения научных проблем создания и совершенствования систем управления этими процессами на основе интеллектуальных технологий. В связи с этим создание и совершенствование алгоритма аналитического конструирования агрегированных регуляторов системы управления процессом гидроочистки дизельного топлива с использованием методов теории синергетического подхода является одним из актуальных задач.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета ИТД-5-36 – «Разработка информационно-аналитической интеллектуальной системы мониторинга технологической безопасности нефтехимических установок и комплексов» (2012-2014); БА-А5-025 – «Разработка и внедрение адаптивной системы управления и автоматизированного контроля процесса многоступенчатой карбонизации» (2017-2018).

Целью исследования является разработка моделей и алгоритмов синтеза систем управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода.

Задачи исследования:

системный анализ современного состояния управления нелинейными динамическими объектами;

разработка математических моделей систем управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода;

разработка алгоритмов нелинейного управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода;

разработка алгоритмов синтеза агрегированных регуляторов нелинейных динамических объектов на основе синергетического подхода;

разработка алгоритмов синтеза и создание программного комплекса системы управления параметрами химического реактора в процессе гидроочистки дизельного топлива на основе синергетического подхода.

Объектом исследования является система управления процессом гидроочистки дизельного топлива.

Предметом исследования являются методы, модели и алгоритмы управления технологическим процессом гидроочистки дизельного топлива.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы методы системного анализа, теория дифференциальных

⁷ Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003. – с.24-35.

⁸ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018. – pp.128-131.

⁹ I.H. Sidikov, K.I. Usmanov, N.S. Yakubova. SYNERGETIC CONTROL OF NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS. «Chemical Technology. Control and Management». №2(92), 2020.pp. 44-55. International scientific and technical journal. URL: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss2/8>.

уравнений, теория автоматического управления, методы имитационного моделирования и теория синергетического управления.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан механизм построения аналитических динамических моделей нестационарных технологических процессов на основе методов синергетического подхода, позволяющий создать высокоэффективную систему управления нелинейными динамическими объектами;

разработаны алгоритмы синтеза аналитического конструирования агрегированных регуляторов, позволяющие создавать законы управления со свойством самоорганизации;

разработаны алгоритмы синтеза системы управления на основе метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов технологических процессов позволяющие создавать синергетические законы управления;

разработана синергетическая система управления, позволяющая обеспечить стабильность процесса с учетом изменчивости технологических параметров процесса гидроочистки дизельного топлива.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана функциональная схема системы управления на основе реализации квазиоптимальных технологических режимов процесса гидроочистки дизельного топлива, позволяющая обеспечить энерго- и ресурсосбережение;

разработана усовершенствованная структурная схема системы управления химическим реактором на основе синергетического подхода, позволяющая стабилизировать технологические режимы процессов и повысить их эффективность;

разработано программно-алгоритмическое обеспечение решения задач синтеза систем управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода;

Достоверность результатов исследования.

Достоверность исследования основана на правильном использовании теоретически обоснованных, нелинейных динамических объектов автоматического управления и экспериментальных методов, определенной степени совместимости предложенных моделей и алгоритмов управления с использованием апробированных методов современной теории управления, полученными результатами теоретических и прикладных исследований и их взаимной согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке конструктивных моделей и алгоритмов синтеза систем управления нелинейными динамическими объектами на основе методов синергетического подхода, придающих процессу управления свойства самоорганизации и самонастройки.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании математического и алгоритмического обеспечения синтеза

усовершенствованной синергетической системы управления химическим реактором, с учетом нелинейности статических и динамических характеристик процесса гидроочистки нефтепродуктов, что объясняется разработкой программного средства для проектирования цифровой системы управления непрерывными характеристическими технологическими процессов.

Внедрение результатов исследования. По результатам алгоритмического синтеза системы управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода:

программный комплекс, разработанный на основе синергетических моделей и алгоритмов поиска оптимальных параметров регуляторов системы управления процесса гидроочистки дизельного топлива, внедрен в ООО «Ферганский НПЗ» (справка ООО «Ферганский НПЗ» от 23 мая 2023г. №08-201). В результате время обработки информации сократилось на 1,3 %, что позволило увеличить скорость получения результатов принятия управленческих решений процессом на 1,5 %;

в ООО «Ферганский НПЗ» внедрена (справка ООО «Ферганский НПЗ» от 23 мая 2023г. №08-201) цифровая система управления, обеспечивающая оптимальные значения технологических параметров процесса гидроочистки дизельного топлива. В результате, на ООО «Ферганский НПЗ», отклонение температуры химического реактора от номинальной снизилось на 1,9 %.

в ООО «Ферганский НПЗ» внедрена (справка ООО «Ферганский НПЗ» от 23 мая 2023г. №08-201) микроконтроллерная система управления, обеспечивающая поддержание основных контролируемых параметров процесса гидроочистки дизельного топлива с использованием теории синергетического управления в соответствии с технологическим регламентом. В результате потребление водорода сократилось на 0,9 %, а потребление энергии - на 1-2 %.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 19 научных работ, из них: 7 в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 в зарубежных и 6 в республиканских журналах, получено 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показано

соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние управления нелинейными динамическими объектами»** систематически анализируются особенности процессов управления нелинейными динамическими объектами, существующие методы и алгоритмы управления нелинейными объектами, основанные на использовании синергетических подходов при управлении динамическими объектами с такими свойствами.

Известно, что любые реальные объекты обладают характеристиками нелинейности, многомерности и многосвязности, в которых происходят различные способы появления и переходные процессы сложной природы. Следовательно, желаемый результат не может быть достигнут на основе существующих традиционных методов управления такими динамическими системами. Это одна из важных задач создания системы управления объектами в широком диапазоне с учетом нелинейности.

С этой точки зрения возрастающие требования, предъявляемые к показателям качества разрабатываемой в настоящее время продукции, обуславливают усложнение системы управления и протекающими в ней технологическими процессами. Это, в свою очередь, требует создания высокоэффективной системы управления, позволяющей обеспечить высокий уровень автономности и гибкости, а также учитывать нелинейность объекта.

Достичь эффективного результата можно используя методы синергетического подхода к созданию системы управления, основанной на нелинейности динамики системы и термодинамике процессов.

Особенности теории синергетического управления заключаются в том, что она позволяет учитывать естественные особенности нелинейных объектов и создавать новые законы управления при решении задач синтеза. В диссертационной работе рассмотрены возможности использования методов синергетического подхода в управлении процессом гидроочистки дизельного топлива, который имеет нелинейный характер. Разработка алгоритмов управления этим процессом осложняется рядом его важных особенностей: наличием нелинейности объекта, многомерностью, наличием взаимосвязанных каналов передачи, неопределенностью математической модели, возможностью прямого изменения состояния, нестабильностью характеристик потоков сырья, поступающего в аппарат, а также то, что технологический процесс осуществляется только по измеримым параметрам, ряд основных параметров процесса невозможно измерить в быстром режиме, качественно управлять процессом невозможно из-за нестабильности количества поступающего в аппарат водорода и дизельного топлива, неконтролируемости внешних воздействий, нестационарности процесса при гидроочистке и т. д.

Ввиду вышеизложенного особое внимание уделяется разработке алгоритмов синтеза нелинейных динамических объектов на основе синергетического подхода;

Вторая глава диссертации «**Моделирование синергетических систем управления нелинейными динамическими объектами**» посвящена построению динамических моделей на основе математических основ нелинейного динамического управления объектом, описанию структуры модели и синтезу векторного закона управления объектом.

Пусть объект описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{d\tau} &= f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = \overline{1, n-1} \\ \frac{dx_n}{d\tau} &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) + u, \end{aligned} \quad (1)$$

где $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор состояния системы, u – вектор управления системы.

Постановка задачи: требуется найти закон управления $u(\psi) = u(x)$, который обеспечит перевод изображающей точки (ИТ) системы из произвольного начального состояния $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ в фазовом пространстве в окрестность инвариантного многообразия $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$, а затем дальнейшее асимптотически устойчивое движение вдоль этого многообразия в желаемое конечное состояние. Конструирование притягивающих многообразий должно исходить из того, что замкнутая система объект-регулятор должна быть устойчива. При движении из начальной точки под действием управления $u(x)$ макропеременная $\psi(x)$ будет изменяться до момента попадания ИТ на многообразие $\psi(x) = 0$. Процедура синтеза закона управления $u(x)$ в синергетической теории управления может быть обоснована на терминах теории оптимального управления с использованием вариационного исчисления. Критерий оптимальности для динамической системы задают в форме функционала от агрегированной макропеременной, который должен отражать требования к показателям качества системы в режимах больших и малых отклонений, иметь переменную структуру в пространстве состояний. Функционал выражается в следующем виде:

$$j = \int_0^{\infty} F(\psi, \dot{\psi}) d\tau, \quad (2)$$

где $F(\psi, \dot{\psi})$ – непрерывно дифференциальная функция; $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – дифференцируемая функция фазовых координат $\psi(0, 0, \dots, 0) = 0$, $\dot{\psi} = d\psi / d\tau$;

$F(\psi, \dot{\psi})$ выражается в квадратной форме как:

$$F(\psi, \dot{\psi}) = m^2 \dot{\psi}^2 + c^2 \psi^2, \quad (3)$$

где m, c – константы.

Тогда выразим функционал (2) в следующем виде:

$$J = (m^2 \phi^2(\psi) + c^2 \psi^2) d\tau, \quad (4)$$

где функция $\phi(\psi)$ – выражения должна удовлетворять следующим условиям: $\phi(0) = 0$, $\phi(\psi) \cdot \psi > 0$ при $\psi \neq 0$.

Полная производная функции $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ имеет вид:

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \sum_{l=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_l} \cdot \frac{\partial x_l}{\partial \tau} \quad (5)$$

Подставив вместо $dx_l / d\tau$ уравнений модели объекта (1), получим следующее выражение:

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \sum_{l=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_l} f_l(x_1, x_2, \dots, x_n) + \frac{\partial x_l}{\partial \tau} u \quad (6)$$

$\phi(\psi) = \psi$ и подставим (6) в выражение для функционала оптимальности (4), тогда получим:

$$J = \int_0^{\infty} \left[m^2 \psi^2 + c^2 \left(\sum_{l=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_l} f_l + \frac{\partial x_l}{\partial \tau} u \right)^2 \right] d\tau \quad (7)$$

функционал (7) характеризует особенности заданного объекта управления и системы управления.

Необходимое условие (минимума) экстремума функционалов (4) или (7) выразим в следующем виде:

$$\delta J = \int_0^{\infty} \left(\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{d}{d\tau} \frac{\partial F}{\partial \dot{\psi}} \right) \delta \psi d\tau = 0 \quad (8)$$

Это возможно, если выражение в скобках равно нулю:

$$\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{d}{d\tau} \frac{\partial F}{\partial \dot{\psi}} = 0 \quad (9)$$

Выражение (9) носит название уравнения Эйлера. Если функция F явно не зависит от времени, то запишем уравнение Эйлера в следующем виде:

$$\frac{\partial F}{\partial \psi} - \frac{\partial^2 F}{\partial \psi \partial \dot{\psi}} \dot{\psi} - \frac{\partial^2 F}{\partial \dot{\psi} \partial \dot{\psi}} \ddot{\psi} = 0 \quad (10)$$

$$\text{где } \dot{\psi} = \frac{d\psi}{dt} \quad \ddot{\psi} = \frac{d^2\psi}{dt^2}.$$

Решение дифференциального уравнения второго порядка (10) является экстремумом, тогда первый интеграл уравнения (10) можно выразить в следующем виде:

$$m^2 \dot{\psi}^2 + c^2 \psi^2 - 2c^2 \psi \dot{\psi} = 0, \quad m^2 \dot{\psi}^2 = c^2 \psi^2 \quad (11)$$

В это выражение входят устойчивые и неустойчивые экстремумы, обеспечивающие минимум функционала (7). Извлекая квадратный корень из левой и правой частей (11), получаем следующее уравнение устойчивых

экстремалей:

$$T\dot{\psi} + \psi = 0 \quad (12)$$

где $T = c/m$. Условие асимптотической устойчивости уравнения (12) по макропеременной $\psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ имеет следующий вид: $T > 0$.

Таким образом, подход к синтезу закона управления с точки зрения теории оптимального управления дает упомянутое выше функциональное уравнение.

Заменяя $d\psi/dt$ в выражении (12) на (6), получим следующее выражение:

$$T \frac{\partial \psi}{\partial x_n} u + T \sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i + \psi = 0$$

Отсюда выразим управление в следующем общем виде:

$$u = - \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_n} \right)^{-1} \left[\sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi}{\partial x_i} f_i + \frac{1}{T} \psi \right] \quad (13)$$

Процедура синтеза закона управления, заданная выражением (13), называется методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР).

Рассмотрено применение метода АКАР к двумерной нелинейной динамической системе. Пусть объект задан в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{d\tau} &= f_1(x_1, x_2), \\ \frac{dx_2}{d\tau} &= f_2(x_1, x_2) + u, \end{aligned} \quad (14)$$

где x_1, x_2 – координаты состояния, u – скалярное управление. Требуется найти закон управления $u = u(x_1, x_2)$ который переводит изображающую точку (ИТ) системы (14) в фазовом пространстве из произвольного начального состояния $x^0 = (x_1^0, x_2^0)^T$ в окрестность притягивающего инвариантного многообразия $\psi(x_1, x_2) = 0$, а затем обеспечивает дальнейшее асимптотически устойчивое движение ИТ, вдоль этого многообразия, в начало координат. Многообразие представляет собой уравнение желаемой фазовой траектории, с которой ИТ должна сначала сблизиться, а затем двигаться вдоль нее в начало координат (рис. 1). Структура многообразия выбирается таким образом, чтобы на ней сохранялись характерные свойства объекта (рис. 2), например, определенная взаимосвязь фазовых координат в состоянии равновесия.

Функция $\psi(x_1, x_2)$, определяющая взаимосвязь переменных состояния, носит название агрегированной макропеременной. Очевидно, что в начальном состоянии $\psi(x_1^0, x_2^0) \neq 0$. Поскольку под действием управления ИТ системы попадает на многообразие $\psi(x_1, x_2) = 0$ то основное функциональное уравнение, обеспечивающее асимптотическую устойчивость, выражается в виде простого дифференциального уравнения,

как мы отмечали выше:

$$T \frac{d\psi}{d\tau} + \psi = 0 \quad (15)$$

Уравнение (15) описывает свободное движение апериодического звена первого порядка.

Вычислив полную производную агрегирующей макропеременной

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \frac{\partial \psi}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} + \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \cdot \frac{dx_2}{d\tau}$$

функциональное уравнение (15) в силу уравнений модели (14) можно записать:

$$T \left[\frac{\partial \psi}{\partial x_1} \cdot f_1(x_1, x_2) + \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \cdot f_2(x_1, x_2) + \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \cdot u \right] = -\psi$$

Отсюда управляющее воздействие в общем виде определяется соотношением:

$$u = \left[\frac{\partial \psi}{\partial x_2} \right]^{-1} \cdot \left[-\frac{1}{T} \psi - \frac{\partial \psi}{\partial x_1} \cdot f_1(x_1, x_2) - \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \cdot f_2(x_1, x_2) \right] \quad (16)$$

На многообразии $\psi(x_1, x_2) = 0$ координата x_2 может быть выражена через x_1 :

$$x_{2\psi} = \varphi(x_{1\psi})$$

Подставив это выражение в уравнение (14), выразим уравнение движения системы через $\psi(x_1, x_2) = 0$ в следующем виде:

$$\frac{dx_{1\psi}}{d\tau} = f_1(x_{1\psi}, \varphi(x_{1\psi}))$$

Таким образом, размер системы дифференциальных уравнений математической модели был уменьшен до единицы, а также произошло динамическое разделение (декомпозиция) системы.

Механизм метода синергетической теории управления

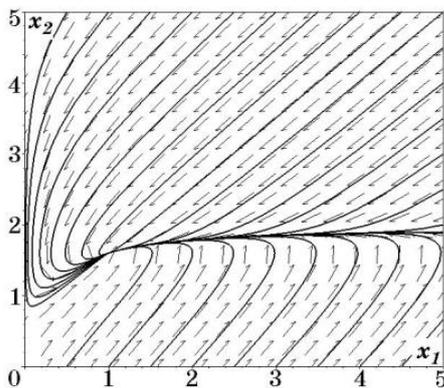


Рис. 1. Фазовый портрет системы.

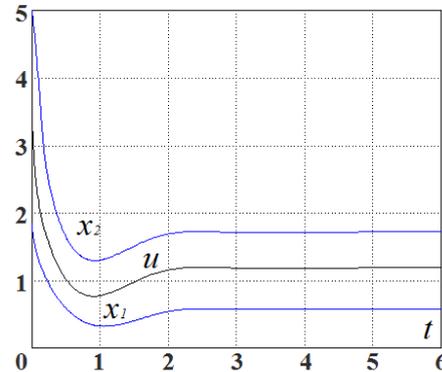


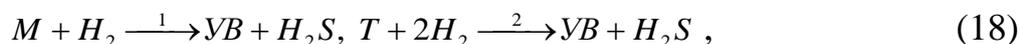
Рис. 2. График изменения системы во времени.

Предлагаемый метод позволяет создать модель управления состоянием нелинейного динамического объекта в условиях нестационарности и неопределенности внешних факторов.

В третьей главе диссертации «Синтез и моделирование оптимального режима работы процесса гидроочистки дизельного топлива» представлены модели оптимального режима работы систем управления и алгоритмы синтеза системы регулирования.

Рассматриваемая система управления является нелинейной, многомерной и многосвязной, а взаимозависимость переменных и неопределенность влияния факторов, влияющих на процесс, вызывают определенные трудности при решении задачи синтеза. Поэтому важную роль играют выбор структуры, используемой при синтезе системы управления на основе теории синергетического управления, обеспечивающей возможность учета этих характеристик и вопросы поиска оптимального режима работы играют. При этом, вопрос адаптации модели к реальному объекту является одной из основных задач.

В качестве объекта анализа рассмотрим химический реактор (рис. 3). В химическом реакторе протекает химическая реакция в следующей последовательности:



Кинетика реакции описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \\ \dot{x}_2 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \dot{x}_3 = k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \\ \dot{x}_4 = k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 - k_3 \cdot x_1 \cdot x_4 \end{cases} \quad (19)$$

где x_1, x_2, x_3 – концентрации реагентов. x_4 – концентрации продуктов реакции; k_1, k_2 – константы скоростей стадий.

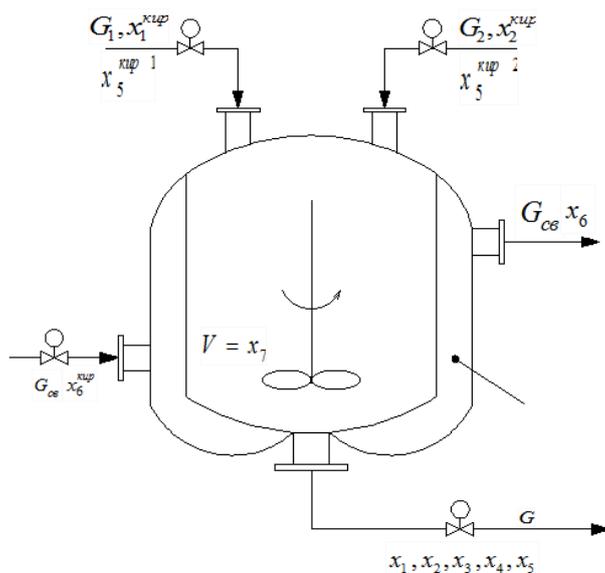


Рис. 3. Принципиальная схема химического реактора

x_1^{ex}, x_2^{ex} – концентрации исходных реагентов; x_5^{ex1}, x_5^{ex2} – температуры потоков исходных реагентов; G_1, G_2 – расходы исходных реагентов;

$G_{xл}$ – расход хладагента на входе и выходе из аппарата; x_6^{ex}, x_6 – температуры хладагента на входе и выходе из аппарата; G – расход смеси на выходе из аппарата; x_1, x_2, x_3, x_4 – концентрации компонентов в реакторе; x_6 – температура реакционной смеси в аппарате; $V = x_7$ – объем аппарата; $G_{xл}$ – объем хладагента в рубашке.

Математическая модель динамики химического реактора состоит из уравнения материального баланса каждого компонента реактора, уравнения теплового баланса реакционной смеси и хладагента в паровой рубашке:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = R_1 + \frac{G_1 \cdot x_1^{ex}}{V} - \frac{G \cdot x_1}{V}, \\ \dot{x}_2 = R_2 + \frac{G_2 \cdot x_2^{ex}}{V} - \frac{G \cdot x_2}{V}, \\ \dot{x}_3 = R_3 - \frac{G \cdot x_3}{V}, \\ \dot{x}_4 = R_4 - \frac{G \cdot x_4}{V}, \\ \dot{x}_5 = \frac{G_1 \cdot x_5^{ex1}}{V} + \frac{G_2 \cdot x_5^{ex2}}{V} - \frac{G \cdot x_5}{V} + \frac{\Delta H_1 \cdot k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 + \Delta H_2 \cdot k_2 \cdot x_1 \cdot x_3}{\rho \cdot C} - \frac{K_T \cdot F_T \cdot (x_5 - x_6)}{V \cdot \rho \cdot C} \\ \dot{x}_6 = \frac{G_{xл} \cdot x_6^{ex}}{V_{xл}} - \frac{G_{св} \cdot x_6^{ex}}{V_{св}} + \frac{K_T \cdot F_T \cdot (x_5 - x_6)}{V_{xл} \cdot \rho_{xл} \cdot C_{xл}} \end{cases} \quad (20)$$

где $R_1 = -k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$, $R_2 = -k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$, $R_3 = k_1 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4$, $R_4 = k_2 \cdot x_1 \cdot x_3$ – скорость реакции по компонентам; $\Delta H_i, i = 1, \dots, 3$ – тепловой эффект соответствующей стадии реакции; K_T – коэффициент теплопередачи через стенку; F_T – поверхность теплообмена аппарата; ρ, C – плотность и теплоемкость реакционной смеси; $\rho_{xл}$ – плотность хладагента; $C_{xл}$ – теплоемкость хладагента.

На основе этих зависимостей разработаны алгоритмы синтеза системы управления, полностью удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к объекту управления.

В четвертой главе «**Практическое применение синергетического подхода к системам управления процессом гидроочистки дизельного топлива**» приведены важные технологические параметры процесса гидроочистки дизельного топлива, т.е. результаты методов синтеза, моделей и алгоритмов, основанных на созданном синергетическом подходе для регулирования температуры и концентрации компонентов в химическом реакторе.

Для эффективности разработанных методом АКАР моделей и алгоритмов управления температурным и концентрационным режимам процесса гидроочистки дизельного топлива, построена имитационная модель системы регулирования технологических параметров в пакете прикладных программ Matlab и проведены ряд вычислительных экспериментов при наличии внешних

возмущений. Задачей векторного управления химическим реактором является стабилизация концентрации целевого компонента на выходе и температуры реакционной смеси в аппарате при внешних воздействиях.

Преобразуем математическую модель химического реактора (20) к следующему виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = R_1 + M_A - b_2 x_1 - b_3 x_1 u_1, \\ \dot{x}_2 = R_2 - b_2 x_2 + (M_B - b_3 x_2) u_1, \\ \dot{x}_3 = R_3 - b_2 x_3 - b_3 x_3 u_1, \\ \dot{x}_4 = R_4 - b_2 x_4 - b_3 x_4 u_1, \\ \dot{x}_5 = \alpha_1 k_1 x_1 x_2 + \alpha_2 k_2 x_1 x_3 + \alpha_3 k_3 x_1 x_4 + b_2 x_5^{\text{ex}1} + \beta_1 x_6 - (\beta_1 + b_2) x_5 + (x_5^{\text{ex}2} - x_5) b_3 u_1, \\ \dot{x}_6 = \beta_2 (x_5 - x_6) + b_1 (x_6^{\text{ex}} - x_6) \cdot u_2 \end{cases}, \quad (21)$$

$$M_A = G_1 \cdot x_1^{\text{ex}} / V; M_B = x_2^{\text{ex}} / V; b_1 = G_{x1} / V_{x1}; b_2 = G_1 / V; b_3 = 1 / V; \alpha_i = \Delta H_i / (\rho \cdot C), i = 1, \dots, 3;$$

$$\beta_1 = K_T F_T / (\rho \cdot C \cdot V); \beta_2 = K_T F_T / (\rho_{x1} \cdot C_{x1} \cdot V_{x1});$$

$R_i, i = 1, \dots, 4$ – скорость реакции по соответствующему веществу;

$u_1 = G_2; u_2 = G_{x1}$ – управляющее воздействие.

Поскольку математическая модель (21) содержит два внешних управляющих воздействия $u_1 = G_2, u_2 = G_{x1}$ – используем метод АКАР на основе параллельно-последовательной совокупности инвариантных многообразий.

Введем в рассмотрение две агрегированные макропеременные, первая из которых отражает технологическое требование к системе, а вторая определяет взаимосвязь x_6 и регулируемой переменной x_5 ;

$$\psi_1 = x_4 - \bar{x}_4, \psi_2 = x_6 + v_1 \cdot (x_5), \quad (22)$$

где $v_1 \cdot (x_5)$ – некоторая функция, подлежащая определению в ходе дальнейшей процедуры синтеза. Макропеременные (22) должны удовлетворять решению основного функционального уравнения метода АКАР:

$$T_1 \dot{\psi}_1(t) + \psi_1(t) = 0, i = 1, 2. \quad (23)$$

Для синтеза закона управления $u = (u_1, u_2)^T$ подставив макропеременные ψ_1, ψ_2 в функциональное уравнение (23), получим следующие выражения:

$$T_1 \frac{dx_4}{d\tau} + x_4 - \bar{x}_4 = 0, \quad T_2 \left[\frac{dx_6}{d\tau} + \frac{\partial v_1}{\partial x_5} \cdot \frac{dv_1}{d\tau} \right] + x_6 + v_1 = 0.$$

(21) с учетом уравнения объекта эти выражения выглядят следующим образом:

$$T_1 (R_4 - b_2 x_4 - b_3 x_4 u_1) + x_4 - \bar{x}_4 = 0, \quad (24)$$

$$T_2 \left[\beta_2 (x_6 - x_7) + b_1 (x_7^{\text{ex}1} - x_7) u_2 + \frac{\partial v_1}{\partial x_6} \cdot (f_6 + \beta_1 x_7 + (x_6^{\text{ex}2} - x_6) b_3 u_1) \right] + x_7 + v_1 = 0,$$

где $f_6 = \alpha_1 k_1 x_1 x_2 + \alpha_2 k_2 x_1 x_3 + \alpha_3 k_3 x_1 x_4 + b_2 x_6^{\text{ex}1} - (\beta_1 + b_2) x_6$.

Из (24) получаем выражения для закона управления:

$$u_1 = \frac{(x_4 - \bar{x}_4)}{T_1 \cdot b_3 \cdot x_4} + \frac{R_4}{b_3 \cdot x_4} - \frac{b_2}{b_3}, \quad (25)$$

$$u_2 = \frac{(x_6 + v_1)}{T_2 \cdot b_1 \cdot (x_6^{ex} - x_6)} - \frac{\beta_2(x_5 - x_6)}{b_3 \cdot (x_6^{ex} - x_6)} - \frac{\partial v_1}{\partial x_5} \cdot \frac{[f_5 + \beta_1 \cdot x_6 + (x_5^{ex} - x_5) \cdot b_3 \cdot u_1]}{b_1(x_6^{ex} - x_6)}$$

Из выше изложенного видно, что динамика химического реактора имеет форму математической модели (20). Оптимальный режим работы химического реактора обеспечивается поддержанием температуры реакционной смеси и концентрации целевого компонента на выходе на заданных значениях (рис. 4).

В качестве управляющего эффекта для регулирования концентрации и температуры используем G_2 – входящий поток реагента и G_{x1} – охлаждающий агент, поступающий в устройство.

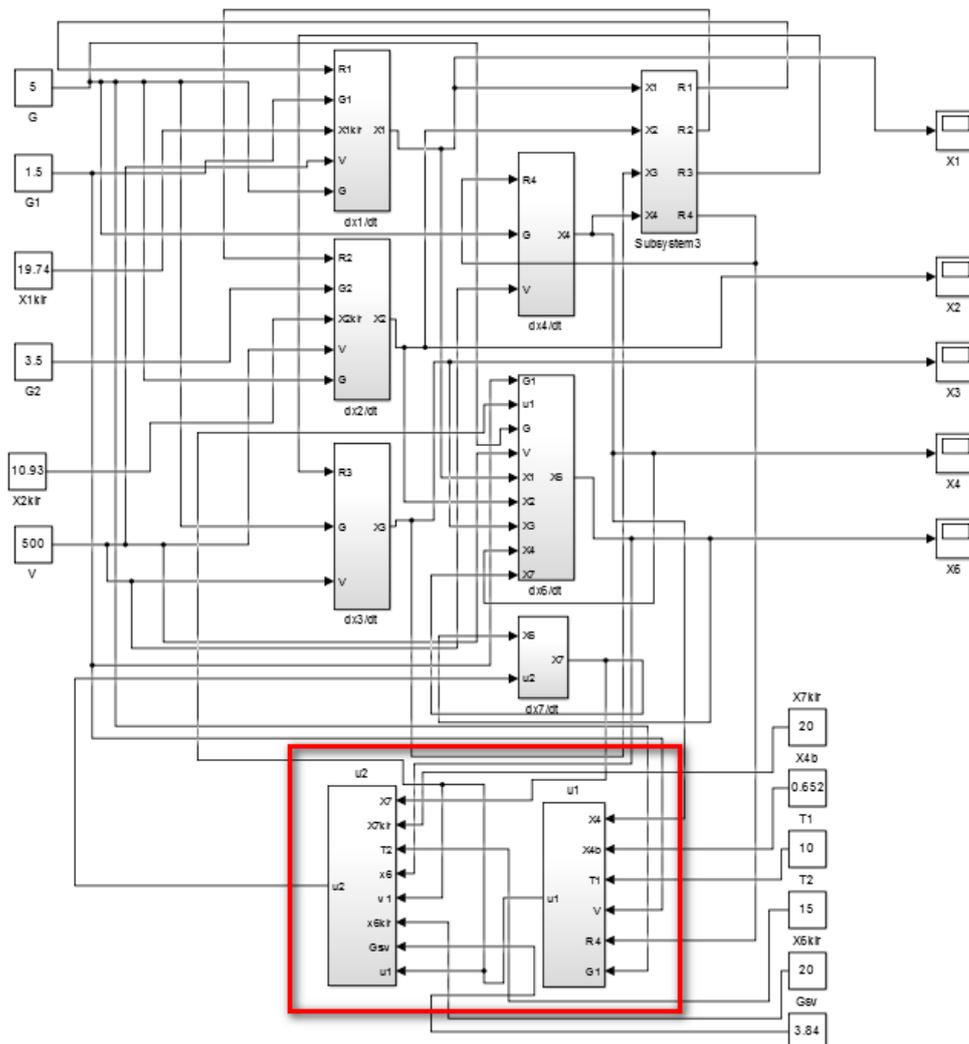


Рис. 4. Имитационная модель блока управления синтезом химического реактора

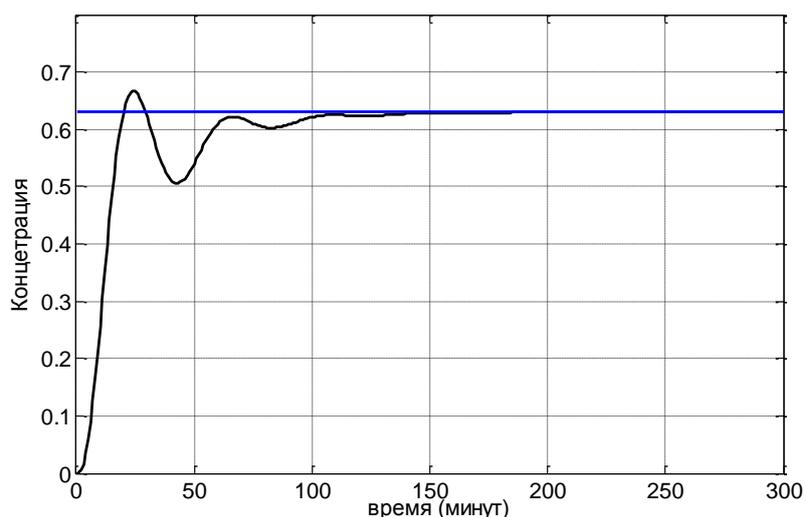


Рис. 5. Переходные характеристики управляющих и выходных параметров при подаче ступенчатого воздействия.

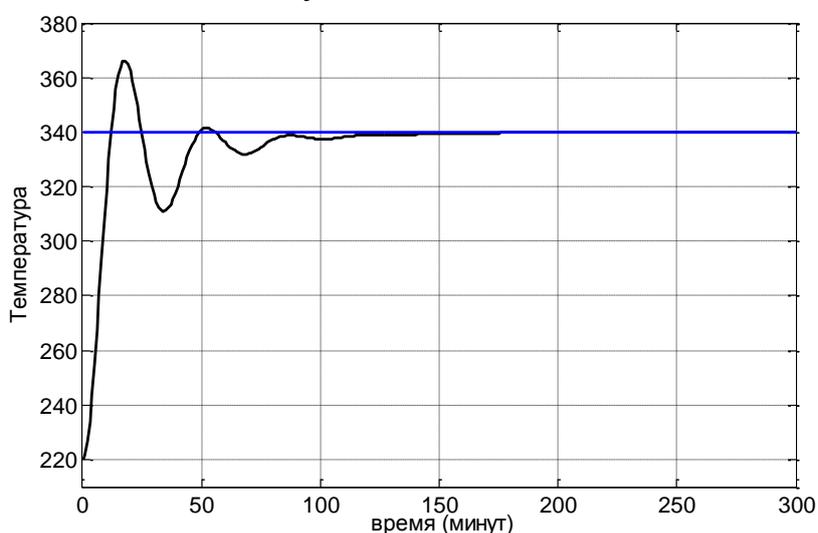


Рис. 6. Переходные характеристики управляющих и выходных параметров при подаче ступенчатого воздействия.

Как видно из графиков переходного процесса (рис.5,6), система управления с синергетическим регулятором работает стабильно и переводит объект управления из одного состояния в другое с достаточной скоростью при наличии внешнего воздействия. Результаты имитационного эксперимента показали, что система управления с синергетическим регулятором обеспечивает ее устойчивость и требуемое качество управления в условиях неопределенности внешних возмущений. В результате применения системы управления, основанной на синергетическом подходе, разработанном при управлении процессом гидроочистки дизельного топлива, отклонение температурного режима ядерного реактора на «Ферганском НПЗ» от номинального значения снижено в 1,2 раза, что приводит к значительному увеличению технико-экономических показателей производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе методов системного анализа теории синергетического управления разработаны алгоритмы синтеза нечетко-логической системы управления процессом экстракции нефтепродуктов. В результате получены следующие научные результаты:

1. Разработаны математические модели систем управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода, позволяющие формировать динамические свойства технологического процесса на основе единого математического аппарата в условиях неопределенности.

2. На основе синергетического подхода нелинейных динамических объектов разработаны алгоритмы нелинейного управления, что позволяет создавать самоорганизующиеся регулирующие законы.

3. Разработана модель автоматизированной системы управления нелинейными динамическими объектами с синергетическим регулятором, которая служит математической основой синергетического управления технологическим процессом.

4. На основе синергетического подхода сформулирована задача аналитического синтеза закона нелинейности автоматической стабилизации технологических параметров (температуры и концентрации компонентов) химического реактора, позволяющая получить законы управления в аналитическом виде.

5. Разработана синергетическая система управления процессом гидроочистки дизельного топлива. Это позволяет обеспечить стабильность процесса с учетом изменчивости технологических параметров.

6. На основе синергетического подхода к управлению технологическими процессами разработан алгоритм расчета оптимальных параметров настройки синергетического регулятора. В результате его реализации удалось снизить отклонение температуры химического реактора от номинального значения на 2,2 %.

7. По результатам диссертационного исследования достигнуто снижение расхода водорода на 0,9% и энергозатрат на 1,2% в процессе гидроочистки дизельного топлива. В результате применения разработанного синергетического подхода к процессу гидроочистки дизельного топлива достигнуто повышение показателя качества очищенного дизельного топлива на 1,4%.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC
COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF
PhD.3/03.06.2023.T.04.03 AT TASHKENT CHEMICAL-
TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

USMANOV KOMIL ISROILOVICH

**ALGORITHMIC SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS FOR
NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS BASED ON A SYNERGETIC
APPROACH**

05.01.08 - Automation and control of technological processes and manufactures

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

Tashkent – 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T1429.

The dissertation has been prepared at Tashkent chemical-technological institute.

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

Scientific adviser: **Siddikov Isomiddin Xakimovich**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Kaipberganov Botir Tulebergenovich**
Doctor of technical sciences, professor

Iskandarov Zokhid Ergashbaevich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Leading organization: **Bukhara institute of engineering and technology**

Defense of dissertation will take place in «__» _____ 20__ at ____ o'clock at the meeting of One-off Scientific Council on the basis of scientific council on awarding scientific degrees of PhD.3/03.06.2023.T.04.03 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoiy street, 32. tel.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the Information-resource center of Tashkent chemical-technological institute (registration number ____). Address: 100011, Tashkent, str. Navoiy street, 32. Administrative Building of the Tashkent chemical-technological institute, tel.: (99871) 244-79-20

The abstract of dissertation has been distributed on «__» _____ 20__ year.
Protocol at the register № ____, on «__» _____ 20__ year).

B.Sh.Usmonov
Chairman of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Z.A.Masharipova
Scientific secretary of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy (PhD) in technical sciences, associate professor

A.Artikov
Chairman of the Academic seminar
under 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 the synthesis of control systems for nonlinear dynamic objects based on a synergetic approach.

The object of the research work is diesel fuel hydrotreating process control system.

The scientific novelty of the research work:

a mechanism has been developed for building analytical dynamic models of non-stationary technological processes based on synergetic approach methods, which make it possible to create a highly efficient control system for nonlinear dynamic objects;

algorithms for the synthesis of analytical design of aggregated controllers have been developed, allowing the creation of control laws with the property of self-organization;

algorithms for the synthesis of a control system have been developed based on the method of analytical design of aggregated process controllers, allowing the creation of synergetic control laws;

a synergetic control system has been developed to ensure process stability considering the variability of technological parameters of the diesel fuel hydrotreating process.

Implementation of research results. According to the results of the algorithmic synthesis of the control system for nonlinear dynamic objects based on the synergetic approach:

a software package developed on the basis of synergistic models and algorithms for finding the optimal parameters of the regulators of the control system for the diesel fuel hydrotreatment process has been introduced at Fergana Oil Refinery LLC (certificate of Fergana Oil Refinery LLC dated May 23, 2023 No. 08-201). As a result, the information processing time was reduced by 1.3%, which made it possible to increase the speed of obtaining the process control results and decision-making by the process by 1.5%;

Fergana Oil Refinery LLC has implemented (certificate of Fergana Oil Refinery LLC dated May 23, 2023 No. 08-201) a digital control system that provides optimal values for the technological parameters of the diesel fuel hydrotreatment process. As a result, at LLC Fergana Oil Refinery, the deviation of the temperature of the chemical reactor from the nominal value decreased by 1.9%;

Fergana Oil Refinery LLC has implemented (certificate of Fergana Oil Refinery LLC dated May 23, 2023 No. 08-201) a microcontroller control system that ensures the maintenance of the main controlled parameters of the diesel fuel hydrotreatment process using the theory of synergetic control in accordance with the technological regulations. As a result, hydrogen consumption decreased by 0.9%, and energy consumption - by 1-2%.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 108 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Usmanov K.I., Sidikov I.H., Yakubova N.S., Rahmonov A.T. Adaptive identification of the neural system of controlling nonlinear dynamic objects // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 2018. Vol. 5, Issue 2. – pp. 5195-5199. (05.00.00, №8).

2. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Ночизикли динамик объектларни синергетик бошқариш усулидан фойдаланиб синтезлаш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал: № 1 (11), январь 2020 - 11-14 бетлар. (05.00.00 №10).

3. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Synergetic control of nonlinear dynamic objects // Chemical Technology, Control and Management 2020. Vol.2020, Iss.2, Article 8. - pp. 49-55. DOI:10.34920/2020.2.49-55 (05.00.00, №12).

4. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Synergetic fuzzy control of multidimensional nonlinear objects with discrete time // Technical science and innovation. Vol.2020, Iss.4, Article 6. - pp.134-140. (05.00.00 №16).

5. Сидиков И.Х., Якубова Н.С., Усманов К.И., Авезов Т.А. Сунъий нейрон тўрлари ва синергетик ёндошувни очизикли динамик объектларни интеллектуал бошқариш тизимини синтезлаш муаммосига тадбиқ этиш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал: № 2(16) 2021. 15-19 бетлар. (05.00.00 №10).

6. Сарболаев Ф.Н., Усманов К.И., Исломова Ф.К. Даврий режимда ишловчи кимёвий реакторнинг автоматик бошқариш тизимини шакллантириш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал: № 4(18) 2021. 145-148 бетлар. (05.00.00 №10).

7. Siddikov I.H., Usmanov K.I. Synergetic synthesis of multivariate nonlinear dynamic objects // Chemical Technology, Control and Management 2023. №2 (110) pp.57-63.(05.00.00, №12).

II бўлим (Часть II; PartII)

1. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И. Синергетик бошқариш усулдан фойдаланиб кимёвий реакторни синтезлаш / “Озиқ-овқат маҳсулотлари хавфсизлиги, ресурс, энергия тежамкор ва инновацион технологиялар самарадорлиги” мавзусида Халқаро микёсида илмий-техник конференция материаллари тўплами 28-30 ноябрь. Наманган - 2019 йил.189-190 б.

2. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Adaptively fuzzy synergetic control of nonlinear systems with discrete time / «International scientific and scientific – technical conference. problems and prospects of innovative technique and technology in agri-food chain» proceedings of the conference. Tashkent. 2020. pp.543-545.

3. Usmanov K.I. Sinergetik boshqarish usulidan foydalanib nochiziqli dinamik obyektlarni sintezlash / «Умидли кимёгарлар-2021» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини ХХХ илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент 2021. 249-250 б.

4. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И. Нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных объектов с дискретным временем / «Умидли кимёгарлар-2021» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини ХХХ илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент 2021. 247-248 б.

5. Усманов К.И. Синергетик ёндошув асосида динамик объектларни синтезлаш / «Умидли кимёгарлар-2022» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини ХХХ илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент 2022. 248-249 б.

6. Usmanov K.I. Synergic control of chemical reactors / «Умидли кимёгарлар-2022» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини ХХХ илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент 2022. 250-251 б.

7. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И. АҚАР усули ёрдамида нозизиқли динамик объектларни бошқариш тизимларини синтезлаш / «Нефть-газ ва озиқ-овқат саноати технологик жараёнларини моделлаштириш ва оптимал бошқаришнинг замонавий ҳолати, истиқболлари» Республика илмий-техникавий конференция. Тошкент-2023.25-27 б.

8. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И. Нозизиқли динамик объектларни бошқариш тизимларини синергетик ёндошув усуллари асосида синтезлаш / «Нефть-газ ва озиқ-овқат саноати технологик жараёнларини моделлаштириш ва оптимал бошқаришнинг замонавий ҳолати, истиқболлари» Республика илмий-техникавий конференция. Тошкент-2023. 130-132 б.

9. Усманов К.И. Математическое моделирование процесса гидроочистки дизельного топлива / «Современное состояние и перспективы развития моделирования и оптимального управления технологических процессов в нефтегазовые и пищевые промышленности» Республиканская научно-техническая конференция. Ташкент-2023. 114-116 б.

10. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Миркомиллов А.М. Нозизиқли динамик объектларни синергетик ростлагич ёрдамида бошқариш тизимларини тадқиқ этиш учун дастурий таъминот / ЭҲМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 10091, 30.12.2020 й.

11. Усманов К.И. Синергетик ёндашув асосида дизель ёқилғисини гидротозалаш жараёнини бошқариш учун дастурий таъминот / ЭҲМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома. № DGU20234646, 16.05.2023 й.

12. Сиддиқов И.Х., Усманов К.И. Синергетик ёндошув асосида кимёвий реакторни бошқариш тизимларини синтезлаш учун дастурий таъминот / ЭҲМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома. № DGU20234648, 16.05.2023 й.

Автореферат “Кимё ва кимё технология” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100 дона. Буюртма № 58/23.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.