

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЭРГАШЕВ ФАРҲОД АРИФЖАНОВИЧ

**МУРАККАБ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА ИШЛАБ
ЧИҚАРИШЛАРНИНГ ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРУВИ**

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

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

Тошкент– 2018

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

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

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

Эргашев Фарход Арифжанович

Мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларнинг
такомиллаштирилган бошқаруви3

Эргашев Фарход Арифжанович

Усовершенствованное управление сложными технологическими процессами
и производствами25

Erashev Farkhod Afifjanovich

Advanced control of complex technological processes and industries47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works51

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЭРГАШЕВ ФАРҲОД АРИФЖАНОВИЧ

**МУРАККАБ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА ИШЛАБ
ЧИҚАРИШЛАРНИНГ ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРУВИ**

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

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

Тошкент– 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/Т66 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

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

Расмий оппонентлар: **Бекмуратов Тулкун Файзиевич**
техника фанлари доктори, профессор, академик

Абдурахманова Юлдуз Мухтарходжаевна
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **«Ximavtomatika» МЧЖ**

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

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (61 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.

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

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

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

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларда автоматик бошқариш тизимларини рақамли ҳисоблаш техника воситаларини тизимли, схематик, конструктив ривожлантириш орқали мураккаб тизимларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда бошқариш тамойилларидаги стратегик ўзгаришлари алгоритм структурасига мос равишда унинг таркибий қисмига таъсир кўрсатмайдиган ва технологик режимларнинг таҳлиллари ҳамда объектнинг жорий ҳолатини мониторинглаш негизда кетма-кет коррекцияловчи усуллар ишлаб чиқилмоқда. Бу борада ривожланган давлатлар жумладан, АҚШ, Германия, Швейцария, Франция, Япония ва бошқа давлатларда APC-технологиялар, бошқариш ва оптималлаштиришнинг илғор технологияларини ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда мураккаб технологик жараёнларни бошқариш тизими элементлари, бошқариш занжирлари, интеграциялаш воситаларининг сифат кўрсаткичлари, тавсифларини оширишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилиб, янги математик моделлар доирасида уларнинг илмий асослари ишлаб чиқилмоқда. Бу борада, жумладан, маҳсулотларнинг сифат кўрсаткичлари бўйича автоматлаштирилган тезкор тизимларни яратиш, ажратиш жараёнининг динамикаси учун модель тузиш, ноаниқ мантик усуллари асосида жараённи ноаниқ вазиятли бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш, ажратиш жараёнини бошқаришнинг такомиллаштирилган тизимларини (APC–Advanced Process Control) ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга динамик бошқариш объектларини тузилмавий-параметрик идентификациялаш, технологик бошқариш объектларининг ҳалақит таъсирлар параметрларини тезкор баҳолаш, калман типдаги модификацияланган квазиоптимал ноаниқ филтёр кўринишидаги объектнинг ҳолатини максимал аслига ўхшашлик мезони бўйича баҳолайдиган баҳолагич, ўз-ўзидан созланадиган бошқариш тизими объектнинг функционал тасвирлаш, қабул қилувчи элемент, ижро қилувчи механизм ва бошқариш қурилмасини моделлаштириш зарур ҳисобланмоқда.

Республикада ҳозирги кунда мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни тузилмавий-параметрик синтезлаш, оптималлаштириш ва оптимал бошқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясида «...юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, мураккаб кимё-технология

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги Фармони

жараёнлари ва тизимларини тузилмавий-параметрик таҳлил қилиш ва синтезлаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш асосида технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришлар муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 13 февралдаги ПҚ–2772-сон «2017–2021 йилларда электротехника саноатини бошқаришни янада такомиллаштириш, жадал ривожлантириш ва диверсификация қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 1 ноябрдаги ПҚ–3365-сон «Илмий-тадқиқот муассасаларининг инфратузилмасини янада мустаҳкамлаш ва инновацион фаолиятни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига м ослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникацион технологияларни ривожлантириш” устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон миқёсида технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни АРС-такомиллаштирилган бошқариш масалалари бўйича дунёдаги етакчи илмий-тадқиқот, олий таълим муассасалари, жумладан, University of California ва Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), “Alstom” (Франция), University of Munster (Германия), Imperial College London (Буюк Британия), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Жанубий Корея), Озарбайжон давлат неаъ академияси (Озарбайжон), Д.И. Менделеев номили Россия кимё-технология университети (РФ), МДТУ (РФ), “Simatek Energo” (Беларусь), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон)да кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни такомиллаштирилган бошқаришни тузилмавий ва параметрик синтезлаш муаммосини ҳал қилишга L.A.Zadeh, R.A.Aliev, E.H.Mamdani, M.Sugeno, T.Tagaki, H.Tanaka, R.R.Yager, I.B.Turksen, Д.А.Поспелов, И.З.Батыршин, В.В.Кафаров, В.П.Мешалкин, В.Л.Перов, А.Н.Аверкин, А.Ф.Егоров, А.П.Ротштейн, В.С.Балакирев, Э.А.Софиев, А.М.Цирлин, Е.Г.Дудников, Д.Рутковская, В.Б.Тарасов, Р.А.Гостев, А.И.Бояринов, В.Н.Ветохин, В.В.Бугровский, М.Р.Васюхин, А.О.Недосекин, Н.Н.Ястребова, Е.З.Демиденко каби хорижлик етакчи олимлар ва республикамиз олимларидан В.К.Кабулов, Д.А.Абдуллаев, Ф.Б.Абуталиев, М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Т.Д.Раджабов, Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, К.Р.Аллаев, Р.А.Захидов, Н.У.Ризаев, З.Салимов, Э.М.Алиев, С.С.Касымов, Б.А.Захидов, А.А.Кадыров, О.О.Зарипов ва бошқа олимлар салмоқли ҳисса

қўшган.

Бироқ охириги йиллар мобайнида барабанли-грануляцион қуритиш қурилмасидаги минерал ўғитларни грануляциялаш ва қуритиш технологик жараёнлари мураккаблашиб, ушбу жараёнларнинг такомиллаштирилган бошқариш тизимларини яратиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг Ф-4-56-сонли «Мураккаб технологик объектларнинг интеллектуал бошқариш системаларини қатъиймас тўпламларни тасвирлаш асосида структурали параметрик синтезлашнинг назарий асосларини ва усулларини ишлаб чиқиш» (2012–2016) мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади аммофос ишлаб чиқаришда барабанли-грануляцион қуритиш қурилмаси мисолида технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни АРС-такомиллаштирилган бошқариш тизимларини тузилмавий-параметрик синтезлаш усули ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

объект кириши ва чиқишидаги шовқинлар ва ҳалақит таъсирида мавжуд бўлганда технологик жараёнларнинг чизиқли-айирмали тенгламалар тизимлари билан ифодаланадиган параметрларини идентификациялаш ва баҳолаш;

ўлчаш ҳалақит таъсирларини мослашувчан динамик филтрлаш процедураси асосида оператив башоратлаш ва башоратлайдиган филтрнинг ахборот хусусиятлари ва тавсифларини тадқиқ қилиш;

калман типидagi модификацияланган филтр таркибида қатъиймас интеллектуал баҳолагични синтез қилиш;

қўшимча ахборот каналларига эга бўлган бошқариш тизимларида ростлагичларнинг сошлаш параметрларини ҳисоблаш;

аммофос ишлаб чиқаришда барабанли-грануляцион қуритиш қурилмаси мисолида мураккаб технологик мажмуаларни АРС-такомиллаштирилган бошқариш тизимларини синтезлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида барабанли-грануляцион қуритиш қурилмасидаги минерал ўғитларни грануляциялаш ва қуритиш технологик жараёнларининг мураккаб такомиллаштирилган бошқариш тизимлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни АРС-такомиллаштирилган бошқариш тизимларини таҳлил қилиш, синтезлаш усули ва алгоритмлар ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотда мураккаб кимё-технология жараёнлари ва тизимларини тизимли таҳлил қилиш усуллари, замонавий автоматик бошқариш назариясининг усуллари, бошқариш тизимларини тузилмавий-параметрик таҳлил қилиш ва синтезлаш усуллари, кимё-технология жараёнлари ва тизимларини математик моделлаштириш ва

оптималлаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қидиришларсиз ўз-ўзидан созланадиган бошқариш тизимининг объект функционал тасвирланиши, қабул қилувчи элемент (намлик датчиги), ижро қилувчи механизм ва бошқариш қурилмаси кўринишидаги модели ишлаб чиқилган;

априор ноаниқлик шароитларида кириш ва чиқиш сигналлари бўйича кузатиш ҳалақитлари мавжуд бўлганда динамик бошқариш объектларини структуравий-параметрик идентификациялаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

башоратловчи фильтрларнинг ахборот тавсифлари таҳлили асосида технологик бошқариш объектларини тезкор баҳолаш ва ўлчаш ҳалақитларининг кўп қадамли фильтрлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

объектнинг ҳолатини максимал аслига ўхшашлик критерийси бўйича баҳолайдиган кўп ўлчамли объектнинг ҳолатини кальман типигади модификацияланган квазиоптимал ноаниқ фильтр кўринишидаги баҳолагич ишлаб чиқилган;

аммофос ишлаб чиқаришда пульпани қуритиш ва гранулалаш жараёнини АРС-такмиллаштирилган бошқариш тизими синтезланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

бирламчи ўлчаш маълумотларини текислаш, баҳолаш ва фильтрлаш учун қатъиймас лингвистик ўзгарувчилардан фойдаланиш билан шовқинлар ва ўлчаш ҳалақит таъсирларини мослашувчан динамик фильтрлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

кўп ўлчамли технологик объектларни бошқариш сифатининг кўрсаткичларини акс эттирувчи самарадорлик мезонлари асосида бошқаришнинг турли қонунларини амалга оширадиган ростлагичли бошқариш тизимларини параметрик оптималлаштириш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги классик математик аппаратнинг қўлланишига асосланган ва назарий натижаларнинг мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни такомиллаштирилган бошқариш АРС-системалари маълум прототипларини ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро мувофиқлиги, саноат-синов тажрибалари натижаларининг ижобийлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишда чизиқли динамик, шу жумладан, кўп ўлчамли объектларни такомиллаштирилган бошқаришнинг янги усул ва алгоритмларини ишлаб чиқилгани билан изоҳланади. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамиятга моликлиги, шунингдек, ишда таклиф этилган такомиллаштирилган бошқариш системалари қондаси асосида амалга оширилган тарқоқ бошқариш системалари функционал имкониятларини кенгайтирувчи технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни АРС-такмиллаштирилган бошқариш тизимини усул ва алгоритмлари амалий апробациядан ўтганлиги, ҳамда технологик жараёнлар

ва ишлаб чиқаришларни АРС-такомиллаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқишда тадқиқот натижаларини қўллаш имкони борлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти таклиф қилинаётган кўп ўлчамли чизикли-айирмали объектларни параметрик идентификациялаш, шовқинлар ва ўлчаш ҳалақит таъсирини мослашувчан динамик филтрлаш, тизимларни тезкор-башоратли моделлаштириш ва ростлагичларнинг шайлаш параметрларини аниқлаш муҳандислик услубиятлари қайишқоқлик ва универсалликка эга ҳамда индустриал автоматлаштиришнинг замонавий тизимларини амалга ошириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни такомиллаштирилган бошқариш АРС-системаларини ташкилий-параметрик анализ ва синтези бўйича олинган илмий натижалар асосида:

қатъиймас муҳитда шовқин ва ғалаёнларга дучор бўлган бошқариш объектини баҳолаш учун модификацияланган синтезланган кальман филтрлаш алгоритми “Аммофос-Максам” АЖда жорий қилинган (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2018 йил 15 октябрдаги 03-4562/А-сон маълумотномаси). Натижада динамик бошқариш объектнинг ҳолатини ҳақиқатга яқин оптимал баҳолашга эришилган;

кўп ўлчамли технологик объектларни бошқариш сифатининг кўрсаткичларини акс эттирувчи самарадорлик мезонлари асосида бошқаришнинг турли қонунларини амалга оширадиган ростлагичли бошқариш тизимларини параметрик оптималлаштириш усуллари “Аммофос-Максам” АЖда амалий жорий қилинган (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2018 йил 15 октябрдаги 03-4562/А-сон маълумотномаси). Натижада ростлагичлар ва ўтиш жараёнини берилган сўниш даражасида таъминловчи дифференциаторни оптимал созлаш параметрларини ҳисоблаш имкони яратилган;

аммофос ишлаб чиқаришнинг қуритиш ва кальций-сулфат пульпасини гранулалаш технологик жараёнини бошқариш усуллари ҳамда алгоритмлари ва ростлагичларни оптимал параметрларини созлашни ҳисоблаш усули “Аммофос-Максам” АЖда жорий қилинган (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2018 йил 15 октябрдаги 03-4562/А-сон маълумотномаси). Натижада аммофос ишлаб чиқаришда барабанли гранулалаш-қуритишда содир бўладиган технологик жараёнларнинг кўрсаткичларини яхшилаш ва харажатларни сезиларли даражада қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та илмий-техник анжуманларда, жумладан, 4 та халқаро анжуман маъруза қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан 11 таси ЎзР ОАК рўйхатидаги журналларда, жумладан 9 та мақола халқаро журналларда нашр қилинган. Дастурий маҳсулотга 1 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 118 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни АРС-такомиллаштирилган бошқариш тизимларини тузилмавий-параметрик синтезлаш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати”** деб номланган биринчи бобида концепциянинг мазмуни ва моҳияти – технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни такомиллаштирилган бошқаришнинг мазмуни ва моҳияти очиб берилган, тузилмавий ва параметрик синтезлаш, параметрик оптималлаштириш ва технологик бошқариш объектларининг ҳолатини ростлагичларни шайлаш услублари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш услубияти таҳлил қилинган.

Индустриал автоматлаштириш тизимларининг эволюцияси тизимлар ва бошқариш воситаларининг ривожланишининг бир қатор тенденцияларини қўйидагича ажратиш имконини беради:

дала автоматикаси учун саноат тармоқларининг кенг тарқалиши;

“бирламчи ўлчагич қайта шакллантиргич – бошқариш қурилмаси – қайта шакллантиргич – ижро қилиш механизми” занжири бошқариш объектининг ўзида туташганда дала автоматикаси воситаларини синхрон равишда такомиллаштириш билан дала ростлагичларининг яратилиши;

“Софт-Компьютинг” технологиясининг пайдо бўлиши, унинг асосий тамойили шундай ҳолат бўлиб ҳисобланадики, маълумотларга ишлов беришда ноаниқлик, мавҳумлик ва қисман ҳақиқатга йўл қўйиш билан ифодаланувчанликка (сифатли рамзли ёки лингвистик шаклда ифодалаш), қайсарликка (қўполлик ва амал қилмайдиган қўзғатишларга нисбатан барқарорлик) эришиш мумкин;

математик моделларнинг такомиллашиши ва уларнинг сифатининг ортиши:

уларда қайта ишланадиган хомашё, ёрдамчи материаллар ва ярим фабрикатлар хусусиятларининг тасодикий характери, технологик асбоб-ускуналар тавсифларининг дрейфи ҳисобга олинадиган моделлардан фойдаланиш;

қайта ишланадиган хомашё, ёрдамчи материаллар ва ярим фабрикатлар хусусиятларининг тасодикий характери, технологик асбоб-ускуналарнинг дрейф тавсифлари ҳисобга олинадиган моделлардан

фойдаланиш;

хомашё, ярим фабрикалар компонентлари таркибини башоратлашга мослашувчан моделлари ва бажарилган башоратлар асосида уларнинг оптимал таркибини ҳисоблаш усулларида фойдаланиш;

ростлагичларнинг оптимал ўрнатмаларини ҳисоблаш ҳамда моддий ва энергетик оқимларни барқарорлаштириш;

технологик объектлар занжирини гуруҳли бошқариш назариясини ишлаб чиқиш;

радиочиқишга эга бўлган рақамли датчикларнинг янги моделларининг пайдо бўлиши;

объект ва бошқариш масалаларини тизимли таҳлил қилиш ҳамда самарадорликнинг глобал мезони бўйича автоматлаштириш масаласи сифатида бошқаришни комплекс шакллантириш билан боғлиқ бўлган автоматлаштирилган тизимларни интеграциялаш.

такмиллаштирилган бошқариш алгоритмларининг ишлаб чиқилиши бир пайтнинг ўзида оддий диспетчерлаштириш ва техник-иктисодий кўрсаткичларни ҳисоблашдан тортиб то ресурсларни режалаштириш муаммоларигача асосий функцияларни амалга оширадиган MES (Manufacturing Execution System) стандарти учун тезкор бошқариш тизимларини куриш бўйича қарорларни шакллантириш билан SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ва DCS (Distributed Control System) технологияларига бўлинадиган одам-машина интерфейси концепциясини дунёга келтирган;

тармоқ архитектурасининг маҳаллий ҳисоблаш тизимларини яратиш, дастурлаштириладиган контроллерларнинг маҳаллий тармоғида ишлашга қобилиятли бўлган компенсациялаш воситалари билан таъминланган марказдан узоқлаштирилган тақсимланган рақамли бошқариш тизимларини амалга ошириш. Саноат автоматлаштириши тизимларини ривожлантириш йўналишларининг бутун жамланмаси, табиийки, юқорида санаб ўтилган тенденциялар билан чекланиб қолмайди албатта, бироқ бу тенденциялар яқин келажак учун устувор тенденциялар бўлиб ҳисобланади.

“Кириш ва чиқишда ҳалақит таъсириларга эга бўлган чизиқли динамик объектларни тузилмавий-параметрик идентификациялаш” деб номланган иккинчи бобда ички ва ташқи кўзғатувчи таъсирлар мавжуд бўлганда, ҳалақит таъсирларнинг тақсимланиш қонунлари номаълум бўлганда кўп ўлчамли чизиқли технологик объектларни идентификациялаш алгоритми тадқиқ қилинган. Энг кенг тарқалган бошқариш объектларидан бири сифатида чизиқли-айирма тенгламаси кўринишидаги модель аниқланади, унинг тузилиши ва параметрларини аниқлаш етарлича мураккаб масала бўлиб ҳисобланади. Киришдаги $\zeta(i)$ ва чиқишдаги $\zeta_i(i)$ кирувчи ва чиқувчи параметрлар аддитив шовқинлар ва ҳалақит таъсирлар билан дискрет вақтда кузатиладиган кўп ўлчамли чизиқли-айирма тенгламасига мурожаат қиламиз:

$$z_i - \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} z_{i-m} = \sum_{j=1}^d \sum_{m=0}^{r_j} a_0^{(mj)} x_{i-m}^{(j)}, \quad (1)$$

$$y_i = z_i + \zeta_1(i), \quad w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \zeta^{(j)}(i), \quad (2)$$

$y_i, w_i^{(j)}$ бўйича a, b векторларнинг параметрларини, шунингдек, кириш ва чиқиш бўйича r ва r_j тартибларни аниқлаш талаб қилинади.

Баҳолаш мезони \tilde{B} кўплик (унга объект параметрларининг ҳақиқий қийматлари априор тарзда тегишли бўладиган) ихчам бўладиган, $\{x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(d)}\}$ эса $\{\xi(i)\}, \{\xi^{(j)}(i)\}, j = \overline{1, d}$ га статистик боғлиқ бўлмайдиган; $\xi(i), \xi^{(j)}(i), j = \overline{1, d}$ ҳалақит таъсирлар эса статистик мустақил бўлган ва

$$E(\xi_1(i+1) / \xi_1(i_0), \dots, \xi_1(i)) = 0 \text{ п.н.}, \quad (3)$$

шартга бўйсунадиган шартларда (бунда E – математик кутилиш оператори: $E(\xi_1^2(i+1) / \xi_1(i_0), \dots, \xi_1(i)) \leq h$. h ва $h^{(j)}$ – тасодифий катталиклар) кучли ҳолат баҳоларини олиш имконини беради;

$$\begin{aligned} x_{r_j}^{(j)} &= (x_i^{(j)} \dots x_{i-r_j}^{(j)})^T, \quad z_r(i) = (z_{i-1} \dots z_{i-r})^T; \\ E(h) &\leq \pi < \infty; \quad E((\xi_1)^4(i)) \leq \pi_1 \text{ п.н.}; \\ E(\zeta^{(j)}(i+1) / \zeta^{(j)}(i_0), \dots, \zeta^{(j)}(i)) &= 0 \text{ п.н.}; \\ E((\zeta^{(j)})^2(i+1) / \zeta^{(j)}(i_0), \dots, \zeta^{(j)}(i)) &\leq h^{(j)}, \\ E(h^{(j)}) &\leq \pi^{(j)} < \infty; \quad E(\zeta^{(j)}(i)) < \pi^{(j)} 1 < \infty. \end{aligned}$$

Кирувчи ўзгарувчилар қуйидаги шартларга жавоб беради:

$$N^{-1} \sum_{i=i_0}^N \left(z_r^T(i) : (x_{r_1}^{(1)}(i))^T : \dots : (x_{r_d}^{(d)}(i))^T \right)^T \times z_r^T(i) : \dots : (x_{r_d}^{(d)}(i))^T \Big|_{N \rightarrow \infty} \text{п.н.н} \quad (4)$$

Сўнгра катталиқнинг ўртача қийматини минималлаштириш амалга оширилади:

$$e^2(b^{(m)}, a^{(mj)}) = \left[y_i - \sum_{m=1}^r b^{(m)} y_{i-m} - \sum_{j=1}^d \sum_{m=0}^{r_j} a^{(mj)} w_{i-m}^{(j)} \right]^2. \quad (5)$$

Объектнинг кириш ва чиқишида шовқинлар ҳамда кузатиш ҳалақит таъсирлари шароитларида чизиқли-айирма тенгламаларининг параметрларини солиштирма баҳолашда йўқотиш функцияларини энг кичик квадратлар услуги ва инструментал ўзгарувчилар рекуррент услуги бўйича кейинги инструментал ўзгарувчилар векторини танлаш билан таққосланган

$$\psi_i = \left| y_{i-r-1} \dots y_{i-2r} \quad \Big| \quad w_{i-r_1}^{(1)} \dots w_{i-2r_1}^{(1)} \quad \Big| \quad \dots \quad \Big| \quad w_{i-r_d}^{(d)} \dots w_{i-2r_d}^{(d)} \quad \Big| \right|^T;$$

Шунингдек, О.А. Кацюба томонидан таклиф қилинган

$$\min_{\left(\frac{b}{a} \right)} \omega^{-1}(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) U_N(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}), \quad (6)$$

мезони бўйича йўқотиш функциялари таққосланган, бунда

$$U_N(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) = \left(Y - A_{Y,w} \left(\frac{b}{a} \right) \cdot Y - A_{Y,w} \left(\frac{b}{a} \right) \right),$$

(.,.) – скаляр кўпайтма;

$$\omega(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) = \bar{\sigma}_1^2 \left[1 + b^T b + \gamma^{(1)} (a^{(1)})^T a^{(1)} \dots \gamma^{(d)} (a^{(d)})^T a^{(d)} \right],$$

$\bar{\sigma}_1^2$ – кузатиш ҳалақит таъсирларининг ўртача дисперсияси $\xi_1(i); (\bar{\sigma}^{(j)})^2$ - кузатиш ҳалақит таъсирининг ўртача дисперсияси $\xi_2^{(j)}(i), \gamma^{(j)} = \frac{(\bar{\sigma}^{(j)})^2}{\bar{\sigma}_1^2};$

$$a = (a^1 \dots a^d)^T, a^{(j)} = (a^{0,j} \dots a^{r_j,j})^T, b = (b^1 \dots b^r)^T, Y = (y_1 \dots y_N)^T$$

$$A_{y,w} = \begin{vmatrix} y_0 & \dots & y_{1-r} & | & w_1^{(1)} & \dots & w_{1-r_1}^{(1)} & | & & | & w_1^d & \dots & w_{1-r_d}^{(d)} \\ \vdots & & \vdots & | & \vdots & & \vdots & | & \dots & | & \vdots & & \vdots \\ y_{N-1} & \dots & y_{N-r} & | & w_N^{(1)} & \dots & w_{N-r_1}^{(1)} & | & & | & w_{N-1}^d & \dots & w_{N-r_d}^{(d)} \end{vmatrix}.$$

Кўп ўлчамли чизиқли стационар технологик объектларни идентификациялаш алгоритми ўзида эвристик қидириш алгоритмини тақдим қилади, у регрессион баҳолашнинг стандарт масаласидан қидириладиган ўзгарувчиларни тасодифий танлаш, вариациялаш ва комбинациялаш ҳисобига параметрларнинг ҳолат баҳоларини олиш имконини берадиган иккита квадратик формаларнинг муносабати базасида баҳолаш мезонини қўллаш билан фарқ қилади. Алгоритмларнинг ишлаши моделлаштиришнинг нисбий хатолиги бўйича таққосланган:

$$\delta z_N = \sqrt{\|\hat{z} - z\|^2 / \|z\|^2} \cdot 100\%, \quad (7)$$

бунда $z = |z_1, \dots, z_N|^T$ – чиқувчи ўзгарувчининг вектори, $\hat{z}_N = |\hat{z}_1, \dots, \hat{z}_N|^T$ - шу векторнинг баҳоси.

Дисертациянинг учинчи боби “**Ўлчаш маълумотларини башоратлаш билан мослашувчан филтрлаш услублари**”ни кўриб чиқиш, шунингдек, ўлчанадиган катталикларни ҳалақит таъсирилари ва шовқинлардан мослашувчан, реал вақтда қадам-бақадам аниқлашадиган баҳоларни олишни таъминлайдиган динамик филтрлаш, уларга муҳандислик ишлов бериш услублари ва алгоритмларини яратишга бағишланган. Маълумотларга ишлов беришнинг бошқариш тизимларининг тавсифларининг априор мавҳумлигини (аддитив ва мультипликатив хатолар билан бир қаторда) ҳисобга олишни таъминлайдиган мослашувчан алгоритмларни куриш масалалари кўриб чиқилган. Умумий ҳолатда стохастик башоратлаш масаласи t^* дан олдин келадиган қандайдир бир вақт моментлари кўплигидаги қийматлар бўйича t^* вақт momentiда тасодифий жараённинг қийматини баҳолашдан иборат бўлади.

Стохастик жараённинг тавсифларини қисқа муддатли тезкор башоратлаш масаласини кўриб чиқамиз. Айтайлик, i вақт momentiда унинг ҳолати n -ўлчамли $x(i = \overline{1, l})$, тасодифий вектор билан тасвирланиши мумкин бўлган жараён мавжуд бўлсин, j вақт momentiда уни кузатишни ҳолат вектори билан стохастик боғланган m -ўлчамли $\bar{z}(j = \overline{1, k})$, вектор кўринишида тақдим қилиш мумкин бўлсин. Айтайлик, $\bar{z}(j = \overline{1, k})$, кузатишлар кетма-кетлиги мавжуд бўлсин, \hat{x}_s векторни бевосита ўлчаб

бўлмайдиган шароитда берилган қандайдир бир s - вақт momentiда \hat{x}_s ҳолат векторининг баҳосини аниқлаш талаб қилинади. Бу вектор ҳам худди \bar{z}_j кузатиш вектори каби статистик боғланганлиги сабабли, \bar{x} нинг траекторияси баҳосини \bar{z} кузатишлар бўйича бериш мумкин. Мумкин бўлган баҳолардан \bar{x} нинг траекториясига энг яқин бўладиган \hat{x} , баҳолаш траекториясини берадиганини танлаш зарур бўлади. \hat{x}_s билан кузатишлар асосида олинган баҳони белгилаймиз:

$$\hat{x}_s = \bar{\varphi}_s(\bar{z}, j = \overline{1, k}). \quad (8)$$

Масала қандайдир бир рационал ва асосланган усул билан $\bar{\varphi}$ функцияни аниқлашга келтирилади. Агар $s < k$, бўлса, интерполяциялаш (текишлаш) масаласи ўринли бўлади, агар $s = k$, бўлса, у ҳолда бизнинг олдимизда филтрлаш масаласи туради, $s > k$ бўлса – масала ўзида олдиндан айтиш (башоратлаш) масаласини тақдим қилади. Технологик жараёнларнинг параметрларини башоратлашни тасодикий жараёнларни филтрлаш масаласи ва экстраполяциялаш масаласини кетма-кет ечиш билан амалга ошириш мумкин. Биринчи типнинг процедураларини таҳлилий конструкциялаш Кальман-Бьюси филтрлари номи билан маълум бўлган кетма-кет алгоритмлардан фойдаланишга асосланади. Ишда қуйидаги тизим олинган:

$$\bar{x}^+ = \hat{x}_i + F_i(\bar{z} - D_i \hat{x}_i); F_i = K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1}; K_i^T = K_i - K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1} D_i K_i, \quad (9)$$

У K_i^T ковариацион матрица изининг минимуми билан умумлаштирилган хатолар дисперсиясининг минимуми бўйича башоратлаш параметрларини оптимал баҳолашни таъминлайдиган Калманов типигади филтрни тасвирлайди. Ҳолат векторининг оптимал баҳосини берадиган ушбу дискрет филтр асосида тадқиқ қилинадиган жараёнларнинг кузатилмайдиган параметрларини башоратлаш алгоритми қурилган.

Кузатиш i -моментгача ўтказилган деб тахмин қилиш билан (9) асосида \hat{x}_i ҳолат вектори ва K_i^T ковариацион хатолар матричасининг оптимал баҳоларини олиш мумкин. i вақт momentiда \bar{z} н ўлчаш амалга оширилади, у фазавий ҳолат вектори билан қуйидаги вектор тенгламаси орқали боғланади:

$$\bar{z}_i = D_i \bar{x}_i + \bar{\delta}_i, \quad (10)$$

бунда \bar{z}_i - $(m \times 1)$ ўлчамли ўлчашларнинг вектор-устуни; D_i - $(m \times n)$ ўлчамли маълум коэффициентлар матричаси; $\bar{\delta}_i$ - $(n \times 1)$ ўлчамли аддитив ҳалақит таъсирларининг вектор-устуни.

$\bar{\varepsilon}$ ва $\bar{\delta}$ тасодикий жараёнлар мустақил ўртача қийматлари нолга тенг бўлган $M(\bar{\varepsilon}) = M(\bar{\delta}) = 0$ ва ковариацион матрицалар $M[\bar{\varepsilon}\bar{\varepsilon}^T] = Q$, $M[\bar{\delta}\bar{\delta}^T] = R$ билан номанфий аниқланган симметрик ҳисобланади. Тадқиқ қилинадиган параметрнинг $(i + s, s \geq 1)$ вақт momentiдаги қийматининг башоратини қуйидагича олиш мумкин:

$$\hat{x}_{i+s} = A_{i,i+s} \hat{x}_i^+; A_{i,j+s} = A_{i+s-1,i+s}, A_{i+s-2,i+s-1}, \dots, A_{i,j+1}. \quad (11)$$

Экстраполяцияланган баҳолаш хатолари ковариацион матрица билан тавсифланади:

$$K_{i+S} = A_{i,i+S} K_i^+ A_{i,i+S}^T + \sum_{n=1}^S A_{i+n,i+S} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+S}^T. \quad (12)$$

Берилган \hat{x}_0 , K_0 бошланғич баҳоларда ишда оптимал башоратлайдиган дискрет филтер синтезланган:

$$\hat{x}_{i+s} = A_{i,i+s} \hat{x}_i^+; K_{i+s} = A_{i,i+s} K_i^+ A_{i,i+s}^T + \sum_{n=1}^s A_{i+n,i+s} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+s}^T; \hat{x}_i^+ + \hat{x}_i + F_i(\bar{z}_i - D_i \bar{x}_i); \quad (13)$$

$$F_i = K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1}; K_i^+ = K_i - K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1} D_i K_i.$$

Шуни қайд қилиш лозимки, ушбу филтер $\bar{\epsilon}$ ва $\bar{\delta}$ ҳалақит таъсирларнинг тақсимланиш қонунларининг кўринишига ҳеч қандай чеклашларни қўймайди: уларнинг бор-йўғи иккита биринчи бошланғич моментлари берилган бўлиши етарли бўлади. Технологик жараёнларнинг чизиқли тизимлари ва моделлари ҳолатида топилган (13) процедуралар башоратлаш баҳоларининг аниқлигини таъминлаш нуқтаи-назаридан самарали бўлиб ҳисобланади. Бу филтернинг дискрет вариантыга мурожаат қилиш билан қуйидаги динамик муносабатни кўриб чиқамиз:

$$x_{n+1} = F \cdot x_n + G \cdot u_n, \quad (14)$$

бунда F ва G – мос равишда жараён объектининг ўзини қандай тутиши ва кировчи сигналга қўйиладиган чеклашларни тавсифлайди; $u_n - Q$ ковариацион матрицага ва нолли математик кутилишга эга бўлган мустақил Гаусс тасодифий кетма-кетлиги.

Кузатишлар қуйидаги муносабат билан аниқланади:

$$z_n = H \cdot x_n + v_n, \quad (15)$$

бунда H – x_n ни кузатишларга қўйиладиган чеклашларни тавсифлайди; $v_n - u_n$ га ўхшаш бўлган, R ковариацион матрицага эга бўлган кетма-кетлик.

$X(0)$, бошланғич шарт бўлиб ҳисобланади, бунда $M[x(0)] = x$, $cov[x(0), x(0)] = P_0$. F , G ва H қийматлар вақтда ўзгариши мумкин.

$\hat{x}_i (0 \leq i \leq n)$ баҳоларни олиш масаласи қуйидагича қўйилиши мумкин:

z_1, z_2, \dots, z_n ўлчашлар берилган. Ўлчашларнинг натижалари бўйича $J = \frac{1}{2} [(\hat{x}_{0/n} - \bar{x})^T P_0^{-1} (\hat{x}_{0/n} - \bar{x}) + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2} \{ (z_{i+1} - H \hat{x}_{i+1/n})^T R^{-1} (z_{i+1} - H \hat{x}_{i+1/n}) + (\hat{u}_{i/n})^T Q^{-1} (\hat{u}_{i/n}) \}]$. (16)

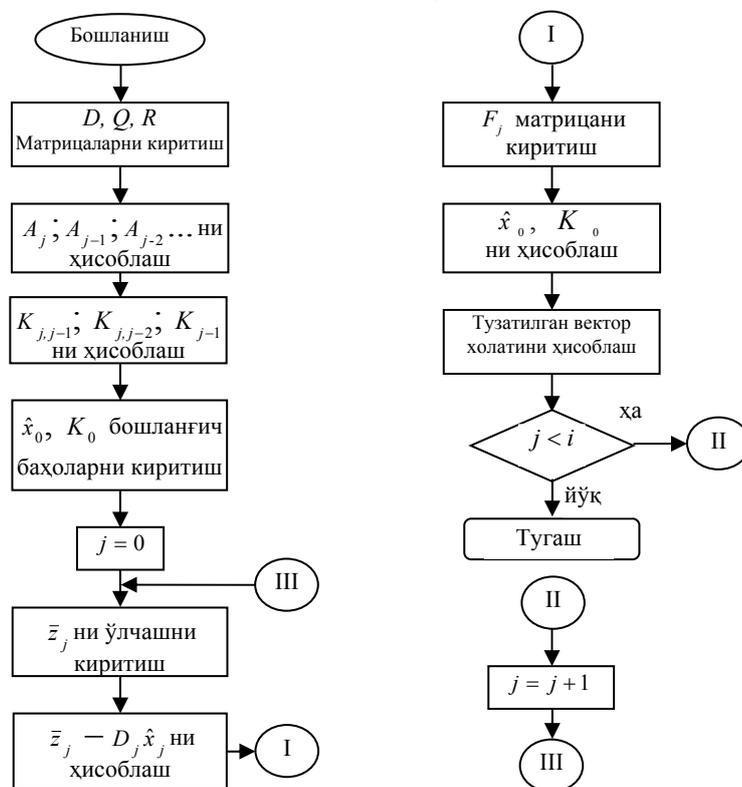
чеклашлар амал қиладиган шартларда:

$$\hat{x}_{(i+1)/n} = F \hat{x}_{i/n} + G \hat{u}_{i/n}$$

мезонини минималлаштирадиган $\hat{x}_{i/n} (0 \leq i \leq n)$ баҳоларни аниқлаш талаб қилинади. Масалани ечиш учун (16) мезонини минималлаштирадиган $\hat{x}_{n/n}$ баҳони билиш зарур бўлади. Масаланинг оптимал ечими қуйидаги муносабатлардан фойдаланиш билан олинади:

$$x_{n/n} = F \hat{x}_{n-1/n-1} + P_{n/n} H^T R^{-1} (z_n - H F \hat{x}_{n-1/n-1}); P_{n/n} = P_{n/n-1} - P_{n/n-1} H^T (H P_{n/n-1} H^T + R)^{-1} H P_{n/n-1}, \\ P_{n/n-1} = F P_{n-1/n-1} F^T + G Q G^T. \quad (17)$$

z_i жараённинг башоратладиган ҳолатини олиш учун кўриб чиқишга оширилган ўлчамли янги ўзгарувчилар векторини киритиш ва \bar{x}_{i+s} нинг қийматини топиш етарли бўлади. Олинган \bar{x}_{i+s} вектордан \bar{z}_{i-s} жараённинг қидирилаётган ҳолат вектори ажратилади. Жараён моделининг априор мавҳумлиги шароитларида ихтиёрий ўлчаш вақтига эга бўлган квазиоптимал башоратлайдиган филтърнинг блок-схемаси 1-расмда келтирилган. Ишда объектнинг ўзини қандай тутиши тўғрисида етарлича тақдим қилинган статистик маълумотлар бор бўлган ҳолатлар учун кўп қадамли динамик филтърлаш масаласининг оптимал ечимини олиш имконини берувчи ўзаро муносабатлар таҳлил қилинган. Олинган натижаларни қўллаш учун c_n ҳолат векторидаги таркибий қисмларнинг сонини p_n гача ошириш зарур бўлади, бу филтърнинг тенгламаларида ҳам, узатиш матрицаси ва корреляцион матрицаларнинг тенгламаларида ҳам ҳисоблашларнинг ҳажми ортишини билдиради. Масалан, \bar{x} ҳолат вектори ўн ўлчамли, ўлчаш вектори эса икки ўлчамли бўлса ($n=10$ ва $m=2$), динамиканинг мавжуд чизикли тенгламасида узатиш матрицаси 10×2 ўлчамга эга бўлади ва уни тасвирлаш учун 20 та элемент талаб қилинади. Шунда унинг корреляцион матрицалари 10×10 ўлчамга эга бўлади ва уларнинг ҳар бирини тасвирлаш учун $10 \times 11 / 2 = 55$ та элемент талаб қилинади. Ҳолат векторини кенгайтиришнинг кўриб чиқиладиган процедурасида (масалан, филтърнинг тартиби $p=4$ бўлганда) узатиш матрицаси $pn \cdot m = 40 \cdot 2$ ўлчамга эга бўлади ва 80 та элементни ўз ичига олади, корреляцион матрицалар эса $40 \cdot 40$ ўлчамга эга бўлади ва ҳар бири $40 \cdot 41 / 2 = 820$ тадан элементни ўз ичига олади.



1-расм. Квазиоптимал олдиндан айтувчи филтър алгоритмининг схемаси.

Ҳар бир матрицадаги элементларнинг сони қарийб 15 мартага ошади.

Калманов типдаги оптимал филтърни таҳлилий конструкциялаш башорат қилинадиган жараёни ҳолат вектори баҳоларининг умумлаштирилган дисперсиясининг минимуми бўйича (ковариацион матрица изининг минимуми) оптимал баҳолаш ва объектнинг кузатилмайдиган параметрларини олдиндан айтиш алгоритмини қуриш имконини берган.

Объектнинг тасвирланишида априор маъхумлик бор бўлганда кейинги ҳар бир квантлаш интервалида (оралиғида) унинг ҳолатини олдиндан айтиш учун квазиоптимал башоратлайдиган филтърни синтезлаш масаласи ҳал қилинган. Башоратлаш масаласи ихтиёрий берилган ўлчаш интервалига эга бўлган жараённинг параметрларини топишни кўзда тутадиган ҳолат учун предикаторли квазиоптимал башоратлайдиган филтърнинг умумлаштирилган формаси олинган.

Ишда ноаниқ муҳитда дискрет технологик бошқариш объектларининг ҳолати ва параметрларини баҳолаш учун модификацияланган филтър синтезланган. Датчикдан олинган маълумотларнинг энг яхши филтърлашни таъминлайдиган N сонини мослаштириш учун Н.П.Деменков ва И.А.Мочалов томонидан таклиф қилинган “Агар ўртача квадратик хатоликнинг γ катталиги филтърлашда “жуда катта” ва моделнинг хатолигининг δa_0 катталиги “жуда кичик” бўлса, у ҳолда кейинги циклда ўлчашлар сонини анчагина ошириш зарур бўлади” типдаги ноаниқ фикрлар кўринишидаги қоидалардан фойдаланилган. Бу ноаниқ фикрга қуйидаги қоида мос келади: $if \gamma = PL \text{ and } \delta a_0 = NL \text{ then } N = PL$. Лингвистик ўзгарувчилар белгиларининг тармоғи учун қоидалар γ ўртача квадратик хатоликлар матрицаси кўринишида берилган:

	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NL	*	*	*	*	*	*	PL
NM	*	*	*	*	*	PM	*
NS	*	*	*	*	PS	*	*
ZR	*	*	*	ZR	*	*	*
PS	*	*	NS	*	*	*	*
PM	*	NM	*	*	*	*	*
PL	NL	*	*	*	*	*	*

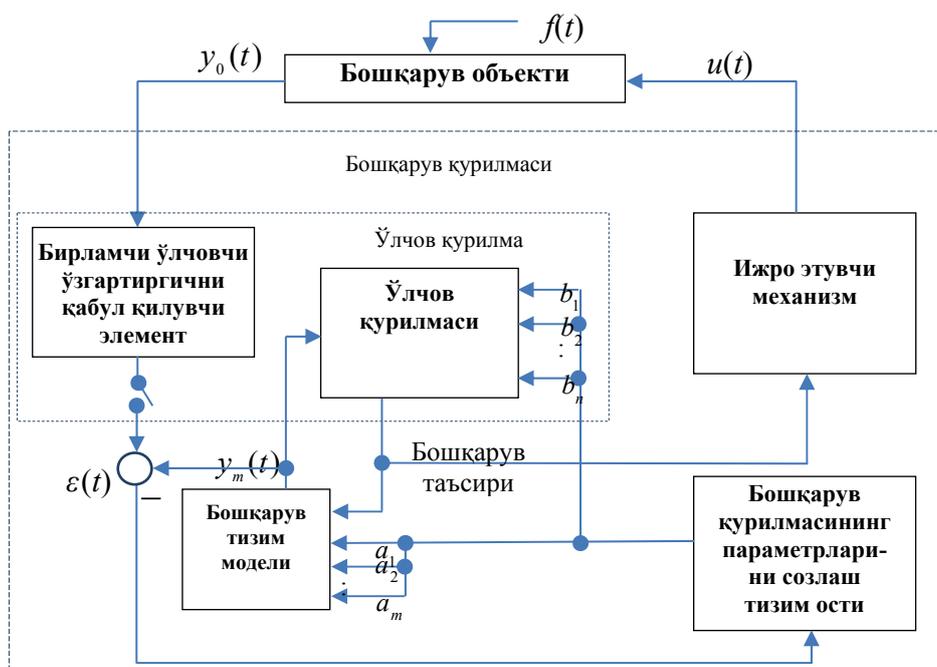
Матрицанинг * элементлари бўш бўлиб ҳисобланади. γ , δa_0 ва N параметрлар учун тегишлилик функциясининг формаси (шакли) моделлаштириш натижалари бўйича аниқлаштирилади. Датчикдан келадиган сигнални рақамли сигналга айлантириш билан мос келувчи панжарасимон функцияга эга бўламиз, унга y^T ўлчашлар вектори мос келади. $y(t)$ ҳалақит берувчига нисбатан математик кутилиш ва ҳалақит таъсирларнинг маълум дисперсиясининг нолга тенглиги бошланғич шarti бажарилади деб тахмин қилинади. Қадамнинг вақт бўйича белгиланган катталигида кирувчи параметрларни аппроксимациялашнинг энг кичик хатосига эришилади.

Таклиф қилинган тизим қуйидагича ишлайди: баҳолагич баҳолаш momentiда ҳалақит таъсирларга тортилган барча y ўлчашлар асосида

бошқариш тизимининг берилган қисмининг ҳақиқий ҳолатининг баҳосини беради. Бу баҳодан сўнгра ростлагичда тизимнинг бошқариладиган қисмига қабул қилинган самарадорлик мезони максимал қийматни қабул қиладиган қилиб таъсир кўрсатувчи N , бошқарувчи таъсирни ҳисоблашда фойдаланилади. Бу ҳолда ҳолатнинг баҳоси ҳар бир вақт моменти учун берилган вақт моментида амалга ошириладиган барча ўлчашлар ва бошқаришлар билан шартланадиган максимал ҳақиқатга ўхшашлик баҳоси бўлиб ҳисобланади.

Диссертациянинг **“Барабанли грануляцион қуритгичда минерал ўғитларни қуриштириш ва гранулалаш жараёнларини такомиллаштирилган бошқариш”** деб номланган тўртинчи бобида такомиллаштирилган бошқариш тизимларини қуриш тамойиллари кўриб чиқилган ва рационал бошқариш усули ҳамда мослашувчан бошқариш тизимининг тузилишини танлаш амалга оширилган. “Аммофос-Максам” АЖ да (Олмалиқ шаҳри) барабанли грануляцион қуриштириш аппаратларида пульпани буғлатиш, қуриштириш ва гранулалаш йўли билан аммофос ишлаб чиқариш схемаси таҳлил қилинган. Барабанли грануляцион қуриштириш қурилмасини унда мослаштириладиган параметрларга эга бўлган бошқариш тизимининг моделдан фойдаланиладиган мослашувчан бошқариш тизимини ишлаб чиқишнинг мақсадга мувофиқлиги кўрсатилган (2-расм).

Тизим иккита бошқариш контурини ўз ичига олади: асосий контур (бошқариш объекти, бошқариш қурилмаси, ўлчагич-қайта шакллантиргич ва ижро қилувчи механизмдан ташкил топади) ва ўз-ўзини шайлаш контури. Бу контурга бошқариш объектини моделлаштириш тағтизими ва ўлчагич-қайта шакллантиргич датчикнинг қабул қилувчи элементи, шунингдек, бошқарувчи қурилманинг параметрларини шайлаш тағтизими киради.



2-расм. Барабанли грануляцион қуриштиришни мослашувчан автоматик бошқариш тизимининг функционал схемаси.

Намлик датчигининг қабул қилувчи элементини моделлаштириш зарурлиги ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган намлик ўлчагичнинг мукамал эмаслиги билан боғланади, у $y(t)$ бошқариладиган катталикни ўлчашдаги динамик хатоларнинг манбаи бўлиб ҳисобланади. Моделлаштириш бу ўлчаш хатоларини ҳисобга олиш ва ўлчашнинг оғишмаган қийматини олиш имконини беради.

Кўриб чиқиладиган бошқариш тизимини куйидагича ифодалаш мумкин:

$$\dot{x} = Ax + Bv + Cf, \quad y = \psi_y(x, v, f), \quad (18)$$

бунда $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – тизим ҳолатининг координаталар вектори; $A = a_{ij} = a_{ij}(\lambda, \eta(d)) (i = 1, 2, \dots, n)$ – коэффициентларнинг квадрат матрицаси, ўлчамлилик $n \times n$; $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ – бошқарувчи таъсирлар вектори; λ – бошқариш қурilmасининг a бошқарувчи таъсирлар векторига боғлиқ бўладиган параметрларининг жамланмаси; $B = b_{jk} = b_{jk}(\lambda, r(a))$ – коэффициентларнинг $n \times m$ матрицаси, $(k = 1, 2, \dots, m)$ – қўзғатишлар вектори; $C = c_{ji} = c_{ji}(\lambda, \eta)(1, 2, \dots, r)$ – коэффициентларнинг матрицаси, ўлчамлилик $n \times r$; y – тизимнинг бошқариладиган координаталарининг вектори; ψ_y – қандайдир бир оператор. Вазифа тизим ҳаракатининг унда J сифат кўрсаткичи минимумга эришадиган x° , оптимал траекториясига эришишдан иборат:

$$J(x^\circ, v, t) \leq J(x, v, t). \quad (19)$$

Объектларнинг λ параметрлари ўзгарганда оптимал траекторияга эришиш оптимал бошқариш қонунини ва параметрларни v таъсирларга нисбатан ҳам, λ ўзгарувчи параметрларга нисбатан ҳам оптимал шайлаш қонунини аниқлашдан иборат бўлади. Иккита масалани ҳал қилишни (параметрларнинг энг яхши x° , ҳаракат траекторияси амалга ошадиган оптимал нисбатини таъминлаш, шунингдек параметрларнинг кенгликда экстремум нуқтасига қараб ҳаракатланишида $\alpha_\eta (k = 1, 2, \dots, m)$ бошқарувчи таъсирларни ўлчаш жараёнларини оптималлаштиришни таъминлаш) ўз ичига оладиган оптималлаштириш шартини куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$J(x^\circ, \eta^\circ, \alpha^\circ, v, t) \leq J(x, \eta, a, v, t), \quad (20)$$

бунда η° – λ ўзгарганда бошқарувчи қурilmанинг оптимал шайланадиган параметрлари; α° – оптимал таъсир кўрсатиш. Вазифа шундан иборатки, a_{ij} ва b_k ўзгарувчилар четлашганда уларнинг шундай ўзгаришини таъминлаш керакки, бунда (20) шарт бажарилсин.

Бошқариш масаласини ҳал қилишда сифат кўрсаткичи

$$J_y = \int_{t_0}^{t_a} \{ [y_0 - y_N]^2 + qu^2 \} dt \rightarrow \min_{\eta \in \Omega_\eta}, \quad (21)$$

бунда u – бошқарувчи таъсирлар вектори; y_0 – бошқариладиган катталик; y_N –

нормал намлик даражасининг киймати; Ω_n – параметрларнинг йўл кўйиладиган ўзгаришлар соҳаси; q – оғирлик коэффициентлари вектори.

Бошқариш тизимининг модели объектни математик тасвирлаш модули, бошқарувчи қурилма модули, намликни ўлчагич-қайта шакллантиргич модули ва ижро қилувчи механизм модулидан ташкил топади. Объектни математик тасвирлаш сифатида берилган ташқи таъсирларда уни параметрик идентификациялаш

$$J = \int_0^T [y_o(t) - y_m(t)]^2 dt \rightarrow \min_{A \in \Omega_A} \Rightarrow A^\circ, \quad (22)$$

мезонини минималлаштириш масаласи сифатида тақдим қилинадиган модель чиқади, бунда A – математик моделнинг идентификацияланадиган ўзгарувчиларининг жамланмаси, уларнинг аниқланиш соҳаси $\Omega_A = [a_{ij}^{min}, a_{ij}^{max}]$, модель барқарор бўлиб ҳисобланади; A° – моделнинг оптимал параметрларининг жамланмаси; T – моделлаштириш даври. Бошқариш объектнинг модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида ифодаланган:

$$\frac{dI}{dt} = -a_{11}I + a_{12}G + b_1VI; \frac{dG}{dt} = -a_{21}I - a_{22}G + b_2VG + G_I, \quad (23)$$

бунда I ва G – пульпа ва маҳсулотнинг намлиги; VI ва VG – намликни олиш тезликлари; G_I – (22) нисбат билан аниқланадиган маълум ташқи кўзғатишни тавсифлайдиган катталиқ; a_{11} ва a_{12} – намликни олишни тавсифлайдиган параметрлар; a_{21} ва a_{22} – намликни олиш шиддатини акс эттирувчи параметрлар; b_1 ва b_2 – объектнинг пульпа ва маҳсулот намлигининг тебранишларига сезувчанлик даражасини тавсифловчи ўзгарувчилар. Ташқи бериладиган таъсирлар қуйидаги функция кўринишида ифодаланади:

$$f(t) = \begin{cases} K_m (1 - e^{-\beta t}) & \text{агар } t \leq t_m, \\ K_m (1 - e^{-\beta t}) e^{-\beta(t-t_m)} & \text{агар } t > t_m, \end{cases} \quad (24)$$

бу ерда t_m – намликнинг берилган даражасига эришиш моменти; K_m – намлик ўзгаришининг солиштирма тезлиги; β – чиқишнинг тебранишлар шиддатини ифодалайдиган ўзгарувчи. Бирламчи ўлчагич-қайта шакллантиргичнинг модели ўзида алгебраик дифференциал тенгламалар тизимини тақдим қилади:

$$y_T = y(t - T_z); y_{TH} = y_T + (-1)^{N_T} \Delta y_T; \tau_d \frac{dy_{THD}}{dt} - y_{THD} = y_{TH}; y_{THDN} = \mathcal{F}_N(y_{THD}), \quad (25)$$

бунда N_T ва Δy_T – датчикнинг флукуацион ўзгаришларини тавсифлайдиган параметрлар; τ_d – бирламчи ўлчагич-қайта шакллантиргичнинг инерционлигини ҳисобга олувчи вақт доимийси; \mathcal{F}_N – ўлчагичнинг

тавсифининг ночизиклилигини акс эттирувчи функция; T_z – транспорт кечикиши вақти. Ижро қилувчи механизм коррективроқалайдиган звеноларга эга бўлган мустақил ёпиқ тизим сифатида ишланган ва стационар динамик звено кўринишида тақдим қилинган. Тизимни объектнинг параметрларининг ўзгаришларига мослаштириш жараёни моделни даврий равишда мослаб ўзгартириш ва бошқариш алгоритмларининг коэффициентларини коррективроқалаш йўли билан амалга оширилади. Моделни мослаб ўзгартириш параметрнинг маълум бир вақт интервалларидан кейин объектдан модель билан объектнинг реакцияси бир-бирига максимал яқин бўладиган қилиб олинандиган қийматларидан фойдаланиш асосида динамик тавсифларни аниқлашдан иборат бўлади. Бу вақт интервали давомида бошқариш моделининг реакциясига қараб амалга оширилади.

Моделнинг параметрларини мослаб ўзгартириш икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда K_m , β ва t_m қўзғатувчи таъсирларнинг параметрлари оптималлаштирилади. Агар шайлашнинг мақсади (J_a мезонининг йўл қўйиладиган минимал қийматга эришиш) бажарилмаса, у ҳолда моделнинг a_{ij} ва b_B параметрлари, шунингдек, бошқаришнинг тезкорлиги бўйича оптимал алгоритм асосида қурилган алгоритм бўйича динамик параметрлар оптимал баҳоланади. Намликнинг минимал қийматининг башоратини ҳисоблаш натижалари қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$v = \begin{cases} v_{max} & \text{агар } G_m > G_z, G > G_v, \\ 0, & \text{агар } G_m \leq G_z, G \leq G_v, \end{cases} G_m = \left(G_0 - \frac{\dot{G}_0}{\lambda_2} \right)^{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}} / \left(G_0 - \frac{\dot{G}_0}{\lambda_1} \right)^{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}}; \quad (26)$$

бунда v_{max} – намликни олишнинг максимал йўл қўйиладиган тезлиги; G_m – маҳсулотнинг охириги намлигининг ҳисобланадиган минимал қиймати; G_z – намлик даражасининг бериладиган қиймати; G_0 – намликнинг G_m ни ҳисоблаш momentiдаги қиймати; \dot{G}_0 – намликнинг ўзгариш тезлигининг G_m ни ҳисоблаш momentiдаги қиймати; G_v – намликнинг йўл қўйиладиган тебранишлар соҳасини белгилайдиган бериладиган юқориги чегара қиймати; a_{ij} – (23) моделнинг параметрлари; λ_1 ва λ_2 – тавсифлаш тенгламасининг илдизлари

$$\lambda^2 + (a_{11} + a_{22})\lambda + a_{11}a_{22} + a_{12}a_{21} = 0 \quad (27)$$

α_A бошқарувчи таъсирларнинг ўзгариш жараёнларини оптималлаштириш

$$J = \int_{t_1}^{t_1 + \tau} [y_0(t) - y_m(t)]^2 dt \rightarrow \min_{\alpha \in \Omega_\alpha} \Rightarrow \alpha^*, \quad (28)$$

функцияни минималлаштириш сифатида ҳал қилинади, бунда $y_m(t)$ – τ бошқариш интервалида моделлаштириш тагтизимидан олинандиган эгри чизик. Алгоритмнинг $f(t)$ комбинацияланган мезони бўйича ишлаши қуйидагича содир бўлади. Ростлагич ва дифференциаторни шайлаш

пераметрларини ҳисоблаш натижалари 1-жадвалда келтирилган.

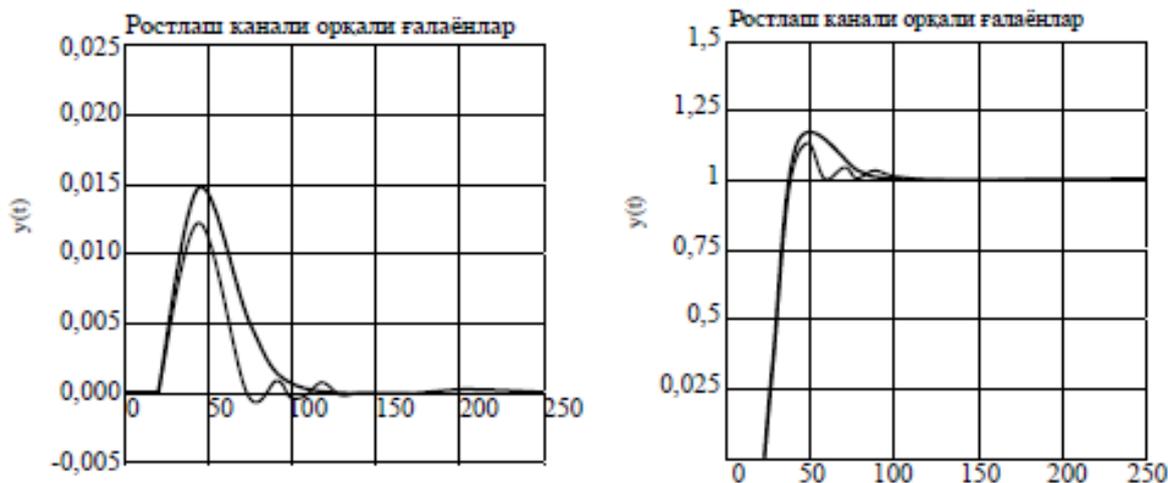
1-жадвал

Ростлагичларни шайлаш параметрларини ҳисоблаш натижалари

Шайлаш услуби	Дифференциаторли автоматик бошқариш тизимини шайлаш параметрлари				$\lambda(t)=1$ учун интеграл мезонлар	
	$W_p(p)$		$W_d(p)$		$I_{л,\lambda}$	$I_{м,\lambda}$
	K_u	K_p	T_d	K_d		
Кўп ўлчовли сканерлаш услуби	13.00	1.50	44.6	2.16	0.46	0.47
Таҳлилий услуб	3.50	3.00	29.4	0.92	1.07	1.58

Бошқарувчи таъсирни ҳисоблаш momentiда G_m нинг қиймати ҳисобланади, агар бу қиймат G_z даражага етса, у ҳолда ҳисоблаш жараёни тўхтатилади. Агар намликнинг жорий даражаси G_v даражага етса, у ҳолда алгоритмнинг ишини янгидан бошлаш лозим бўлади.

Тадқиқ қилинадиган автоматик ростлаш тизимида ўтиш жараёнларининг характери 3-расмда келтирилган.



3-расм. Барабанли грануляцион қуритгичда пульпани қуритиш ва гранулалаш жараёнини ростлаш тизимида ўтиш жараёнлари.

Ишда аммофос ишлаб чиқаришда пульпани қуритиш ва гранулалаш жараёнини бошқариш тизими синтезланган. Ёрдамчи катталиқни дифференциаллайдиган тизимда ростлагич ростлашнинг ПИ-қонуни бўйича ишлайди, ёрдамчи каналдаги дифференциатор эса ўзида реал дифференциаллайдиган звенони тақдим қилади.

Тадқиқотлар алгоритм ростлагичларни шайлаш параметрларини барқарор қидириш қобилиятига эгалигидан гувоҳлик беради, у ўзида тасодифий қидириш услуби ва деформацияланадиган кўпқирра услубининг ижобий жиҳатларини бирлаштиради. Тадқиқотнинг юқорида кўрсатилган мақсади ва вазифалари “Аммофос-Максим” АЖ да (Олмалик шаҳри) барабанли грануляцион қуритиш аппаратларида пульпани буғлатиш, қуритиш ва гранулалаш жараёнини АРС-такомиллаштирилган бошқариш

тизими кўринишида йилига 80 млн. 29,243 минг сўм кутиладиган иқтисодий самара билан амалга оширилган (АЖ “O’zkimyosanoat”нинг 15.10.2018 йилдаги 03-4562/А-сонли маълумотномаси).

ХУЛОСА

1. Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларнинг такомиллаштирилган АРС-тизимларини бошқаришнинг замонавий назарияси ва таркибий-параметрик синтезлашнинг амалиётининг ҳозирги кундаги ҳолати таҳлил қилинган. Натижада уларни келгусида ривожлантириш ва такомиллаштириш тенденцияларини аниқлаш имкони яратилган;

2. Шовқинларни тақсимлаш қонунларни номаълум бўлган шароитларда кўп ўлчамли чизиқли-айирмали объектларни бошқаришда кириш ва чиқишдаги шовқин ва халақит берувчиларни назорат қилишни параметрик идентификациялаш алгоритми ишлаб чиқилди. Натижада ўрганилаётган кўп ўлчамли объект ҳолатини баҳолаш имкони яратилган;

3. Чизиқли динамик тизимларни таркибий-параметрик идентификациялашнинг усули таклиф қилинди. Бунинг натижасида бошқариш объектига кирувчи ва чиқувчи сигналларни кузатишга халақит берувчи шароитларда узатиш функцияси ва тизимнинг импульсли тавсифидан фойдаланмасдан объект моделининг чизиқли-айирма тенгламаларининг тартибини баҳолаш имконига эришилди;

4. Объектнинг чизиқли-айирма тенгламаларининг параметрларини баҳолаш учун йўқотишлар функцияси сифатида самарадорлик мезони таклиф этилган. Натижада бу тизимни кириш ва чиқишида халақит берувчининг таъсири шароитида кучли асосли баҳони олиш билан параметрик идентификацияни аниқроқ ўтказиш имконини берган;

5. Ўлчаш маълумотларини кўп қадамли кетма-кет динамик филтрлаш процедураси асосида чизиқли технологик объектларнинг ўзини қандай тутишини қисқа муддатли тезкор башоратлаш алгоритми ишлаб чиқилган. Ушбу алгоритм берилган мақсадга қараб зарурий афзалликларни амалга оширишга хизмат қилади.

6. Динамик объектнинг кузатилмайдиган параметрларининг филтрни таҳлилий конструкциялаш амалга оширилган. Натижада минимум бўйича вектор ҳолатини умумлашган дисперсия бўйича башоратланадиган жараённинг параметрларини оптимал баҳоларини олиш таъминланган;

7. Ноаниқ муҳитдаги технологик объектнинг бошқариш параметрлари ва ҳолатини баҳолаш учун филтр модификацияланган. Баҳолагич бошқариш тизимининг баҳолаш momentiда келтирилган халақит қилувчи барча ўлчашлар базасидан олинган ҳақиқий ҳолатини аниқлашни таъминлайди;

8. Аммофос ишлаб чиқаришда барабанли-гранулалаш қуритгичида пульпани қуритиш ва гранулалаш жараёнларининг АРС-тизими такомиллаштирилган бошқариши синтезланган ҳамда ПИ-ростлагични ва реал дифференциаторни созлашларнинг оптимал параметрлари топилган. Натижада тизимнинг реал вақт режимида ишлаш имконига эришилди;

9. Имитацион моделлаштириш аппарати ёрдамида қўшимча ахборот каналлари бўлган мураккаб динамик объектларни ростлаш схемаларини оптималлаштириш алгоритми таклиф қилинди. Таклиф этилган услуб ростлагичларни созлаш параметрларини тўғридан-тўғри интеграл мезони бўйича – жарима функцияси кўринишида мақсад мезонига киритиладиган сўниш даражаси бўйича ҳисоблаш усули ҳамда тизимнинг бошланғич координаталари ва глобал оптималлаштирув усулларини қўллашга боғлиқ эмаслигини асослаб берди.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЭРГАШЕВ ФАРХОД АРИФЖАНОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

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

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2017.1.PhD/T66.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале "Ziyonet" по адресу (www.ziyonet.uz).

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

Официальные оппоненты: Бекмуратов Тулкун Файзиевич,
академик, доктор технических наук, профессор
Абдурахманова Юлдуз Мухтарходжаевна,
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: ООО «Химавтоматика»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 г. в ____ часов на заседании Научного

совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском техническом университете по адресу: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 61). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.

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

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

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

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире проблема усовершенствованного управления технологическими процессами и производствами, подкрепляется мощным развитием средств цифровой вычислительной техники. Стратегические изменения в принципах управления привели к соответствующим изменениям в структуре алгоритмов. Содержательная часть алгоритмов управления остается неизменной и сводится к последовательной коррекции технологических режимов на базе лабораторных анализов и мониторинга текущего состояния объекта. При этом оптимизационная составляющая существенно изменилась в рамках методологии Advanced Process Control & Optimization (APC), под которой подразумевается усовершенствованное или продвинутое управление. В основу этой методологии положены идеи оперативно-прогнозного или предикативного управления по показателям качества конечной продукции.

Мировые лидеры индустриальной автоматизации Honeywell (США), Siemens (ФРГ), ABB (Швейцария), Allen Bradley (США), Almston (Франция), Emerson Electric (США), Yokogawa Electric Corporation (Япония), CCS-Continuous Control Solution, Inc. (США) и др. активно применяют APC-технологии передовые технологии управления и оптимизации; которые обеспечивают измеряемое и устойчивое повышение качества продукции и экономической эффективности промышленного производства.

В последние годы процессы глобализации технических систем актуализировали построение, создание информационно-управляющих систем в условиях глобальной интернетовской сети, модернизации технических и технологических систем. Существенно повышен запрос на структурно-параметрический анализ и синтез APC-систем продвинутого управления сложными технологическими процессами.

В Узбекистане большое внимание уделяется применению на основе концепции усовершенствованного управления методами структурно-параметрического синтеза, оптимизации и оптимального управления сложными технологическими процессами и производствами. В Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечены, в частности, следующие задачи: «...дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода его на качественно новый уровень, направленного на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»¹. Развитие методов и алгоритмов структурно-параметрического анализа и синтеза APC-систем усовершенствованного управления сложными химико-технологическими процессами и системами является востребованной научно-технической задачей, решение которой

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

позволяет существенно повысить эффективность и качество управления технологическими процессами и производствами.

Данное диссертационное исследование затрагивает решение задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”, в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2772 от 13 февраля 2017 года “О мерах по дальнейшему совершенствованию управления, ускоренному развитию и диверсификации электротехнической промышленности на 2017-2021 г.г.”, №ПП-3365 от 1 ноября 2017 года “О мерах по дальнейшему укреплению инфраструктуры научно-исследовательских учреждений и развитию инновационной деятельности”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан IV “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. В настоящее время во всем мире интенсивно разрабатываются в научном плане вопросы APC-усовершенствованного (продвинутого) управления технологическими процессами и производствами. В ведущих научно-исследовательских, высших образовательных учреждениях, в том числе в “Honeywell” (США), “Siemens” (Германия), “ABB” (Швейцария), “Allen Bradley” (США), “Emerson Electric” (США), University of California (США), Massachusett Institute of Technology (США), University of Munster (Германия), Imperial Colledge London (Великобритания), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), University of Chemical Technology in Praque (Чехия), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), Азербайджанской государственной нефтяной академии (Азербайджан), Российском химико-технологическом университете имени Д.М.Менделеева (РФ), МГТУ (РФ), “Simatek Energo” (Беларусь), ТашГТУ и др.

Весомый вклад в решение проблем структурного и параметрического синтеза систем усовершенствованного управления сложными технологическими процессами и производствами внесли и вносят ведущие зарубежные ученые L.A.Zadeh, R.A.Aliev, E.H.Mamdani, M.Sugeno, T.Tagaki, H.Tanaka, R.R.Yager, I.B.Turksen, W.L.Luyben, S.Skogestad, Koichi Asano, C.P.Almedia-Rivera, Д.А.Поспелов, И.З.Батыршин, В.В.Кафаров, В.П.Мешалкин, В.Л.Перов, И.Н.Дорохов, Л.С.Гордеев, А.Н.Аверкин, А.Ф.Егоров, А.П.Ротштейн, В.С.Балакирев, Э.А.Софиев, А.М.Цирлин, Е.Г.Дудников, Д.Рутковская, В.Б.Тарасов, Р.А.Гостев, А.И.Бояринов, В.Н.Ветохин, В.В.Бугровский, М.Р.Васюхин, А.О.Недосекин, Н.Н.Ястребова и др. Существенный вклад в проблему структурно-параметрической идентификации внесли Я.З.Цыпкин, Льюнг, Н.С.Райбман, Е.З.Демиденко,

В.Н.Фомин, О.А.Кацюба и др.

Среди отечественных исследователей, внесших и вносящих существенный вклад в трактуемую проблему, необходимо выделить ученых В.К.Кабулова, Д.А.Абдуллаева, Ф.Б.Абуталиева, М.М.Камилова, Т.Ф.Бекмуратова, Т.Д.Раджабова, Н.Р.Юсупбекова, Х.З.Игамбердиева, К.Р.Аллаева, Р.А.Захидова, Н.У.Ризаева, З.Салимова, Э.М.Алиева, С.С.Касымова, Б.А.Захидова, А.А.Кадырова, О.О.Зарипова и др.

Однако в течение последних лет усложнение технологических процессов сушки и грануляции минеральных удобрений в барабанно-грануляционной сушильной установке требует создания усовершенствованных систем управления этими процессами.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта на тему №Ф-4-56 «Разработка теоретических основ и методов структурно-параметрического синтеза на основе нечеткого множества интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами» (2012–2016) по плану научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета.

Цель диссертации. Целью диссертационного исследования является разработка методов и алгоритмов структурно-параметрического синтеза АРС-систем усовершенствованного управления технологическими процессами и производствами на примере барабанно-грануляционной сушильной установки в производстве аммофоса.

Задачи исследования:

- идентификация и оценивание параметров технологических процессов, формализуемых системами линейно-разностных уравнений при наличии шумов и помех наблюдения на входе и выходе объекта;

- оперативное прогнозирование помех измерения на основе процедур адаптивной динамической фильтрации и анализ информативных свойств и характеристик прогнозирующего фильтра;

- синтез нечеткого интеллектуального оценивателя в составе модифицированного фильтра калмановского типа;

- расчет настроечных параметров регуляторов в системах управления с добавочными информационными каналами;

- разработка основ структурно-параметрического анализа и синтеза АРС-систем продвинутого управления сложными технологическими комплексами на примере управления барабанно-грануляционной сушильной установкой в производстве аммофоса.

Объектом исследования являются системы усовершенствованного управления сложными технологическими процессами сушки и грануляции минеральных удобрений в барабанной-грануляционной сушилке.

Предмет исследования составляют методы и алгоритмы анализа и синтеза АРС-систем усовершенствованного управления технологическими

процессами и производствами.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы методы системного анализа сложных химико-технологических процессов (ХТП) и систем (СХТС), современной теории автоматического управления, структурно-параметрического анализа и синтеза систем управления, математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов и систем.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

предложена модель беспойсковой самонастраивающейся системы управления в виде функционального описания объекта, воспринимающего элемента (датчика влажности), исполнительного механизма и устройства управления;

выполнена содержательная постановка и дано решение задачи структурно – параметрической идентификации динамических объектов управления при наличии помех наблюдения во входных и выходных сигналах в условиях априорной неопределенности;

решена задача оперативного оценивания параметров технологических объектов управления и многошаговой фильтрации помех измерения, и проанализированы информативные характеристики предложенного прогнозирующего фильтра;

предложен оценщик состояния многомерного объекта в виде модифицированного квазиоптимального нечеткого фильтра калмановского типа, оценивающего состояние объекта по критерию максимального правдоподобия;

синтезирована АРС-система продвинутого управления процессом сушки и грануляции пульпы в производстве аммофоса.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

решена задача адаптивной динамической фильтрации шумов и помех измерения с использованием нечетких лингвистических переменных для сглаживания, оценивания и фильтрации первичной измерительной информации;

разработаны методы параметрической оптимизации систем управления многомерными технологическими объектами с регуляторами, реализующими различные законы управления на основе критериев эффективности, отражающих показатели качества управления.

Достоверность результатов исследования. Научная достоверность и обоснованность полученных результатов основана на применении классического математического аппарата и практически полном совпадении теоретических результатов с результатами испытаний известных прототипов АРС-систем усовершенствованного управления сложными технологическими процессами и производствами, на положительности результатов промышленно-опытных экспериментов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Теоретическая значимость результатов исследования состоит в разработке

новых методов и алгоритмов усовершенствованного управления линейными динамическими объектами, в том числе многомерными. Научная значимость результатов исследования обоснована практической апробацией предложенных в работе методов и алгоритмов структурно-параметрического синтеза АРС-систем усовершенствованного управления сложными технологическими процессами и производствами, позволяющих существенно расширить функциональные возможности распределенных систем управления на основе реализации концепции продвинутого управления, а также значимость исследования состоит в возможности применения полученных результатов для разработки АРС-систем продвинутого управления технологическими процессами и производствами.

Практическая ценность диссертационного исследования состоит в том, что предложенные инженерные методики параметрической идентификации многомерных линейно-разностных объектов, адаптивной динамической фильтрации шумов и помех измерения, оперативно-прогнозного моделирования систем и определения настроечных параметров регуляторов обладают гибкостью и универсальностью и могут быть рекомендованы к использованию при реализации современных систем индустриальной автоматизации.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов разработанные рекомендации по структурно-параметрическому анализу и синтезу АРС-систем усовершенствованного управления сложными технологическими процессами и производствами, внедрены в следующих формах:

синтез алгоритма модифицированного фильтра Калмана в нечеткой среде для оценивания состояния объекта управления на основе подверженных шумам и помехам измерений внедрен на АО «Аммофос-Максам» (справка АО «Узкимёсаноат» Республики Узбекистан от 15.10.2018 года №03-4562/А). В результате достигается оптимальное оценивание состояния объекта по критерию максимального правдоподобия;

разработаны методы параметрической оптимизации систем управления многомерными технологическими объектами с регуляторами, реализующими различные законы управления на основе критериев эффективности, отражающих показатели качества управления на АО «Аммофос-Максам» (справка АО «Узкимёсаноат» Республики Узбекистан от 15.10.2018 года №03-4562/А). В результате решена задача расчета оптимальных параметров настроек регулятора и дифференциатора, обеспечивающих заданную степень затухания переходного процесса;

методы и алгоритмы управления технологическими процессами сушки и грануляции кальций-сульфатной пульпы при производстве аммофоса и методики расчета оптимальных параметров настроек регуляторов внедрены на АО «Аммофос-Максам» (справка АО «Узкимёсаноат» Республики Узбекистан от 15.10.2018 года №03-4562/А) В результате практически доказана адекватность предложенной математической модели реальному

процессу сушки и грануляции пульпы при производстве аммофоса.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования докладывались, на 6 научно-технических конференциях, в том числе на 4 международных.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационного исследования опубликовано всего 18 научных работ, из них 11 - в научных журналах из перечня ВАК РУз, в том числе 9 научных статей в международных журналах, получено 1 свидетельство на программный продукт.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования. Приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, содержатся сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первой главе диссертации **“Современное состояние теории и практики структурно-параметрического синтеза АРС-систем усовершенствованного управления технологическими процессами и производствами”** раскрыто содержание и существо концепции – усовершенствованного (или продвинутого) управления технологическими процессами и производствами, проанализирована методология разработки методов и алгоритмов структурного и параметрического синтеза, параметрической оптимизации и настройки регуляторов состояния технологических объектов управления.

Эволюция систем промышленной автоматизации позволяет выделить ряд тенденций развития систем и средств управления:

широкое распространение промышленных сетей для полевой автоматики;

создание полевых регуляторов, когда цепочка «первичный измерительный преобразователь – управляющее устройство – преобразователь – исполнительный механизм» замыкается на самом объекте управления с синхронным совершенствованием средств полевой автоматики;

появление Софт-Компьютинг технологии, основным принципом которой является то обстоятельство, что допуская неточность, неопределенность и частичную истину, можно при обработке информации достичь трактуемости (выражения в качественной символьной или лингвистической форме), робастности (грубости и устойчивости к несущественным возмущениям);

совершенствование и повышение качества математических моделей:

- *использование таких моделей, в которых учитывается случайный*

характер свойств перерабатываемого сырья, вспомогательных материалов и полуфабрикатов, дрейф характеристик технологического оборудования;

- использование адаптивных моделей прогнозирования состава компонентов сырья, полуфабрикатов и методов расчета их оптимального состава на основе выполненных прогнозов;

- расчета оптимальных уставок регуляторов и стабилизация материальных и энергетических потоков;

- разработка теории группового управления цепочной технологических объектов;

- появление новых моделей цифровых датчиков с радиовыходом;

- интеграция автоматизированных систем, связанная с системным анализом объекта и задач управления с постановкой и формированием комплекса задач управления как задач автоматизации по глобальному критерию эффективности.

разработка алгоритмов усовершенствованного управления породила концепцию человеко-машинного интерфейса, разделяющуюся на технологии SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и DCS (Distributed Control System) с одновременным формированием решений по построению систем оперативного управления для стандарта MES (Manufacturing Execution System), реализующих основные функции, начиная от обычной диспетчеризации и расчета технико-экономических показателей и кончая проблемами планирования ресурсов;

создание локальных вычислительных систем сетевой архитектуры, реализация децентрализованных распределенных цифровых систем управления, снабженных работоспособными средствами комплексирования в локальные сети программируемых контроллеров.

Перечисленные тенденции, естественно, не исчерпывают всего многообразия направлений развития систем промышленной автоматизации, но представляются главенствующими на ближайшее время.

Во второй главе **“Структурно-параметрическая идентификация линейных динамических объектов с помехами на входе и выходе”** исследован алгоритм идентификации многомерных линейных технологических объектов при наличии внутренних и внешних возмущающих воздействий, когда законы распределения помех неизвестны.

Одним из наиболее распространенных объектов управления выступает модель в виде линейно-разностного уравнения, определние структуры и параметров которой представляет собой достаточно сложную задачу.

Обратимся к многомерному линейно- разностному уравнению когда входной и выходной параметры $\zeta(i)$ на входе и $\zeta_i(i)$ выходе наблюдаются в дискретном времени с аддитивными шумами и помехами.

$$z_i - \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} z_{i-m} = \sum_{j=1}^d \sum_{m=0}^{r_j} a_0^{(mj)} x_{i-m}^{(j)}, \quad (1)$$

$$y_i = z_i + \zeta_1(i), \quad w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \zeta^{(j)}(i), \quad (2)$$

Требуется по $y_i, w_i^{(j)}$ определить векторы параметров a, b , а также их порядки r и r_j по входу и выходу.

Критерий оценивания позволяет получить сильно состоятельные оценки при условиях, когда множество \tilde{B} (которому априорно принадлежат истинные значения параметров объекта) представляет собой компакт, а $\{x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(d)}\}$ статистически не зависят от $\{\xi(i)\}, \{\xi^{(j)}(i)\}, j = \overline{1, d}$; а помехи $\xi(i), \xi^{(j)}(i), j = \overline{1, d}$, статистически независимы и подчиняются условиям:

$$E(\xi_1(i+1) / \xi_1(i_0), \dots, \xi_1(i)) = 0 \text{ п.н.}, \quad (3)$$

(где E - оператор математического ожидания:
 $E(\xi_1^2(i+1) / \xi_1(i_0), \dots, \xi_1(i)) \leq h$. h и $h^{(j)}$ - случайные величины;

$$x_{r_j}^{(j)} = (x_i^{(j)} \dots x_{i-r_j}^{(j)})^T, z_r(i) = (z_{i-1} \dots z_{i-r})^T;$$

$$E(h) \leq \pi < \infty; E((\xi_1)^4(i)) \leq \pi_1 \text{ п.н.};$$

$$E(\xi^{(j)}(i+1) / \xi^{(j)}(i_0), \dots, \xi^{(j)}(i)) = 0 \text{ п.н.};$$

$$E((\xi^{(j)})^2(i+1) / \xi^{(j)}(i_0), \dots, \xi^{(j)}(i)) \leq h^{(j)},$$

$$E(h^{(j)}) \leq \pi^{(j)} < \infty; E(\xi^{(j)}(i)) < \pi^{(j)} 1 < \infty;$$

Входные переменные отвечают условиям:

$$N^{-1} \sum_{i=i_0}^N (z_r^T(i) : (x_{r_1}^{(1)}(i))^T : \dots : (x_{r_d}^{(d)}(i))^T)^T \times z_r^T(i) : \dots : (x_{r_d}^{(d)}(i))^T \Big|_{N \rightarrow \infty} \text{п.н.Н} \quad (4)$$

Далее осуществляется место минимизация среднего значения величины:

$$e^2(b^{(m)}, a^{(mj)}) = \left[y_i - \sum_{m=1}^{\bar{z}} b^{(m)} y_{i-m} - \sum_{j=1}^{\bar{z}_j} \sum_{m=0}^{\bar{z}_j} a^{(mj)} w_{i-m}^{(j)} \right]^2. \quad (5)$$

При сравнительной оценке параметров линейных разностных уравнений в условиях шумов и помех наблюдения на входе и выходе объекта сопоставлялись функции потерь по: методу наименьших квадратов (МНК); рекуррентному методу инструментальных переменных со следующим выбором вектора инструментальных переменных:

$$\Psi_i = \left| y_{i-r-1} \dots y_{i-2r} \quad \Big| \quad w_{i-r_1}^{(1)} \dots w_{i-2r_1}^{(1)} \quad \Big| \quad \dots \quad \Big| \quad w_{i-r_d}^{(d)} \dots w_{i-2r_d}^{(d)} \right|^T;$$

а также по предложенному О.А.Кацюбой критерию

$$\min_{\begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix}} \omega^{-1}(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) U_N(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}), \quad (6)$$

где

$$U_N(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) = \left(Y - A_{Y,W} \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} \cdot Y - A_{Y,W} \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} \right),$$

(.,.) – скалярное произведение;

$$\omega(b, a^{(1)} \dots a^{(d)}) = \bar{\sigma}_1^2 \left[1 + b^T b + \gamma^{(1)} (a^{(1)})^T a^{(1)} \dots \gamma^{(d)} (a^{(d)})^T a^{(d)} \right],$$

$\bar{\sigma}_1^2$ - средняя дисперсия помехи наблюдения $\xi_1(i)$; $(\bar{\sigma}^{(j)})^2$ - средняя дисперсия

помехи наблюдения $\xi_2^{(j)}(i), \gamma^{(j)} = \frac{(\bar{\sigma}^{(j)})^2}{\bar{\sigma}_1^2}$;

$$a = (a^1 \dots a^d)^T, a^{(j)} = (a^{0,j} \dots a^{r_j,j})^T, b = (b^1 \dots b^d)^T, Y = (y_1 \dots y_N)^T$$

$$A_{y,w} = \begin{pmatrix} y_0 & \dots & y_{1-r_1} & | & w_1^{(1)} & \dots & w_{1-r_1}^{(1)} & | & \dots & | & w_1^d & \dots & w_{1-r_d}^{(d)} \\ \vdots & & \vdots & | & \vdots & & \vdots & | & \dots & | & \vdots & & \vdots \\ y_{N-1} & \dots & y_{N-r_1} & | & w_N^{(1)} & \dots & w_{N-r_1}^{(1)} & | & \dots & | & w_{N-1}^d & \dots & w_{N-r_d}^{(d)} \end{pmatrix}.$$

Алгоритмы параметрической идентификации многомерных стационарных линейных технологических объектов представляют собой эвристический алгоритм поиска, отличающийся от стандартной задачи регрессионного оценивания применением критерия оценивания на базе отношения двух квадратичных форм, позволяющего получать состоятельные оценки параметров за счет случайного подбора, вариации и комбинирования искоемых переменных.

Работы алгоритмов сопоставлялась по относительной погрешности моделирования:

$$\delta z_N = \sqrt{\|\hat{z} - z\|^2 / \|z\|^2} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $z = |z_1, \dots, z_N|^T$ - вектор выходной переменной, $\hat{z}_N = |\hat{z}_1, \dots, \hat{z}_N|^T$ - оценка этого вектора.

Третья глава диссертации посвящена рассмотрению **“Методов адаптивной фильтрации с прогнозированием измерительной информации”**, а также созданию инженерных методов и алгоритмов обработки и динамической фильтрации измеряемых величин от помех и шумов, которые обеспечивают получение адаптивных, уточняющихся от шага к шагу оценок в реальном времени. Рассматриваются вопросы построения адаптивных алгоритмов обработки информации, которая, обеспечивает (наряду с аддитивными и мультипликативными ошибками) учет априорной неопределенности характеристик систем управления. В общем случае задача стохастического прогнозирования состоит в том, чтобы оценить значение случайного процесса в момент времени t^* по значениям на некотором множестве моментов времени, которые предшествуют t^* .

Обратимся к постановке задачи оперативного краткосрочного прогнозирования характеристик стохастического процесса. Пусть имеется процесс, текущее состояние которого в момент времени i может быть описано n -мерным случайным вектором $x(i = \overline{1, l})$, наблюдение за которым в момент времени j может быть представлено в виде m -мерного вектора $\bar{z}(j = \overline{1, k})$, стохастически связанного с вектором состояния.

Пусть имеет последовательность наблюдений $\bar{z}(j = \overline{1, k})$, требуется определить оценку вектора состояния \hat{x}_s в некоторый заданный s -ый момент времени, когда вектор \hat{x}_s недоступен непосредственному измерению.

Поскольку этот вектор, так же как и вектор наблюдения \bar{z}_j статистически связаны, то оценку траектории \bar{x} можно дать по наблюдениям \bar{z} . Из возможных оценок необходимо выбрать ту, которая задает оценочную траекторию \hat{x} , наиболее близкую к траектории \bar{x} . Обозначим через \hat{x}_s оценку, полученную на основе наблюдений:

$$\hat{x}_s = \bar{\varphi}_s(\bar{z}, j = \overline{1, k}). \quad (8)$$

Задача сводится к определению функции $\bar{\varphi}$ некоторым рациональным и обоснованным способом. Если время упреждения $s < k$, то имеет место задача интерполяции (сглаживания); если $s = k$, то перед нами задача фильтрации; при $s > k$ - имеет место задача представляет собой задачу предсказания (прогноза).

Прогнозирование параметров технологического процесса может быть осуществлено последовательным решением задачи фильтрации и задачи экстраполяции случайных процессов. Аналитическое конструирование процедур первого типа основано на использовании последовательных алгоритмов, известных как фильтры Калмана-Бьюси.

В работе получена система:

$$\bar{x}^+_i = \hat{x}_i + F_i(\bar{z} - D_i \hat{x}_i); F_i = K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1}; K_i^T = K_i - K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1} D_i K_i, \quad (9)$$

описывающая фильтр, калмановского типа, обеспечивающий оптимальное оценивание параметров прогноза по минимуму обобщенной дисперсии ошибок с минимумом следа ковариационной матрицы K_i^T . На базе этого дискретного фильтра, дающего оптимальные оценки вектора состояния, построен алгоритм прогнозирования ненаблюдаемых параметров исследуемых процессов.

Предполагая, что наблюдения проводились до i -го момента включительно, на основании (9) можно получить оптимальные оценки вектора состояния \hat{x}_i и ковариационной матрицы ошибок K_i^T . В момент времени i производится измерение \bar{z} , которое связано векторным уравнением с вектором фазового состояния:

$$\bar{z}_i = D_i \bar{x}_i + \bar{\delta}_i, \quad (10)$$

где \bar{z}_i - вектор-столбец измерений размерности $(m \times 1)$; D_i - матрица известных коэффициентов размерности $(m \times n)$; $\bar{\delta}_i$ - вектор-столбец аддитивных помех размерности $(n \times 1)$.

Случайные процессы $\bar{\varepsilon}$ и $\bar{\delta}$ являются независимыми с равными нулю средними значениями $M(\bar{\varepsilon}) = M(\bar{\delta}) = 0$ и симметрическими неотрицательно определенными ковариационными матрицами $M[\bar{\varepsilon}\bar{\varepsilon}^T] = Q$, $M(\bar{\delta}\bar{\delta}^T) = R$. Прогноз значения исследуемого параметра в момент времени $(i + s, s \geq 1)$ можно получить следующим образом:

$$\hat{x}_{i+s} = A_{i+s} \hat{x}_i^+; A_{i,j+s} = A_{i+s-1,i+s}, A_{i+s-2,i+s-1}, \dots, A_{i,j+1}. \quad (11)$$

Ошибки экстраполированной оценки характеризуются ковариационной

матрицей

$$K_{i+s} = A_{i,i+s} K_i^+ A_{i,i+s}^T + \sum_{n=1}^s A_{i+n,i+s} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+s}^T. \quad (12)$$

При заданных начальных оценках \hat{x}_0, K_0 в работе синтезирован дискретный оптимальный прогнозирующий фильтр

$$\hat{x}_{i+s} = A_{i,i+s} \hat{x}_i^+; K_{i+s} = A_{i,i+s} K_i^+ A_{i,i+s}^T + \sum_{n=1}^s A_{i+n,i+s} Q_{i+n-1} A_{i+n,i+s}^T; \hat{x}_i^+ = \hat{x}_i + F_i(\bar{z}_i - D_i \bar{x}_i); \quad (13)$$

$$F_i = K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1}; K_i^+ = K_i - K_i D_i^T (R_i + D_i K_i D_i^T)^{-1} D_i K_i.$$

Следует отметить, что этот фильтр не накладывает никаких ограничений на вид законов распределения помех $\bar{\varepsilon}$ и $\bar{\delta}$: достаточно, чтобы были заданными лишь два первых их начальных моментов. В случае линейных систем и моделей технологических процессов найденные процедуры (13) являются эффективны с точки зрения обеспечения точности прогнозных оценок.

Обратившись к дискретному варианту этого фильтра рассмотрим динамическое соотношение:

$$x_{n+1} = F \cdot x_n + G \cdot u_n, \quad (14)$$

в котором F и G характеризуют соответственно динамическое поведение объекта процесса и ограничения, накладываемые на входной сигнал; u_n - независимая гауссова случайная последовательность с ковариационной матрицей Q и с нулевым математическим ожиданием.

Наблюдения определяются соотношением:

$$z_n = H \cdot x_n + v_n, \quad (15)$$

где H характеризует ограничения, накладываемые на наблюдения за x_n ; v_n - последовательность аналогичная u_n с ковариационной матрицей R .

Начальными условиями являются $X(0)$, причем $M[x(0)] = x$, $cov[x(0), x(0)] = P_0$. Значения F , G и H могут изменяться во времени.

Задача получения оценок $\hat{x}_i (0 \leq i \leq n)$ может быть поставлена следующим образом. Даны измерения z_1, z_2, \dots, z_n . Требуется определить оценки $\hat{x}_{i/n} (0 \leq i \leq n)$ по данным измерениям, которые минимизируют критерий

$$J = \frac{1}{2} [(\hat{x}_{0/n} - \bar{x})^T P_0^{-1} (\hat{x}_{0/n} - \bar{x}) + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2} \{ (z_{i+1} - H \hat{x}_{i+1/n})^T R^{-1} (z_{i+1} - H \hat{x}_{i+1/n}) + [(\hat{u}_{i/n})^T Q^{-1} (\hat{u}_{i/n})] \}]. \quad (16)$$

в условиях действия ограничений

$$\hat{x}_{(i+1)/n} = F \hat{x}_{i/n} + G \hat{u}_{i/n}.$$

Для решения задачи необходимо знание оценки $\hat{x}_{n/n}$, минимизирующей критерий (16). Оптимальное решение задачи получается при использовании следующих соотношений:

$$x_{n/n} = F \hat{x}_{n-1/n-1} + P_{n/n} H^T R^{-1} (z_n - H F \hat{x}_{n-1/n-1}); P_{n/n} = P_{n/n-1} - P_{n/n-1} H^T (H P_{n/n-1} H^T + R)^{-1} H P_{n/n-1},$$

$$P_{n/n-1} = FP_{n-1/n-1}F^T + GQG^T. \quad (17)$$

Для того чтобы получить прогнозируемое состояние процесса z_i , достаточно ввести в рассмотрение новый вектор переменных повышенной размерности и найти значение \bar{x}_{i+s} . Из полученного вектора \bar{x}_{i+s} выделяется искомый вектор состояния процесса \bar{z}_{i-s} .

Блок-схема алгоритма квазиоптимального прогнозирующего фильтра с произвольным временем упреждения в условиях априорной неопределенности модели процесса представлена на рис. 1.

В работе проанализированы соотношения, позволяющие получать оптимальное решение задачи многошаговой динамической фильтрации для случаев, когда имеются достаточно представительные статистические данные о поведении объекта. Чтобы применить полученные результаты, необходимо увеличить число компонентов в векторе состояния c_n до p_n , что означает увеличение объема вычислений как в уравнениях фильтра, так и в уравнениях для матрицы передачи и корреляционных матриц. Например, если вектор состояния \bar{x} десятимерный, а вектор измерения двумерный ($n=10$ и $m=2$), при имеющемся линейном уравнении динамики матрица передачи имеет размер 10×2 и для ее описания требуется 20 элементов. Тогда ее корреляционные матрицы имеют размер 10×10 и для описания каждой потребуется $10 \times 11 / 2 = 55$ элементов.

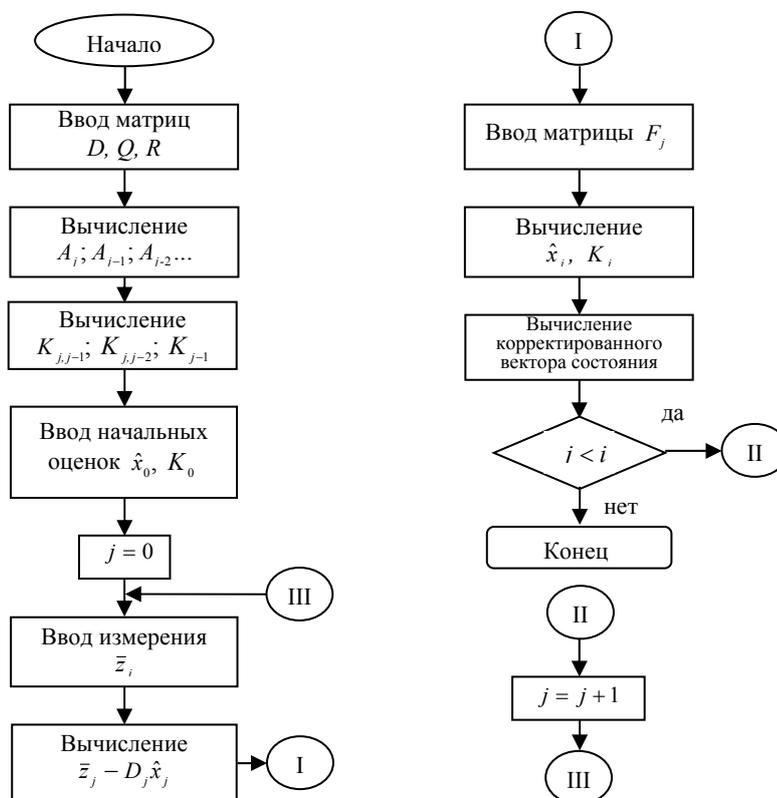


Рис. 1. Схема алгоритма квазиоптимального предсказывающего фильтра.

При рассматриваемой процедуре расширении вектора состояния (например, при порядке фильтра $p=4$) матрица передачи будет иметь размер

$pn \cdot m = 40 \cdot 2$ и содержать 80 элементов, а размер корреляционных матриц $40 \cdot 40$ и каждая содержит по $40 \cdot 41 / 2 = 820$ элементов. Число элементов в каждой матрице возросло почти в 15 раз.

Решена задача синтеза квазиоптимального прогнозирующего фильтра при априорной неопределенности описания объекта для предсказания его состояния на каждый последующий интервал квантования. Получена обобщенная форма квазиоптимального прогнозирующего фильтра с предикатором для случая, когда задача прогнозирования предполагает нахождение оценок параметров процесса с произвольно заданным интервалом упреждения.

В работе синтезирован модифицированный фильтр для оценки состояния и параметров дискретных технологических объектов управления в нечеткой среде. Для адаптации числа полученных с датчика данных N , обеспечивающих наилучшую фильтрацию, использовано предложенное Н.П.Деменковым и И.А.Мочаловым правило в виде нечетких высказываний типа: “если величина среднеквадратической ошибки γ при фильтрации “очень большая” и величина ошибки δa_0 модели “очень маленькая”, то необходимо в следующем цикле значительно увеличить число измерений. Этому нечеткому высказыванию соответствует правило: $if \gamma = PL$ и $\delta a_0 = NL$ затем $N = PL$. Правила для сети меток лингвистических переменных заданы в виде матрицы среднеквадратической ошибки γ :

	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NL	*	*	*	*	*	*	PL
NM	*	*	*	*	*	PM	*
NS	*	*	*	*	PS	*	*
ZR	*	*	*	ZR	*	*	*
PS	*	*	NS	*	*	*	*
PM	*	NM	*	*	*	*	*
PL	NL	*	*	*	*	*	*

Элементы * матрицы являются пустыми. Форма функции принадлежности для параметров γ , δa_0 и N уточняется по результатам моделирования. Следуя преобразованию непрерывного сигнала от датчика в цифровую форму, имеем соответствующую решетчатую функцию, которой соответствует вектор измерений y^T . Предполагается, что относительно помехи $y(t)$ выполняются начальные условия равенства нулю математического ожидания и известной дисперсии помех. При фиксированной величине шага по времени достигается наименьшая ошибка аппроксимации входных параметров.

Предложенная система работает следующим образом: оценщик выдает оценку действительного состояния заданной части системы управления, полученную на основании всех подверженных помехам измерений y , приведенных к моменту оценивания. Эта оценка используется затем в регуляторе при расчете управляющего воздействия N , действующего на управляемую часть системы таким образом, чтобы принятый критерий эффективности принимал экстремальное значение. Оценка состояния в этом

случае является оценкой максимального правдоподобия для каждого момента времени, обусловленной всеми измерениями и управлениями, реализуемыми к данному моменту времени.

В четвертой главе диссертации “Усовершенствованное управление процессами сушки и грануляции минеральных удобрений в барабанной грануляционной сушилке” рассмотрены принципы построения усовершенствованных систем управления и осуществлен выбор рационального способа управления и структуры адаптивной системы управления.

Проанализирована схема производства аммофоса путем выпаривания, сушки и гранулирования пульпы в аппаратах барабанной грануляционной сушилки (БГС) АО “Аммофос-Максам” (г. Алмалык). Показана целесообразность разработки адаптивной системы управления установкой БГС, в которой используется модель системы управления с подстраиваемыми параметрами (рис. 2).

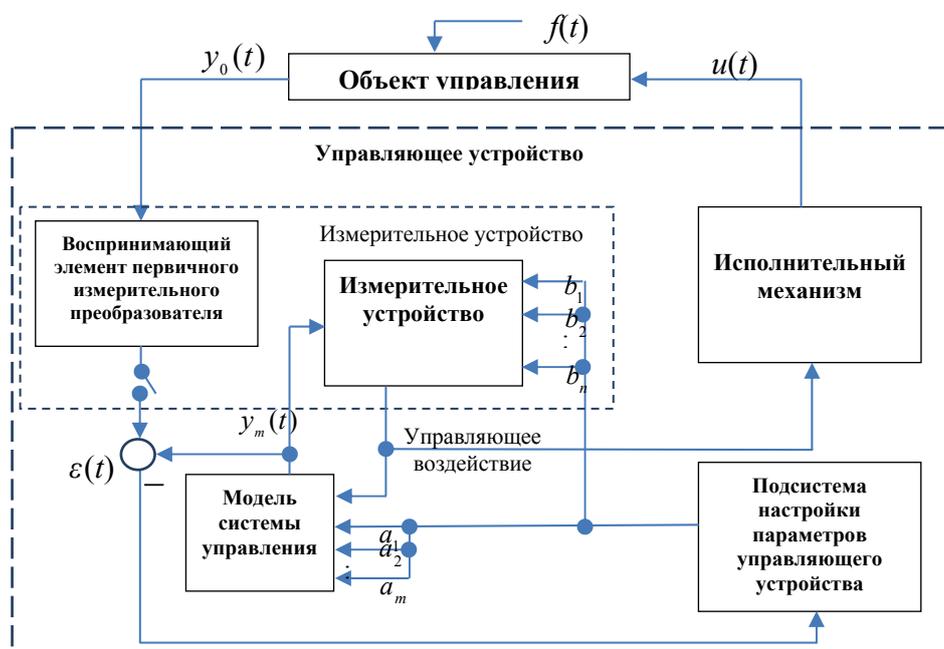


Рис. 2. Функциональная схема адаптивной системы автоматического управления барабанно-грануляционной сушилкой.

Система содержит два контура управления: основной (образован ОУ, управляющим устройством (УУ), измерительным преобразователем и исполнительным механизмом) и контур самонастройки. В этот контур входит подсистема моделирования объекта управления и воспринимающий элемент датчика измерительного преобразователя, а также подсистема настройки параметров управляющего устройства. Необходимость моделирования воспринимающего элемента датчика влажности связана с несовершенством используемого на производстве влагомера, который является источником динамических ошибок измерения управляемой величины $y(t)$. Моделирование позволяет учесть эти ошибки измерения и получать неискаженное значение последней.

Рассматриваемая система управления формализована следующим образом:

$$\dot{x} = Ax + Bv + Cf, \quad y = \psi_y(x, v, f), \quad (18)$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор координат состояния системы; A – квадратная матрица коэффициентов $a_{ij} = a_{ij}(\lambda, \eta(d)) (i = 1, 2, \dots, n)$; размерность $n \times n$; $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ – вектор управляющих воздействий; λ – совокупность параметров устройства управления, зависящих от a – вектора управляющих воздействий; B – матрица $n \times m$ коэффициентов $b_{jk} = b_{jk}(\lambda, r(a))$; $(k = 1, 2, \dots, m)$ – вектор возмущений; C – матрица коэффициентов $c_{ji} = c_{ji}(\lambda, \eta)(1, 2, \dots, r)$ размерностью $n \times r$; y – вектор управляемых координат системы; ψ_y – некоторый оператор.

Задача состоит в достижении оптимальной траектории движения системы x° , при которой показатель качества J достигает минимума:

$$J(x^\circ, v, t) \leq J(x, v, t). \quad (19)$$

При изменении параметров объектов λ достижение оптимальной траектории состоит в определении оптимального закона управления и оптимальных настроек параметров как по отношению к воздействиям v , так и к изменяющимся параметрам λ .

Условие оптимизации, включающее в себя решение двух задач (обеспечения оптимального соотношения параметров, при котором реализуется наилучшая траектория движения x° , и обеспечение оптимизации процессов измерения управляющих воздействий $\alpha_\eta (k = 1, 2, \dots, m)$ при движении в пространстве параметров к точке экстремума), может быть записано в виде

$$J(x^\circ, \eta^\circ, \alpha^\circ, v, t) \leq J(x, \eta, a, v, t), \quad (20)$$

где η° – оптимально настраиваемые при изменении λ – параметры управляющего устройства; α° – оптимальное воздействие.

Задача состоит в том, чтобы при отклонении переменных a_{ij} и b_k обеспечить такое их изменение, при котором выполнялось бы условие (20).

Показатель качества при решении задачи управления

$$J_y = \int_{t_0}^{t_a} \{ [y_0 - y_N]^2 + qu^2 \} dt \rightarrow \min_{\eta \in \Omega_\eta}, \quad (21)$$

где u – вектор управляющих воздействий; y_0 – управляемая величина; y_N – значение нормального уровня влажности; Ω_η – область допустимых изменений параметров η ; q – вектор весовых коэффициентов.

Модель системы управления состоит из модулей математического описания объекта, управляющего устройства, измерительного преобразователя влажности и исполнительного механизма. Математическим описанием объекта выступает модель, параметрическая идентификация которой при заданных внешних воздействиях представлена как задача

минимизации критерия

$$J = \int_0^T [y_0(t) - y_m(t)]^2 dt \rightarrow \min_{A \in \Omega_A} \Rightarrow A^*, \quad (22)$$

где A – совокупность идентифицируемых переменных математической модели, область определения которых $\Omega_A = [a_{ij}^{min}, a_{ij}^{max}]$, модель является устойчивой; A^* – совокупность оптимальных параметров модели; T – период моделирования.

Модель объекта управления выражена в виде системы дифференциальных уравнений

$$\frac{dI}{dt} = -a_{11}I + a_{12}G + b_1VI; \frac{dG}{dt} = -a_{21}I - a_{22}G + b_2VG + G_I, \quad (23)$$

где I и G – влажность пульпы и продукта; VI и VG – скорости влагосьема; G_I – величина, характеризующая внешнее известное возмущение, определяемое соотношением (22); a_{11} и a_{12} – параметры, характеризующие влагосьем; a_{21} и a_{22} – параметры, отражающие интенсивность влагосьема; b_1 и b_2 – переменные, которые характеризуют степень чувствительности объекта к колебаниям влажности пульпы и продукта. Внешние задаваемые воздействия выражаются в виде функции

$$f(t) = \begin{cases} K_m(1 - e^{-\beta t}) & \text{при } t \leq t_m, \\ K_m(1 - e^{-\beta t})e^{-\beta(t-t_m)} & \text{при } t > t_m \end{cases} \quad (24)$$

здесь t_m – момент достижения заданного значения влажности; K_m – удельная скорость изменения влажности; β – переменная, выражающая интенсивность колебаний выхода.

Модель первичного измерительного преобразователя представляет собой систему алгебро-дифференциальных уравнений

$$y_T = y(t - T_z); y_{TH} = y_T + (-1)^{N_T} \Delta y_T; \\ \tau_d \frac{dy_{THD}}{dt} - y_{THD} = y_{TH}; y_{THDN} = \mathcal{F}_N(y_{THD}), \quad (25)$$

где N_T и Δy_T – параметры, характеризующие флуктуационные изменения датчика; τ_d – постоянная времени, учитывающая инерционность первичного измерительного преобразователя; \mathcal{F}_N – функция, отражающая нелинейность характеристики измерителя; T_z – время транспортного запаздывания. Исполнительный механизм формализован как самостоятельная замкнутая система с корректирующими звеньями и представлен в виде стационарного динамического звена. Процесс адаптации системы к изменениям параметров объекта обеспечивается путем периодической подстройки модели и корректировки коэффициентов алгоритма управления. Подстройка модели состоит в определении динамических характеристик на основании использования значений параметра, получаемых через определенные

интервалы времени с объекта таким образом, чтобы реакции модели и объекта были максимально близки друг к другу. В течение этого интервала времени управление осуществляется по реакции модели. Подстройка параметров модели осуществляется в два этапа. На первом оптимизируются параметры возмущающих воздействий K_m , β и t_m . Если цель настройки и (достижение критерием J_a допустимого минимального значения) не выполняется, то, оптимально оцениваются параметры модели a_{ij} и b_B , а также динамические параметры по алгоритму, построенному на основе оптимального по быстродействию управления. Результаты вычисления прогноза минимального значения влажности имеют следующий вид:

$$v = \begin{cases} v_{max} & \text{при } G_m > G_z, G > G_v, \\ 0, & \text{при } G_m \leq G_z, G \leq G_v, \end{cases} G_m = \left(G_0 - \frac{\dot{G}_0}{\lambda_2} \right)^{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}} / \left(G_0 - \frac{\dot{G}_0}{\lambda_1} \right)^{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}}; \quad (26)$$

где v_{max} – максимально допустимая скорость влагосъема; G_m – вычисляемое минимальное значение конечной влажности продукта; G_z – задаваемое значение уровня влажности; G_0 – значение влажности на момент вычисления G_m ; \dot{G}_0 – значение скорости изменения влажности на момент вычисления G_m ; G_v – задаваемое верхнее граничное значение влажности, определяющее область допустимых колебаний; a_{ij} – параметры модели (23); λ_1 и λ_2 – корни характеристического уравнения

$$\lambda^2 + (a_{11} + a_{22})\lambda + a_{11}a_{22} + a_{12}a_{21} = 0 \quad (27)$$

Оптимизация процессов изменения управляющих воздействий α_A решается как минимизация функции:

$$J = \int_{t_1}^{t_1 + \tau} [y_0(t) - y_m(t)]^2 dt \rightarrow \min_{\alpha \in \Omega_\alpha} \Rightarrow \alpha^*, \quad (28)$$

где $y_m(t)$ – кривая, получаемая от подсистемы моделирования на интервале управления τ . Работа алгоритма по комбинированному критерию $f(t)$ происходит следующим образом. В момент расчета управляющего воздействия вычисляется значение G_m и, если это значение достигает уровня G_z , то процесс расчета прекращается. Если же текущий уровень влажности достигает уровня G_v , то имеет место возобновление работы алгоритма. В работе синтезирована система управления процессом сушки и грануляции пульпы в производстве аммофоса. В системе с дифференцированием вспомогательной величины регулятор функционирует по ПИ-закону регулирования, а дифференциатор во вспомогательном канале представляет собой реальное дифференцирующее звено. Результаты расчетов параметров

настроек регулятора и дифференциатора представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты расчета параметров настроек регуляторов

Метод настройки	Параметры настроек САУ с дифференциатором				Интегральные критерии для $\lambda(t)=1$	
	$W_p(p)$		$W_d(p)$		$I_{л,\lambda}$	$I_{м,\lambda}$
	K_u	K_p	T_d	K_d		
Метод многомерного сканирования	13.00	1.50	44.6	2.16	0.46	0.47
Аналитический метод	3.50	3.00	29.4	0.92	1.07	1.58

Характер переходных процессов в исследуемой системе автоматического регулирования представлен на рис. 3.

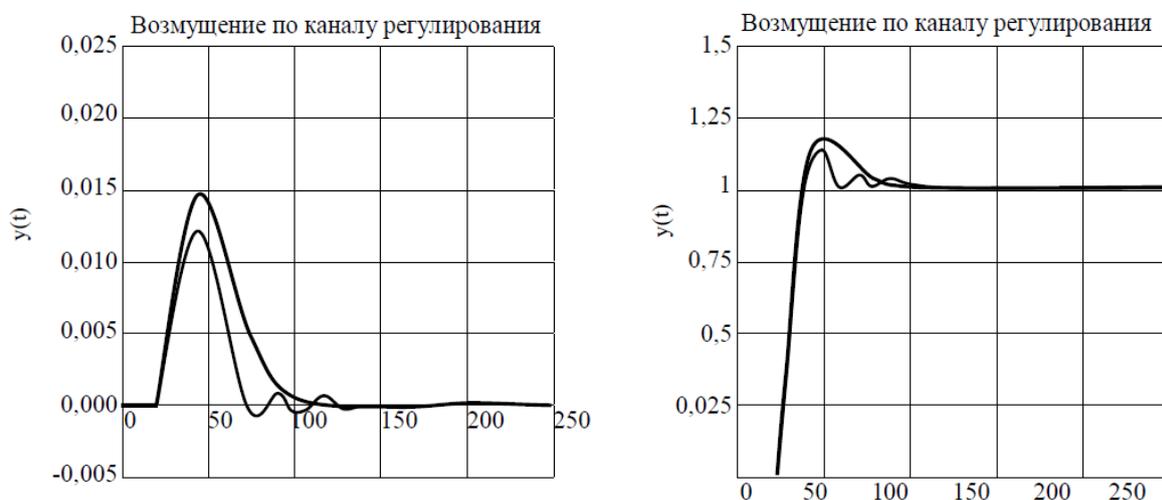


Рисунок 3. Переходные процессы в системе регулирования процесса сушки и грануляции пульпы в БГС.

Исследования свидетельствуют о способности алгоритма к устойчивому поиску параметров настроек регуляторов, совмещает в себе положительные метода случайного поиска и метода деформируемого многогранника. Отмеченные цель и задачи исследования реализованы в виде усовершенствованной АРС-системы управления процессом выпариванием, сушки и гранулирования пульпы в аппаратах барабанной грануляционной сушилки на АО «Аммофос-Максам» (г. Алмалык) с ожидаемым экономическим эффектом 80 млн. 29,243 тыс. сум в год (справка АЈ “O’zkimyosanoat” №03-4562/А от 15.10.2018 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализировано современное состояние теории и практики структурно-параметрического синтеза АРС-систем усовершенствованного управления технологическими процессами и производствами и выявлены тенденции их дальнейшего развития и совершенствования. Показано, что усовершенствованное управление технологическими процессами и производствами – современная наукоемкая технология, применение которой на производстве позволяет существенно повысить эффективность действующих систем управления, реализующих сложные алгоритмы управления, основанные на использовании прогнозирующей модели объекта.

2. Разработан алгоритм параметрической идентификации многомерных линейно-разностных объектов управления при наличии шумов и помех наблюдения на входе и выходе в условиях неизвестных законов распределения помех, позволяющий свести задачу идентификации вектора неизвестных параметров к оцениванию состояния объекта исследования.

3. Предложен способ структурно-параметрической идентификации линейных динамических систем. Способ позволяет оценивать порядок линейно-разностного уравнения модели объекта без использования передаточной функции, импульсной характеристики системы в условиях действия помех наблюдения во входных и выходных сигналах объекта управления.

4. В качестве функции потерь для оценки параметров линейных разностных уравнений объекта предложен критерий эффективности. Целевая функция позволяет более точно проводить параметрическую идентификацию с получением сильно состоятельных оценок в условиях действия помех на входе и выходе системы.

5. Разработан алгоритм оперативного краткосрочного прогнозирования поведения линейных технологических объектов на основе процедур последовательной многошаговой динамической фильтрации измерительной информации. Алгоритм позволяет в зависимости от заданной цели реализовывать необходимые преимущества (скорость точности вычисления, дискриминационную способность и надежность аппроксимации).

6. Осуществлено аналитическое конструирование фильтра, ненаблюдаемых параметров динамического объекта. Фильтр обеспечивает получение оптимальных оценок параметров прогнозируемого процесса по минимуму обобщенной дисперсии оценок вектора состояния.

7. Модифицирован фильтр для оценивания состояния и параметров технологических объектов управления в нечеткой среде. Оценитель обеспечивает определение действительного состояния заданной части системы управления, полученной на базе подверженных помехам измерений, приведенных к моменту оценивания. Оценка состояния в этом случае является оценкой максимального правдоподобия для каждого момента

времени, обусловленной всеми измерениями и управлениями, реализуемыми к данному моменту времени.

8. Синтезирована АРС-система усовершенствованного управления процессами сушки и грануляции пульпы в БГС производства аммофоса и найдены оптимальные параметры настроек ПИ-регулятора и реального дифференциатора. Это позволило системе функционировать в режиме реального времени.

9. С использованием аппарата имитационного моделирования разработан алгоритм численной параметрической оптимизации схем регулирования сложных динамических объектов с добавочными информационными каналами. Предложенная методика расчета оптимальных параметров настроек регуляторов по прямому интегральному критерию – степени затухания, вводимому в целевой критерий в виде функции штрафа дает возможность не зависит от выбора начальных координат системы и не требует применения методов глобальной оптимизации.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ERGASHEV FARKHOD ARIFJANOVICH

**INTELLECTUALIZATION TECHNOLOGIES FOR MONITORING AND
CONTROL OF DYNAMIC OBJECTS IN AN UNCERTAIN INPUT
ACTIONS**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures

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

Tashkent – 2018

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2017.1.PhD/T66.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

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

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

Official opponents: **Bekmuratov Tulkun Fayzievich**
doctor of technical sciences, professor, academician
Abdurakhmanova Yulduz Mukhtarhodzhaevna
candidate of technical sciences

Leading organization: **LLC «Ximavtomatika»**

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

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number № 61). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-03-41.

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

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

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

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

Dissertation purpose. The aim of the research is the development of methods and algorithms for structural-parametric synthesis of APC-systems of advanced control of technological processes and production on the example of a drum-granulation dryer in the production of ammophos.

The tasks of research:

identification and estimation of technological process parameters, formalized by the systems of linear-difference equations in the presence of noise and noise observation at the input and output of the object;

quick response forecasting of noise measurements based on adaptive dynamic filtering procedures, and analysis of informative properties and characteristics of forecasting filter;

synthesis of a fuzzy intelligent evaluator in a part of modified Kalman filter type;

calculation of tuning regulation parameters in control systems with additional information channels;

development of the fundamentals of structural-parametric analysis and synthesis of APC-systems of advanced control of sophisticated technological complexes on the example a drum-granulation dryer control in the production of ammophos.

The object of the research is advanced control systems for complex technological processes of drying and granulation of mineral fertilizers in a drum-granulation dryer.

Scientific novelty of the research is as follows:

proposed a model of a non-searchable self-adjusting control system in the form of a functional description of an object, which senses an element (humidity sensor), an actuator and control device;

made informative statement and given solution to the problem of structural and parametric identification of dynamic control objects in the presence of noise observation in the input and output signals under conditions of a priori uncertainty;

solved task of operative estimation of the parameters of technological control objects and multi-step filtering of noise measurement, and analyzed the informative characteristics of the proposed forecasting filter;

formulated scientific and methodological foundations of the parametric identification of stationary multidimensional linear-difference models of technological objects with unobservable input-output interference;

proposed estimator of the state of a multidimensional object in the form of a modified quasi-optimal fuzzy filter of Kalman type, which evaluates the state of an object by the maximum likelihood criterion;

synthesized APC-system of advanced control of the drying process and pulp granulation in the production of ammophos.

Implementation of the research results. Based on the obtained results, the developed recommendations on the structural-parametric analysis and synthesis of advanced control APC-systems of complex technological processes and

production, are implemented in the following forms:

synthesis of the modified Kalman filter algorithm in a fuzzy environment for assessing the state of the control object based on measurements exposed to noise and interference was introduced at JSC “Ammofos-Maksam” (reference JSC “Uzkimyosanoat” of Republic of Uzbekistan dated 15.10.2018 No. 03-4562/A). The result is an optimal assessment of the state of the object by the maximum likelihood criterion;

developed methods of parametric optimization of control systems of multidimensional technological objects with regulators that implement various control laws based on performance criteria reflecting management quality indicators at JSC “Ammofos-Maksam” (reference JSC “Uzkimyosanoat” of Republic of Uzbekistan on 15.10.2018 No. 03-4562/A). As a result, the problem of calculating the optimal parameters of the regulator and differentiator settings that provide a given degree of attenuation of the transient process has been solved;

methods and algorithms for controlling technological processes of drying and granulation of calcium-sulphate pulp in the production of ammophos, and methods for calculating the optimal parameters of regulator settings were implemented at JSC “Ammophos-Maxam” (reference JSC “Uzkimyosanoat” Republic of Uzbekistan dated 15.10.2018 No. 03-4562/A) As a result, the adequacy of the proposed mathematical model to the actual process of drying and granulation of the pulp in the production of ammophos has been practically proved.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and appendices. Dissertation text is presented within 118 typewritten pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Ergashev F.A., Algorithms of Structural Parametric Identification of Linear Dynamic Objects of Control in the Presence of Observation Interference // International Journal «Chemical technology. Control and management» and «Journal of Korea Multimedia Society». – Seoul (South Korea), 2015. –№ 3-4, pp. 158–162 (ОАК Раёсати қарори №297/6, 2015 йил 30 июнь).

2. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Ergashev F.A., Rasuleva M.A. Identification of Linear Dynamic Objects and Control Tasks // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). India, January 2016, Vol. 3. Issue 1, pp.1214–1222 (05.00.00, №8).

3. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Temerbekova B. M., Ergashev F.A., Rasuleva M.A. Software and Hardware Implementation of Tasks Increasing Reliability of Measuring Information // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). India, February 2016, Vol. 3, Issue 2, pp.1372–1378 (05.00.00, №8).

4. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Avazov Yu.Sh., Ergashev F.A. Virtual Quality Analyzers of Industrial Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). India, May 2016, Vol. 3, Issue 5, pp.1970–1974 (05.00.00, №8).

5. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Ergashev F.A. Dynamic Behavioral Prediction of Objects Based on Multi-Step Filtration of Signals // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). India, May 2016, Vol. 3, Issue 5, pp. 1988–1992 (05.00.00, №8).

6. Yusupbekov N.R., Adilov F.T., Ergashev F.A. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems, USA, 2017, №3, Volume 11, pp. 53-57 (05.00.00, №18).

7. Usmanova N.B., Mirzaev D.A., Ergashev F.A. Assessment the Reliability of Software of Information-Managing Systems Basis Fuzzy Automatic // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, (IJARSET) India, ISSN: 2350-0328, Vol. 4, Issue 8, August 2017, pp. 4431-4434 (05.00.00, №8).

8. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Эргашев Ф.А., Расулева М.А. Краткосрочное прогнозирование в задачах оперативного управления химико-технологическими процессами и производствами // Научно-технический журнал «Контроль. Диагностика», Москва, 2016, №8. – С. 54–57 (05.00.00, №48).

9. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Расулева М.А., Эргашев Ф.А. Информативные свойства дискретного прогнозирующего фильтра // Журнал «Промышленные АСУ и контроллеры». Москва, 2017, №3. – С. 23–27 (05.00.00, №69).

10. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Эргашев Ф.А., Расулева М.А. Исследование и разработка методов прогнозирования на основе процедур динамической фильтрации // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник Узбекистана». Навои, 2016, №2. – С. 76–78 (05.00.00, №7).

11. Мухитдинов Д.П., Эргашев Ф.А., Шульц А.В. Разработка многосвязной динамической модели процесса экстракции фосфорной кислоты на основе искусственной нейронной сети // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». – Ташкент, 2016. № 2. – С. 52–56 (05.00.00, №12).

12. Gulyamov Sh.M., Ergashev F.A. Algorithm for Synthesis of Intelligent Control System // Proceeding of Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation “WCIS–2012”, Volume № 2, November 25–27, Tashkent, 2012, pp. 36–38.

13. Юсупбеков Н.Р., Эргашев Ф.А. Применение методов теории нечетких множеств и нечеткой логики к проектированию информационно-управляющих систем // Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Информационные технологии и проблемы телекоммуникаций». 14-15 марта 2013 года, Ташкент, 2013, часть 1. – С. 16–18.

14. Yusupbekov N. R., Gulyamov Sh. M., Ergashev F.A. Automation Tasks of Structural-Parametric Synthesis of Control Systems of Technological Processes // Transactions of the International scientific conference “Perspectives for the development of information technologies”- ИТРА 2014” 4-5 November 2014, Tashkent, pp. 257–261.

15. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Ergashev F.A. Research Methods of Intellectual Control Systems of Difficult Dynamic Objects // Proceeding of Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation “WCIS – 2014”. Volume № 2, November 25-27, Tashkent, 2014. – Pp. 58–61.

16. Эргашев Ф.А. Интегрированный показатель надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем // Республиканская научно-практическая конференция «Развитие технологии строительства в Узбекистане» 20-21 ноября 2015 года, часть 2, Ташкент, 2015. – С. 72-73.

17. Атауллаев А.О., Эргашев Ф.А., Атауллаев А.А., Уринов Ш.Р. Программа синтеза оптимальной коррекции по входному сигналу следящей системы // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 05488 от 03.07.2018 г.

18. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Ruziev U.A. Algorithms of Primary Information Processing // Proceeding of the International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. Volume №1, October 26-27 2017, Navoi, Uzbekistan, pp. 9–14.

Автореферат “Til va adabiyot ta’limi” журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди. (9.11.2018)

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 26.

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