

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

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ВА НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

ЖУМАЕВ ОДИЛ АБДУЖАЛИЛОВИЧ

**АХБОРОТ ОҚИМЛАРИНИНГ НОАНИҚЛИГИ ШАРОИТИДА СУЮҚ ВА
ГАЗСИМОН МУҲИТЛАР САРФИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ НАЗОРАТ
ҚИЛИШ ВА БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЛАШТИРИШ**

05.03.01–Асбоблар. Ўлчаш ва назорат усуллари (техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации

Content of the abstract of doctoral dissertation

Жумаев Одил Абдужалилович

Ахборот оқимларининг ноаниқлиги шароитида суюқ ва газсимон муҳитлар сарфининг параметрларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш..... 3

Жумаев Одил Абдужалилович

Интеллектуализация систем контроля и управления параметров расхода жидких и газообразных сред в условиях неопределенности информационных потоков..... 29

Jumayev Odil Abduzhalilovich

Intellectualization of monitoring and control systems for flow and gas consumption conditions under information flows uncertainty..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 59

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ВА НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

ЖУМАЕВ ОДИЛ АБДУЖАЛИЛОВИЧ

**АХБОРОТ ОҚИМЛАРИНИНГ НОАНИҚЛИГИ ШАРОИТИДА СУЮҚ ВА
ГАЗСИМОН МУҲИТЛАР САРФИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ НАЗОРАТ
ҚИЛИШ ВА БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЛАШТИРИШ**

05.03.01–Асбоблар. Ўлчаш ва назорат усуллари (техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.DSc/Т304 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университети ва Навоий давлат кончилиқ институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «Ziyouet» Ахборот таълим порталида (www.ziyouet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
ЎзР ФА академиги, техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Исматуллаев Патхулла Раҳматович
техника фанлари доктори, профессор
Бахрамов Хошим Шоимович
техника фанлари доктори
Сиддиков Илхом Хакимович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: Тошкент ахборот технологиялари хузуридаги
Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-
инновацион марказ

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети хузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «13» та соат 10 дақиқасида бўлиб ўтди. (Манзил: 100095, Ташкент ш, Университет кўчаси, 2. тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (129 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Ташкент ш, Университет кўчаси, 2. тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация автореферати 2019 йил «29» 11 кунни тарқатилди.
(2019 йил «13» 11 дақиқасида рақамли реестр баённомаси).



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

У.Ф. Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

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

Кириш (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий технологиялар ва ресурстежамкорлик, шунингдек ишлаб чиқаришнинг экологик тозалигига бўлган талабнинг ортиши билан энергия ташувчилар таннархининг ўсиш шароитларида энг яхши метрологик тавсифларга эга бўлган, жумладан суюқ ва газсимон оқимларнинг сарфини ўлчашга мўлжалланган асбобларни кенг қўллашга бўлган эҳтиёж ортиб бормокда. Ўлчаш асбобларининг ушбу синфи технологик параметрларни назорат қилишда жуда кенг қўлланилмокда. Бундай шароитларда суюқ ва газсимон муҳитларнинг сарфини максимал даражада юкори аниқлик билан назорат қилиш масаласи муҳим вазифалардан бири ҳисобланмокда.

Жаҳонда бугунги кунда саноатнинг энергетика, металлургия, нефть ва газ, целлюлоза-қоғоз, озик-овқат ва бошқа саноат соҳаларида технологик режимларни бошқариш ва оптималлаштиришни сарф ўлчагичларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Магистрал қувурлар бўйлаб узатиладиган ёқилги-энергетика ресурслари, сув ва бошқа моддалар миқдори ва сарфини ўлчаш халқ хўжалиги ва умуман иқтисодиётнинг ривожланиши учун муҳим иқтисодий аҳамиятга эга. Бу борада, суюқ ва газсимон муҳитлар сарф ўлчагичларининг метрологик хусусиятлари ва улардан фойдаланиш параметрлари самарадорлигини ошириш бугунги кундаги муҳим аҳамият касб этувчи илмий-техник муаммолар ҳисобланади.

Республикамизда мураккаб технологик мажмуаларни назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуал ахборот-ўлчаш тизимларини жорий этишга йўналтирилган қатор илмий-тадқиқот ва тажриба-конструкторлик ишларига алоҳида эътибор қаратилмокда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Кон-металлургия соҳасидаги корхоналар фаолиятини янада такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорида, жумладан «иктисодиётни жадал ривожлантириш ва либераллаштириш, ишлаб чиқаришни модернизациялаш ва кон-металлургия соҳасидаги йирик корхоналарни рақобатбардошлигини ошириш учун инвестициялар жалб этиш»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, ўлчаш асбобларининг метрологик тавсифларини ошириш ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017–2021 йилларда янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони ва 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ–3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 январдаги ПҚ 4124 - сон «Кон-металлургия соҳасидаги корхоналар фаолиятини янада такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори

ҳужжатларда белгиланган вазибаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг IV «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» ва X «Илмий технологиялар, асбоблар, жиҳозлар, эталон воситалари, ўлчаш ва назорат қилиш усулларини яратиш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи². Жаҳон миқёсидаги илмий тадқиқотлар доирасида суюқ ва газсимон муҳитлар сарфининг технологик параметрларини назорат қилишнинг ўлчаш асбобларини ишлаб чиқишга йўналтирилган муҳим масалаларини ечиш: Massachusetts Institute of Technology, Emerson Electric Manufacturing, University of Missouri (АҚШ), «Siemens» ва University of Munster, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (Германия), Imperial College London (Буюк Британия), Osaka University ва Tokyo Institute of Technology (Япония), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Жанубий Корея), Духов номидаги Автоматика бўйича Умумроссия илмий-тадқиқот Институти (Россия) ва ТошДТУ (Ўзбекистан) каби етакчи илмий ва олий таълим муассасаларида амалга оширилган.

Фан ва техниканинг замонавий ютуқларидан фойдаланиб технологик тизимларнинг параметрларини назорат қилиш учун, ўлчашнинг янги тамойилларига асосланган асбобларни яратишда «Honeywell», «Greyline instruments», «Omega engineering» (АҚШ), «Siemens», «Endress+Hauser» ва «Turck» (Германия), «Sensirion» (Швейцария), «Riels instruments» (Италия) каби бир қатор илмий-тадқиқот марказлари ва ишлаб чиқарувчи фирмалар етакчилик қилмоқдалар.

Бирламчи ўзгартиргичларни мукамаллаштириш бўйича «Dwyer instruments» ва «Hedland» (АҚШ), «Sensirion» (Швейцария), «Riels instruments» (Италия), «Yamanashi Co.» (Япония) фирмалари, ўлчаш диапазонини кенгайтириш ва датчикларнинг аниқлик даражасини 0,025% - 0,5% оралиқда таъминловчи сарф датчиклари «McCrometer» ва «Cdimeters» (АҚШ) ва «Endress+Hauser» (Германия) фирмалари томонидан ишлаб чиқарилмоқда. Суюқ ва газсимон муҳитлар сарф параметрларини ўлчаш асбобларини интеллектуаллаштирилган дастурлар билан таъминлаш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Газ-суюқлик оқимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш, оптималлаштириш масалаларидан амалий фойдаланиш, синтезлаш усуллари соҳасидаги

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: www.atlasrockbit.com, www.varelintl.com, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> ва бошқа талаблар асосида ишлаб чиқилган

тадқиқотларга тааллуқли сўнги йиллардаги илмий-техник адабиётлар таҳлили ушбу соҳада аҳамиятли назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан дарак беради. Бироқ, технологик тизимларнинг параметрларини назорат қилиш учун фан ва техниканинг замонавий ютуқларидан фойдаланиб, ўлчашнинг янги тамойилларига асосланган янги асбобларни яратишни талаб этувчи илмий-техник муаммо ҳали ҳам долзарблигича қолмоқда. Шу билан биргаликда, айни вақтда, илмий нашрларда ахборот оқимлари ноаниқ бўлган шароитларда суюқ ва газсимон муҳитлар сарф параметрларини автоматик назорат қилиш усуллари ва асбобларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш масалалари етарли даражада кўриб чиқилмаган ва тўлиқ очилмаган.

Суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини ўлчаш ва тадқиқ қилиш муаммоларини ечишга: E.R. Collins, O.Fiedler, U. Beis, P.J Huber, (АҚШ), Gert Vöhme, J.F.Richardson, Bernard Coleman (Германия), Г.Н.Бобровников, Г.С.Векслер, М.Ф.Зарипов, А.В.Ковалев, Б.М.Новожилов, В.Г.Сарафанов, С.В. Ряховский, М.А.Ураксеев, В.М.Шарапов ва бошқа хорижий олимлар, шунингдек А.А.Абдувалиев, Д.А.Абдуллаев, А.А.Азимов, Р.К.Азимов, Т.Ф.Бекмуратов, П.Р.Исмагуллаев, М.М.Муҳитдинов, Т.Д.Раджабов, В.А.Соловьев, Х.П.Ташпулатов, Ю.Г.Шипулин, Н.Р.Юсупбеков, О.Ш.Ҳақимов каби мамлакатимиз олимлари ўзларининг хиссаларини қўшишган.

Мамлакатимиз ва хорижий олимларнинг фикрига кўра, суюқ ва газсимон муҳитлар сарф параметрларини ўлчашнинг магнит-индукцион усули ўзининг сезгирлиги, тезкорлиги ва универсаллиги билан фарқланиб, энг аниқ усуллардан бири ва ўзининг асбобий амалга оширилиш имкониятларини тўла намоён этмаган. Сарф ўлчашнинг электр-магнитли асбобларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш муаммолари Г.В.Белоусов, В.И. Дмитриев, Э.Г.Звенигородский, С.М.Лебедев, В.А.Карпов ва бошқаларнинг ишларида тадқиқ қилинган. Бироқ, кириш сигналларининг жуда кичик сатҳларида ишлаб оладиган электр-магнитли сарф ўлчагичлар учун электрон ўзгарткичлар ишлаб чиқиш муаммоси бундай ўзгарткичларнинг ишлашини ўзига хос жиҳатларини таҳлил қилиш ва уларнинг аниқлигини чегараловчи омилларни баҳолашни талаб этади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасини илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ва Навоий давлат кончилик институти илмий тадқиқот ишлари режаларининг ИОД-4-1 – «Суюқлик сарф ўлчагич-ҳисоблагичлари учун микропроцессорли кўчма синов қурилмасини ишлаб чиқиш, синаш ва жорий этиш» (2012-2014 йй.), И-2017-2-11 – «Таркибида олтин бўлган рудаларни бойитиш бўйича лаборатория тадқиқотларининг оптоэлектрон интеллектуал тизимини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» ҳамда И-2017-2-12 – «Ёйли пўлат эритиш печларининг энергетик режимларини ростилаш ва оптималлаштиришнинг автоматлаштирилган тизимларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» (2015-2017 йй.) мавзусидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади суюқ ва газсимон муитлар сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуаллашган ўлчаш тизимларини ишлаб чиқиш ва дастурий тизимини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

суюқ ва газсимон мухитлар сарфини ўлчаш ва назорат қилишнинг мавжуд усуллари ва воситаларини конструктив хусусиятлари соҳасига бағишланган адабиётлар, патент ва фонд манбаларини таҳлил қилиш ва назарий умумлаштириш;

суюқ ва газсимон мухитлар сарфини ўлчаш-ўзгартириш жараёнларини ифодалашнинг илмий-услубий асосларини ишлаб чиқиш, моддалар сарфини назорат қилиш тизимларининг метрологик тавсифларини ошириш усуллари ва назарий қўйимларини аниқлаш;

назорат ва бошқариш технологияларини интеллектуаллаштириш элементлари ва усулларини шакллантириш, электр-магнитли ўлчаш ўзгарткичларидан фойдаланиб, газ-суюқлик оқимлари сарфини интеллектуал назорат қилиш тизимларининг фаолиятини математик моделларини ишлаб чиқиш;

суюқ ва газсимон моддалар сарфини назорат қилишнинг интеллектуал тизимларининг иш қобилияти ва метрологик ишончилигини тажрибавий текшириш, ишлаб чиқилган алгоритмларни дастурий амалга ошириш;

назорат қилиш ва бошқаришда қарор қабул қилиш аппаратининг моделини ва усулларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти газ-суюқлик оқимлари сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг электр-магнитли интеллектуал ахборот-ўлчаш тизимлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети газ-суюқлик оқимлари сарфини назорат қилишнинг усуллари ва воситаларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Қўйилган вазифаларни бажариш учун ноаниқ мантикий хулосалаш усуллари, нейрон тармоқли технологиялар, графлар назарияси, дастурий таъминотларни ишлаб чиқиш технологиялари, математик моделлаштириш, метрология, математик статистика ва компьютерли моделлаштириш усуллари ва воситаларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ахборот оқимлари ноаниқ бўлган шароитларда суюқ ва газсимон мухитлар сарфини назорат қилиш ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштиришнинг илмий-услубий асослари шакллантирилган;

ўлчаш канали ва умуман ахборот ўлчов тизимлари (АЎТ)нинг метрологик тавсифларини оширишнинг, берилган схемотехник ечимларда метрологик тавсифларнинг энг яхши кўрсаткичларини таъминлайдиган ва элемент базасининг номиналларини ўзгариши билан фаркландиган усули ишлаб чиқилган;

фойдаланувчи билан ўзаро ишлай оладиган, ахборот ресурсларини аниқлаш имконини берадиган рухсат бериш параметрларини аниқлаш усули ишлаб

чиқилган;

метрологик ресурснинг берилган қийматлари (метрологик ресурс қийматининг максимуми ва метрологик тўғрилиқни сақлаш эҳтимоллигининг максимуми) мезонлари бўйича АЎТ метрологик тавсифларини яхшилашнинг ва уларни лойиҳалаш босқичида тизимнинг элементлар базасини оптимал номиналлари кидиришдан иборат бўлган алгоритмлари тақлиф этилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ахборот ўлчов тизимларни лойиҳалаш ва улардан фойдаланишда ўлчаш тизимларининг аниқлик параметрларини уларга мос схемотехник ечимлар билан мустаҳкамлаб ошириш имконини берадиган метрологик ишончлиқни ошириш ва турғунлиқни таъминлаш усули ишлаб чиқилган;

ахборот ўлчов тизимларининг метрологик ишончлиқини ошириш алгоритмларини амалга оширувчи дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

ахборот ўлчов тизимлари метрологик тавсифларини оширишнинг алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлиқиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлиқини ечими амалий аҳамиятга эга бўлган, яқиний натижаларгача олиб борилган масалаларнинг аниқ математик қўйилиши билан асосланади. Ишончлиқ даражаси бошланғич ва олинган амалий тажрибавий маълумотлардан фойдаланиб, математик моделлаштириш ва тизимли таҳлилнинг илмий концепцияларини тўғри қўлланилиши, назарий тадқиқотларнинг тажриба тадқиқотларини зарурий ҳажми билан оқилона уйғунлашуви билан таъминланган. Суюқ ва газсимон муҳитларнинг электрмагнитли сарф ўлчагичлари метрологик тавсифларини мониторинглаш тизимини ишлаб чиқилганлиги, шунингдек илмий қондалар, хулосалар ва тавсияларнинг ишончлиқиги корхонадан олинган маълумотлар билан асосланади, ҳамда sanoat-tажриба синовларининг баённомалари ва ишлаб чиқаришга жорий этиш далолатномалари билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқотнинг илмий аҳамияти метрологик тавсифларнинг кўрсаткичларини оптимал қийматларини таъминловчи мос схемотехник ечимлар билан мустаҳкамланган элементли база номиналлари ўзгариши билан ифодаланадиган, алоҳида ўлчаш канали ва умуман АЎТнинг метрологик тавсифлари ишончлиқини оширишнинг ишлаб чиқилган математик ва рақамли моделлари ҳамда назарий хулосалар билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мос схематехник ечимлар ва функционал вазифаларни ўзгармаслиқини сақлаган ҳолда ишлаб чиқилаётган ўлчаш тизимини лойиҳалаш ва тадқиқ қилишда метрологик ишончлиқни ошириш ва турғунлиқни таъминлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ахборот оқимларининг ноаниқлиги шароитида суюқ ва газсимон муҳитлар сарфининг параметрларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

суюклик сатхининг оптик-толали ўзгарткичига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (IAP 04937-2014й.). Илмий тадқиқот натижалари суюклик сатҳини ўлчаш ва назорат қилишда оптик-толали ўлчаш канали орқали ахборотларни автоматлаштирилган қайта ишлаш тизимини яратиш имкониятини берган;

суюкликлар сарфини назорат қилиш учун алгоритм ва дастурий-аппаратли мажмуа «Бирлашган энергетика хизмати» корхонасида жорий этилган («Навоий кон металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 1 ноябрдаги 01-01-09/13930-сон маълумотномаси). Натижада назорат қилиш ва ҳисобга олиш асбобларининг метрологик тавсифларини ошириш услубияти, шунингдек суюкликнинг интеллектуал электр-магнитли сарф ўлчагичи сувни ҳисобга олиш ва назорат қилиш аниқлиги ва ишончилигини ошириш, сув сарфини пасайтириш имконини берган;

суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуаллаштирилган тизими «Бирлашган энергетика хизмати» корхонасида жорий этилган («Навоий кон металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 1 ноябрдаги 01-01-09/13930-сон маълумотномаси). Натижада ўлчаш ўзгартиришини юқори дифференциал сезгирлиги, статик тавсифларининг чизиклиги, тезкорлиги юқорилигини таъминловчи сифатли янги тизимни синтезлаш имконини берган.

назорат қилиш ва ҳисобга олиш асбобларининг метрологик тавсифларини ошириш услубияти, шунингдек суюклик ва бугнинг интеллектуал электр-магнитли сарф ўлчагичи «Навоий ИЭС» АЖда жорий этилган («Навоий кон металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 1 ноябрдаги 01-01-09/13930-сон маълумотномаси). Натижада буг-газ қурилмасининг турбо агрегатига тўғридан-тўғри бериладиган бугни ҳисобга олиш ва назорат қилиш аниқлиги ва ишончилигини ошириш ва ишлаб чиқарилаётган электр энергияси таннархини пасайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 13 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан 9 та халқаро ва 4 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 30 та илмий иш, жумладан, 1 та монография, ЎзР ОАК эътироф этган илмий журналларда 8 та мақола, шундан 4 таси хорижий журналларда, 1 та ихтиро учун патент ва ЭХМ учун дастурларни расмийлаштириш бўйича 4 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация титул varaги, мундарижа, кириш, тўртта бобдан иборат асосий қисм, хулоса, 132 номдаги фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан тузилган. 185 саҳифали матн 5 та жадвал 52 та расмдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «Суюқлик ва газсимон мухитларнинг мавжуд сарф ўлчагичларининг конструктив ва схематехник ечимларига оид адабиётлар, патентлар ва фонд материалларини таҳлил қилиш ва назарий умумлаштириш» номли биринчи бобида замонавий ишлаб чиқаришда суюқ ва газсимон мухитларни технологик ва тижорий ҳисобга олиш учун кўп сондаги сарф ўлчагичлар ишлатилиши ақс эттирилган. Моддалар сарфини назорат қилишнинг мажуд усулларини таҳлил қилиш асосида суюқ ва газсимон мухитлар сарф ўлчагичларининг таснифи тўртта: сарфнинг ўлчанаётган параметрлари; физик табиати; ишлаш тамойили ва ўлчаш асбобининг конструктив хусусиятлари билан аниқланадиган самараси каби таснифлаш белгиларига кўра берилган.

Газ-суюқлик оқимларининг технологик тавсифларини ўзига хосликлари таҳлил қилинган ва уларнинг қўлланилиш соҳаларига мисоллар келтирилган. Аналитик шарҳ амалга оширилган ҳамда суюқ ва газсимон мухитларнинг сарфини ўлчаш усуллари ва воситаларини таснифи таклиф этилган. Тадқиқотнинг асосий натижалари турли ўлчаш асбоблари ва тизимларининг имкониятларини ақс эттирувчи жадвалларда келтирилган. Тахометрик (тезлик), тебранувчи, ҳажмий, кориолисли, ультратовушли, иссиқлик, электр-магнитли ва бошқа сарф ўлчагичларнинг ишлаш тамойилларини қисқача тавсифлари келтирилган. Турли ўлчаш усулларига хос бўлган асосий боғлиқликлар таҳлил қилинган. Газ-суюқлик оқимлари сарфини ўлчаш учун контактсиз усуллари қўллашнинг истиқболлари ва уларнинг ўзаро аралаш қўллаш имкониятлари баҳоланган.

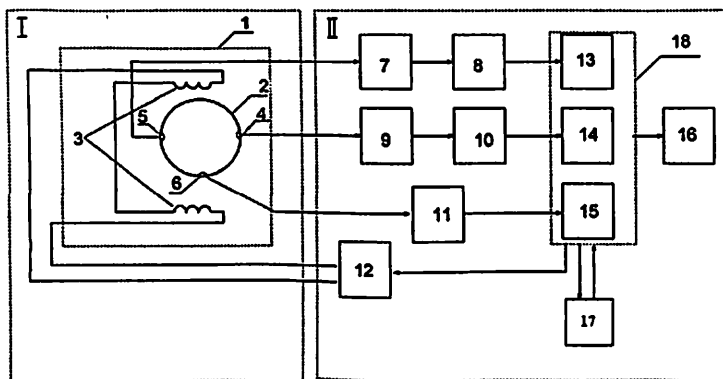
Ўлчашнинг электр-магнитли усулини таҳлил қилиш асосида сарф ўлчагични структуравий қуриш тамойили шакллантирилган ва унинг энг истиқболли структуралари келтирилган. Газ-суюқлик оқимларининг сарф ўлчагичларини структуравий таклиф этишни тажрибавий-назарий тадқиқ қилишнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Тадқиқотнинг «Суюқ ва газсимон мухитлар сарфи параметрларини назорат тизимларининг интеллектуаллаштиришни илмий-услубий асослари» номли иккинчи боби суюқ ва газсимон мухитлар сарф параметрларини назорат қилиш тизимларини интеллектуаллаштиришнинг илмий-услубий асосларини ишлаб чиқиш масалаларига бағишланган.

Технологик жараёнларни автоматлаштирилган бошқариш тизимлари даги ўлчаш каналларини структуравий-параметрик таҳлил қилиш ва синтезлаш масалаларини ечишда дастурий-аппаратли ўлчаш каналларида ўлчаш ахборотларига рақамли ишлов беришнинг услубий хатолигини ҳисоблаш усуллари таҳлили ўтказилган, ўлчаш каналлари ва уларнинг компонентларини математик моделларини танлаш амалга оширилган, ўлчаш каналлари (ЎК) нинг чиқиш сигналларини хоссалари ва тавсифлари тадқиқ қилинган ва интеллектуал ўлчаш тизимларидаги ўлчаш каналларининг услубий хатолигини шакллантириш жараёнларини ифодалаш усуллари таклиф этилган.

Суюқ ва газсимон муҳитларнинг интеллектуал сарф ўлчагичининг таклиф этилаётган функционал схемасига мувофиқ, алоҳида ўлчаш компонентлари ва умуман тизимнинг математик моделлари ишлаб чиқилган.

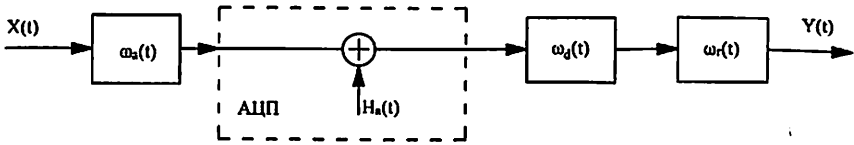
Аналог-рақамли ўзгартириш амалининг қабул қилинган математик моделини ҳисобга олган ҳолда ўлчаш каналининг функционал схемасига мос келувчи дастурий-аппаратли умумлашган структуравий схемаси 2-расмда келтирилган, бунда $X(t)$ – каналнинг кириш сигнали, $Y(t)$ – каналнинг чиқиш



1-расм. Интеллектуал электр-магнитли сарф ўлчагич функционал схемаси

сигнали, $\omega_a(t)$ – каналнинг аналогли ташкил этувчисини эквивалент вазн функцияси, $\omega(t)$ – каналнинг рақамли ташкил этувчиси (рақамли ишлов беришнинг дастлабки кучайтиргичи)ни эквивалент вазн функцияси, $\omega_d(t)$ – ишлов беришнинг ҳисоблаш блоки (оралиқ натижалар блоки) ни вазн функцияси, $E_q^*(n)$ – аналог-рақамли ўзгарткичда сатҳ бўйича квантлаш хатолиги.

Каналнинг киришига $X(t)$ тасодифий стационар жараён таъсир қилганда $Y(t)$ чиқиш сигналининг статистик тавсифлари (математик кутилма ва корреляцион функция) аниқланади.



2-расм. Ўлчаш каналнинг дастурий-аппаратли воситалари структураси

Аналогли элементларни $X(t)$ кириш сигналларига реакцияси тавсифи $Y_a(t)$:

$$Y_a(t) = \int_0^{\infty} \omega_a(t) X(t - \mu) d\mu, \quad (1)$$

бу ерда каналнинг аналогли ташкил этувчисини эквивалент вазн тавсифи ва аналог рақамли ўзгартгич (АРЎ) чиқишидаги ўзгартирилган сигнал куйидагича бўлади:

$$Y_c^*(n) = X_c(nT_s) + E_c^*(n); \quad (2)$$

бу ерда $X_c(t)$ – АРЎ киришидаги сигнал, $E_c^*(n)$ – сатҳ бўйича квантлаш хатолиги.

Тизимнинг рақамли қисми чиқишидаги сигнал куйидагича аниқланади:

$$Y_d^*(n) = \sum_{l=0}^{\infty} \omega_d^*(l) X_d^*(n - l). \quad (3)$$

ЎК чиқишидаги ўзгартирилган сигнал $Y_r(t)$ куйидагига тенг:

$$Y_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{E[t/T_s]} X_r^*(n) \omega_r(t - nT_s),$$

бу ерда $Y_r^*(n)$ – сигналга ишлов бериш қурилмаси киришидаги ўзгартирилган дискрет параметр; $\omega_r(t)$ – сигналга ишлов бериш қурилмасини вазн тавсифи; $E[\cdot]$ – соннинг бутун қисми. Ўзгарувчиларни куйидагича алмаштириб, ифода (3) ни (3.а) шаклга ўзгартириш мумкин:

$t - nT_s = kT_s + \xi$, где $k = E[t/T_s] - n$, а $\xi = t/T_s - E[t/T_s]$;

$$Y_r(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[(k + \xi)T_s] X_r^*(E[t/T_s] - k). \quad (3.a)$$

(3.а) ифодадаги ўзгарувчи t ни $t = (m + \xi) T_s$ каби қабул қиламиз, бунда $m = E[t/T_s]$, а $\xi = t/T_s - E[t/T_s]$.

$Y_r[(m + \xi)T_s]$ ни $Y_r[m, \xi]$ орқали белгилаб, куйидаги ҳисоблаш натижасини ҳосил қиламиз:

$$Y_r[m, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] X_r^*(m - k). \quad (3.б)$$

(3.б) ифодадаги ξ ўзгарувчи 0 дан 1 гача ($0 \leq \xi < 1$) гача бўлган ораликдаги ихтиёрий сон қийматини қабул қилиши мумкин.

ЎК нинг дастурий-аппаратли воситаларини ростланадиган параметри $Y(t)$ учун $Y(t) = Y_r(t)$, $X_r^*(n) = Y_d^*(n)$ ифодаларни ҳосил қиламиз. (2) ифодани (3.б) ифодага қўямиз ва куйидагини ҳосил қиламиз:

$$\{Y[m, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] \sum_{l=0}^{\infty} \omega_d^*(l) X_d^*(m - k - l).$$

$k+l=n$ қўринишидаги ўзгарувчиларни киритиб, сўнгги ифодани куйидагича ёзишимиз мумкин:

$$Y[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} X_d^*(m-n) \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[m, \xi] \omega_d^*(n-k).$$

Шундай қилиб,

$$Y[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] X_d^*(m-n), \quad (4)$$

бу ерда

$$\omega_w[n, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] \omega_d^*(n-k) \quad (5)$$

ЎК ва оралик ҳисоблашларнинг рақамли қисмини вазн тавсифи.

$X_d^*(n) = Y_c^*$ эканлигини инобатга олган ҳолда ифода (1) ни ифода (4) га қўямиз:

$$Y[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] (X_c[(m-n)T_s] + E_q^*(m-n)). \quad (6)$$

Ўз навбатида, $X_c[nT_s] = Y_d[nT_s]$. Ифода (2) ни ифода (4) га қўйиб, ЎК нинг дастурий-аппаратли воситаларини чиқиш параметри учун якуний ифодани ҳосил қиламиз:

$$Y[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times \left(E_q^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) X[(m-n)T_s - \mu] d\mu \right).$$

Тасодифий функция $X(t)$ нинг математик кутилмаси:

$$m_z(t) = M\{X[m, \xi]\} = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times \left(M\{E_q^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) g[(m-n)T_s - \mu] d\mu \right),$$

бу ерда $m = E\{t/T_s\}$, а $\xi = t/T_s - E\{t/T_s\}$.

Сатҳ бўйича квантлаш хатолигининг математик кутилмаси 0 га тенглигини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги ифодани ёзамиз:

$$m_x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) m_g[(m-n)T_s - \mu] d\mu, \quad (7)$$

бу ерда $m_g(t)$ – ўлчаш трактининг дастурий-аппаратли воситаларини кириш таъсири $g(t)$ ни математик кутилмаси бўлиб, ўлчаш ахборотларининг қабул қилинган математик моделларига мувофиқ, умумий ҳолда вақтга боғлиқдир.

Чиқиш параметри $X(t)$ нинг корреляцион функцияси учун қуйидагига тенг бўлган ифодани ҳосил қиламиз:

$$K_x(t, t + \tau) = M\{X^\circ(t)X^\circ(t + \tau)\} = M\{X^\circ[k, \xi]X^\circ[k + m, \Psi]\};$$

бу ерда $X^\circ(t)$ – корректланган тасодифий сигнал:

$$k = E\left[\frac{t}{T_s}\right], \xi = \frac{t}{T_s} - k, m = E\left[\frac{t + \tau}{T_s}\right] - k, \Psi = \frac{t + \tau}{T_s} - m - k.$$

$X(t) = X^\circ(t) - m_x(t)$ каби аниқланадиган корректланган тасодифий сигнал $X^\circ(t)$ учун ифодани (6) ва (7) га қўра ёзамиз:

$$Y[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) g[(m-n)T_s - \mu] d\mu) - \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * \int_0^{\infty} \omega_a(\vartheta) m_g[(m-n)T_s - \vartheta] d\vartheta =$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) \{G[(m-n)T_s - \mu] - \\
&\quad - m_g[(m-n)T_s - \mu]\} d\mu) = \\
&= \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) G[(m-n)T_s - \mu] d\mu);
\end{aligned}$$

бу ерда $g^{\circ}(t)$ – корректланган тасодифий кириш таъсири бўлиб, стационар сигнал ҳисобланади.

Олинган ифодани ўлчаш каналининг чиқиш сигнаolini корреляция функциясини формуласига қўйиб, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned}
K_x(t, t + \tau) &= M \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times (E_c^*(k-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) G[(k-n)T_s - \mu] d\mu) \times \right. \\
&\quad \times \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[l, \Psi] \times (E_c^*(k+m-l) + \int_0^{\infty} \omega_a(v) G[(k+m-l)T_s - v] dv) \left. \right\} = \\
&= \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[l, \Psi] \times \left(\int_0^{\infty} \omega_a(v) M \{ E_c^*(k-n) g[(k+m-l)T_s - v] \} dv + \right. \\
&\quad + M \{ E_c^*(k-n) E_c^*(k+m-l) \} + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) M \{ E_c^*(k+m-l) g[(k-n)T_s - \mu] \} d\mu + \\
&\quad \left. + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) \omega_a(v) M \{ g[(k-n)T_s - \mu] g[(k+m-l)T_s - v] \} dv d\mu \right).
\end{aligned}$$

Интегралловчи АРЎ нинг частота ёки вақт интервалини оралиқ ўзгартириш (иккилик интеграллаш усули бўйича) амалга оширилиши мумкин. Иккала ҳолатда ҳам оралиқ катталиқ сигналнинг t_3 , t_6 вақт моментларидаги интегрални қийматлари бўлади. Иккала кутблар учун интегралларнинг қийматлари қўшилади ва бунда натижа t_6 ни моментга олиб келиш мумкин. Шу сабабли ҳам индуктор токининг кутбланганлигига боғлиқ бўлмаган турли кутбланганликлар учун шовкиннинг интегралланган қийматлари бир-биридан айирилиши лозим.

Шундай қилиб, t_6 вақт momentiдаги $U_{\text{шквр}}(t)$ шов иннинг натижавий қиймати:

$$U_{\text{шчн}}(t) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{t_2}^{t_3} U_{\text{шквр}}(t) dt - \int_{t_5}^{t_6} U_{\text{шквр}}(t) dt \right]; \quad (8)$$

бу ерда $U_{\text{шквр}}(t)$ – электрмагнитли ўзгартгич (ЭМЎ) нинг киришига берилган шовқиннинг оний кучланиши; τ – интеграллаш вақт доимийси; k_0 – ЭМЎ киришидан интегратор киришигача бўлган ўзгартириш трактининг кучайтириш коэффициенти.

(8) ифодада вақтни ҳисоблаш даврнинг бошидан олиб борилади. Ихтиёрий n -даврга мос келувчи шаклда, агар ушбу ҳолда t_6 момент n -даврнинг охири бўлган nT га мос келиши ҳисобга олинса, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$U_{\text{шчн}}(nT) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{nT - \frac{T}{2}}^{nT - \frac{T}{2} + t_n} U_{\text{шквр}}(t) dt - \int_{nT - t_n}^{nT} U_{\text{шквр}}(t) dt \right], \quad (9)$$

бу ерда T – индуктор манбаа токининг даври; t_n – интеграллаш вақти, бунда $t_n =$

$(t_3 - t_2) = (t_6 - t_5)$. (9) ифода узлуксиз функциянинг nT моментдаги куйидаги шаклидаги танланмага мос келади:

$$U_{\text{ш.чн}}(t) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{t-\frac{T}{2}}^{t-\frac{T}{2}+t_n} U_{\text{ш.кнр}}(t) dt - \int_{t-t_n}^t U_{\text{ш.кнр}}(t) dt \right]. \quad (10)$$

(9) ва (10) ифодалар хар бир даврнинг тугаш моментларида ўзгартириш тракти орқали ўтувчи шовкин кучланишининг бир хил қийматларини беради. Операцион ҳисоблаш қоидаларига кўра (10) ифоданинг Лаплас тасвирини топиб, шунингдек аниқ интегрални бўлаклаш теоремасидан фойдаланиб, шовкин учун ўзгартириш трактининг частотавий тавсифини олиш мумкин:

$$G(j\omega) = k_0/\tau \frac{1}{j\omega} \left[e^{-j\omega\frac{T}{2}} - e^{-j\omega(\frac{T}{2}+t_n)} - 1 + e^{-j\omega t_n} \right] = \frac{k_0}{\tau \frac{1}{j\omega} (1-e^{-j\omega t_n}) (1-e^{-j\omega\frac{T}{2}})}. \quad (11)$$

(11) ифодани эътиборга олган ҳолда частотавий тавсифнинг модули $|G(j\omega)|$ куйидагича аниқланади:

$$|G(j\omega)| = \frac{2k_0}{\omega\tau} \sqrt{(1 - \cos\omega t_n) \left(1 - \cos\omega\frac{T}{2}\right)}. \quad (12)$$

Аниқ вақтлар t_n ва T га боғлиқ бўлмаган частотавий тавсифларни олиш учун частотанинг келтирилган қиймати Ω ни киритамиз:

$$\Omega = \omega t_n. \quad (13)$$

Бунда $\omega = \frac{T}{2} = m\Omega$, бу ерда $m = \frac{T}{2t_n}$ – интеграллаш вақти ва индуктор манбаси даврлари нисбатига боғлиқ бўлган коэффициент.

$\frac{2k_0 t_n}{\tau}$ га тенг бўлган статик узатиш коэффициентига келтирилган частотавий тавсиф модулининг ифодаси куйидаги кўринишни қабул қилади:

$$|G(\Omega)| = \sqrt{(1 - \cos\Omega)(1 - \cos m\Omega)}/\Omega. \quad (14)$$

Шовкиннинг нолинчи частотали ташкил этувчиси фойдали сигналнинг доимий ташкил этувчисидан фарқли равишда ўзгартириш тракти орқали ўтмайди. Бу ҳолат нолинчи частотада зичлиги чексиз ошиб кетувчи фликкер-шовкинни ўтишини анча камайтиради ва бу ω частота 10^6 С^{-1} гача пасайганида тажрибавий тасдиқланган. Шу билан биргаликда, фликкер-шовкин ўтиши нуқтаи-назаридан ноҳуш бўлган нарса, бу паст частоталар соҳасида ($\Omega = \frac{\pi}{2}$) частотавий тавсифнинг максимуми мавжудлиги ҳисобланади.

Дисперсия $D_{\text{чн}}$ (ўзгартириш тракти чиқишидаги шовкин кучланишини ҳақиқий қийматини ўртача квадрати) куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$D_{\text{чн}} = \int_0^{\infty} |G(j\omega)|^2 S(\omega) d\omega. \quad (15)$$

Дисперсиянинг (15) ифодасидан олинган квадрат илдиз ўзида шовкин кучланишининг ҳақиқий қийматини ўртача квадратини намоён этади. Ушбу катталикни фойдали сигналнинг статик узатиш коэффициентига бўлиб, ЭМЎ киришига келтирилган шовкин кучланишини ҳосил қиламиз ва у ўзида кириш сигналинини ўлчашнинг ўртача квадратик мутлақ хатолигини акс эттиради. Шовкин кучланишининг ташкил этувчилари (кириш кучайтиргичининг оқ шовқини ва фликкер-шовқини, бирламчи ўзгартгичнинг шовқини, кириш кучайтигичининг

ток ва кучланиш бўйича шовқинлари) турли вазнларга эга эканлиги ва турли воситалар орқали пасайтирилиши мумкинлигини эътиборга олиб, уларнинг ҳар бири учун тенгламаларни алоҳида топиш мақсадга мувофиқдир.

Зичлиги S_b бўлган оқ шовқин учун дисперсияни (11), (12) частотавий тавсифлар ва (13) ифодани эътиборга олган ҳолда ёзамиз:

$$D_6 = 4k_0^2 t_n S_6 / \tau^2 \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \Omega)(1 - \cos m \Omega)(d\Omega)}{\Omega^2}. \quad (16)$$

Зичлиги $S_\phi \omega_0 / \omega$ бўлган фликкер-шовқин учун дисперсия:

$$D_\phi = 4k_0^2 t_n^2 S_\phi \omega_0 / \tau^2 \int_0^\infty (1 - \cos \Omega)(1 - \cos m \Omega)(d\Omega) / \Omega^3. \quad (17)$$

(16) ифоданинг аналитик ҳисобланган ўнг қисми $\pi/2$ га тенг, яъни m га боғлиқ эмас. (17) ифоданинг ўнг қисмидаги интеграл ўзида m соннинг $F(m)$ функциясини намоён этади ва уни аналитик ечиб бўлмайди.

Оқ шовқинни пасайтириш учун интеграллаш вақти t_n ни ошириш лозим, бироқ, бу тезкорлик талабига тесқари, чунки t_n ни ортиши билан индукторни таъминот даври T ҳам ортади. Демак, оқ шовқиннинг кучланиш катталиги m га боғлиқ эмас, шу сабабли ўзгартириш трактини вақт t_n индуктор таъминот даврини ярмидан катта қисмини эгаллайдиган қилиб лойиҳалаш мақсадга мувофиқ. Бу жиҳатдан, оралиқ ўзгартиришли частотага аналог-рақамли ўзгартириш аҳамиятлидир, чунки иккилик интеграллаш усули билан ўзгартиришда даврнинг ярмини эталон сигнални интеграллаш интервали эгаллайди ва ўзгармас T да t_n нинг катталиги камаяди. Токли шовқинларни пасайтириш учун (айниқса катта R_s ларда) кириш токи кичик бўлган кучайтиргичларни танлашга тўғри келади.

Хулосада, олинган натижалар аналог-рақамли ўзгартириш усули ва параметрларини ҳамда операцияни кучайтиргич турини оптимал танлаш йўли билан аниқлик ва энергия истеъмоли ўртасидаги қарама-қаршиликларни бартараф этишга имкон беришини кўрсатиб ўтиш мумкин.

Диссертациянинг “Суюқ ва газсимон оқимлар сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектли тизимининг ишлашини ноаниқ-тўпламли моделларини ишлаб чиқиш” номли учинчи бобида суюқ ва газсимон оқимларнинг сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуал тизимлари фаолиятини ноаниқ-тўпламли моделларини ишлаб чиқиш масалалари кўриб чиқилган.

Интеллектуал датчикларнинг пайдо бўлиши, ахборот оқимларига рақамли ишлов бериш ва компьютерли ҳисоблаш ҳамда имитацион моделлаштириш тизимларидан фойдаланиш ўлчаш тизимлари аниқлигини баҳолашнинг мавжуд усуллари етарли эмаслигини келтириб чиқарди.

Бошқариш объекти ва бошқариш тизими ўртасидаги ўзаро интеллектуал муносабатларни ривожлантиришнинг функционал асоси пропорционал-интеграл-дифференциал (ПИД) ростлаш қонунлари билан ҳисобланади. ПИД-ростлагичлар юз йилдан бери мавжуд бўлса ҳам дастурий бошқариладиган микропроцессорлар пайдо бўлиши билан уларни рақамли тизимларда муал

ошириш имконияти пайдо бўлди.

Ахборот оқимлари ноаниқлиги шароитларида бошқариш ва қарор қабул қилишнинг интеллектуал тизимларининг структураларини акс эттириш учун автоматик бошқариш тизимларини классик тамойиллари учун янги жиҳатдан ва ўзгартиришнинг замонавий шаклларида фойдаланиш тавсия этилади. Ҳисоблаш тизимлари учун қабул қилинган бошқариш структураларини таҳлил қилиб, умумлашган интеллектуал тизимлар учун ўхшаш бўлган структураларни тасаввур қилиш мумкин. Уларнинг бошқариш объекти билан ўзаро таъсирланиши ва ундан зарурий ахборотларни олиши тадқиқот мақсадини шакллантиради ва натижаларини таҳлил қилиш имконини беради.

Кенгайтирилган функционал ноаниқлик u_a қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$u_a = k \cdot u_s,$$

бу ерда k – қамраб олиш мутаносиблигининг сонли коэффиценти.

Ўлчаш жараёнини дастурий бошқариш, ўлчаш ахборотларига статистик ишлов бериш ва паст частотали қўзғатиш майдонини қўллаш бирламчи ўзгарткичнинг сигнали сатҳини 5-10 марта камайтириш имконини беради ва бунда электрмагнитли сарф ўлчагичлари (ЭМСЎ) саноат частоталарини ташки электр ва электрмагнитли майдондан ва юқори даражадаги шовқиндан химояланишини таъминлайди. Бу ўз навбатида, ўлчаш диапазонининг катта соҳасида (10% дан 100% гача), ЭМСЎ нинг асосий хатолиги муҳит сарфининг жорий қийматини доимий улуши, яъни нисбий хатолиги каби меъёрлаштириш имконини беради. Фақатгина ўлчаш соҳасининг бошланиш диапазонида (0% дан 10% гача), бирламчи ўзгарткичнинг сигналини жуда кичик қийматларида, бундай синалларга ишлов беришнинг мураккаблиги, биринчи навбатда, ЭМСЎ нинг кириш - аналогли қисми элементлар асосининг имкониятларини чеклаганлиги сабабли, асосий хатолик сарфни ўлчашнинг юқори чегарасига келтирилган қийматни тавсифловчи доимий катталиқ, яъни келтирилган хатолик каби меъёрлаштирилади.

Асосий хатоликни сарфнинг жорий қийматини ўлчашнинг кенг диапазонида меъёрлаштириш ЭМСЎ нинг истеъмол тавсифларини кенгайтиради ва уни суюқликларни ҳажмий ҳисоблагичлари таркибида қўлланилишига имкон беради. Асбобнинг энг яхши метрологик хоссаларини таъминлаш мақсадида бирламчи ўзгарткичнинг тури ва ўлчамларини ўлчашнинг берилган диапазонига мос равишда танлаш лозим. Бирламчи ўзгарткичнинг тури ва ўлчамлари қуйидаги шартли ўтиш диаметрлари қаторига мувофиқ келади: 10, 15, 25, 50, 80, 100, 150, 200 ва 300 мм.

Сигнал сатҳининг пасайиши, ўз навбатида, ЭМСЎнинг энергия ва материал сизимини анча камайтишини таъминлайди. Микропроцессорли ЭМСЎ нинг саноат тармогидан олувчи истеъмол қуввати бирламчи ўзгарткичда магнит майдонини қўзғатишга сарфланаётган энергиянинг камайтиши ҳисобига 30–50 В·А дан ошмайди.

Магнит майдони энергиясини камайтиши бирламчи ўзгарткич магнит тизими

Ўлчамларини ва металл сиғимини анча камайтириш ва унинг конструкциясидан магнит ўтказгични чиқариб ташлаш имконини беради. Магнит ўтказгич ўрнига бирламчи ўзгарткичнинг магнитли материалдан тайёрланган корпусидан фойдаланилади. Шундай қилиб, бирламчи ўзгарткичнинг габарит ўлчамларини қисқартиришга эришилади, бу эса ўз навбатида, ўлчами 100 мм гача бўлган ўтказиш қувурларининг фланецлари орасига фланецсиз конструктивли бирламчи ўзгарткичларни ўрнатиш имконини беради. Бирламчи ўзгарткичлар конструкциясидан фланецни чиқариб ташланиши массани янада камайтиришга ва метални тежашга олиб келади.

ЭМСЎ лар учун оптимал ўлчамдаги индукторларни қўллаб, бирламчи ўзгарткичлар конструкциясини соддалаштириш, қатор ҳолларда, ЭМСЎ тавсифларини ҳисобий аниқлашни берилган хатолик билан амалга ошириш имконини беради. Шунинг ҳисобига қатор ўлчамдаги (50 мм дан юқори) асбобларни $\pm(1,0\div 1,5)\%$ асосий хатолик билан, ҳар бирини шахсий даражалашларсиз, ишлаб чиқиш мумкин ва бу асбобларни тайёрлашдаги меҳнат ва улардан фойдаланишдаги харажатларни камайтиради.

Бундай ЭМСЎ лар кенг диапазондаги ишчи босим ва ҳароратларда ишлатилиши мумкин, уларнинг параметрлари уйғунлашган вариантлари бирламчи ўзгарткич қувури ички сиртининг материалга боғлиқ бўлади.

ЭМСЎ таркибидаги микропроцессорли воситалар (МПВ) нинг такомиллашганлиги унинг функционал имкониятларини анча кенгайтиради, ЭМСЎ асосида суюқликлар ҳажмининг замонавий ҳисоблагичлари, массавий сарф ўлчагичлари ва модда миқдори ҳисоблагичлари, иссиқлик ўлчагичлари ва иссиқлик ҳисоблагичларини, яъни ишлаши маълум математик амалларни бажариш билан боғлиқ бўлган ўлчаш асбобларни қуриш имконини беради.

Суюқлик ва газсимон муҳитларнинг электрмагнитли сарф ўлчагичларини тадқиқ қилишда уларнинг интеллектуал ўлчаш тизимлари ўлчаш жараёнида олинадиган маълумотларга дастурий интеллектуал ишлов бериш билан таъминланди ҳамда бу дастур ишлов бериш ва қарорларни шакллантиришда билимлар ва маълумотлар базасига асосланади, шунинг учун ҳам уларнинг асосий хатолиги билимлар базасида ишлатилаётган билимлар, усуллар ва алгоритмларнинг сифати билан белгиланади. Тизимни баҳолашнинг аниқловчи кўрсаткичлари ишлашдаги хатоликнинг услубий ташкил этувчилари бўлиб, улардан асосийлари моделнинг номонандлиги билан изоҳланувчи оғиш – $\Delta_{на}$, бошлангич маълумотлар ҳажмига мос танланманинг чекли ҳажми билан изоҳланувчи хатолик – $\Delta_{ко}$, ўзгартиришларни бажаришда баъзи ўлчаш параметрларини ноаниқлиги туфайли юзага келадиган хатолик – $\Delta_{ин}$ лар ҳисобланади.

Номонандлик хатолиги:

$$\Delta_{на}(\beta(\Delta v)) = \lim_{M \rightarrow \infty} \{ [\xi_0(\Delta v_j) \int_1^M] - [\xi_0(\Delta_A v_j) \int_1^M] \} ;$$

бу ерда $\beta(\Delta v)$ – хатоликнинг рухсат берилган ораликдаги максимал қиймати сифатидаги дисперсия шаклида аниқланадиган тавсифи; $\Delta v_j, \Delta_A v_j$ – реал таклиф

этилган моделлар бўйича аниқланадиган хатоликлар; f_0 – ўзгартириш оператори; M – танланмалар сонларининг ҳажми.

Танланманинг чекли ҳажми туфайли юзага келадиган хатолик қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\Delta_{\text{кв}}(\beta \Delta v) = [\xi_0(\Delta v_j) |_1^M] - \lim_{N \rightarrow \infty} \{[\xi_0(\Delta_A v_j) |_1^M]\}.$$

Ўзгартиришнинг ноидеаллиги билан изоҳланувчи хатолик:

$$\Delta_{\text{ни}}(\beta \Delta v) = \lim_{M \rightarrow \infty} \{[\xi_0((\Delta v_j)) |_1^M] - [\xi_0(\Delta_A v_j) |_1^M]\};$$

бу ерда ξ ва ξ_0 – реал ва идеал ўзгартиришларга мос келувчи операторлар.

Тасодифий катталик v нормал тақсимланишга эга ва у тенг тақсимланиш орқали силлиқланади деб фараз қилинади. Ўлчаш натижасининг ишончли интервалини баҳолаймиз. Тенг тақсимланиш ҳолатида дисперсия қуйидагича тенг:

$$D[v] = \frac{(v_{\text{max}} - v_{\text{min}})^2}{12}.$$

Нормал тақсимланиш учун:

$$D[v] = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{j=1}^M (v - v_M)^2.$$

Эҳтимоллик $Q=0,99$ бўлганда тенг тақсимланиш учун ишончли интервал:

$$\Delta_q = \frac{Q(v_{\text{max}} - v_{\text{min}})}{2} = \frac{0,99}{2} + 0,495.$$

Нормал тақсимланиш учун ишончли интервал:

$$\Delta_H = t_{Q,M}(D[v_M])^{1/2};$$

бу ерда t – Стьюдент тақсимланишининг квантили бўлиб, Q ва M ларга боғлиқ.

Бирламчи ўзгарткич, кучайтиргич, паст ва юқори частотали филтрлардан иборат бўлган дастурий-аппаратли ўлчаш каналлари, шунингдек ҳар бир канал учун аналог-рақамли ўзгарткич киришидаги ахборот оқимлари ва ўлчаш натижалари монандлигини баҳолашда катта оғишларга йўл қўймаслик учун M сонини нисбатан кичик диапазонларда тутиб туриш тавсия этилади. Фараз қиламиз, Δ_n ни 0 га яқин деб ҳисоблаш учун M етарлича катта $M=M_0$ қилиб танланган бўлсин, унда моделларнинг номонандлик хатолиги қуйидагича бўлади:

$$\Delta_{\text{на}} = \Delta_H - \Delta_n = 0,495(v_{\text{max}} - v_{\text{min}}).$$

Бирок, бу хатолик систематик эканлигини ҳисобга олган ҳолда, унга бўлган тузатмани аниқлаш мумкин. Масалан, $Q=0,99$ ва $M=5$ бўлганда $t=4,60$; $M=10$ бўлганда $t=3,25$; $M=20$ бўлганда $t=2,86$.

Шундай қилиб, ўзгартириш схемасининг чиқиш сигнали сатҳи паст бўлганда сарф ўлчагичнинг аниқлигини чегараловчи омиллардан бири ўзида бирламчи ўзгарткичнинг хусусий шовқинларини ҳисобга олишни намоён этади ва бу иссиқлик шовқинига тааллуқли ҳамда бирламчи ўзгарткичда сигнал манбаи сифатида эквивалент ички қаршилик R_s (электродлар орасидаги суяқлик массасининг қаршилиги) нинг мавжудлиги билан изоҳланади. Ушбу шовқин эквивалент актив қаршилиги бўлган ихтиёрый занжирда юзага келади ва унинг

микдори фақатгина қаршилиқ микдорига боғлиқ ва шовкин манбаининг физик табиатига эса боғлиқ эмас. Иссиқлик шовқинининг спектраль зичлиги частоталарга боғлиқ эмас. Операцион кучайтиргичнинг шовқини униинг киришига келтирилган, мос равишда спектраль қувват зичликларига эга кучланиш ва ток шовқинлари $s_U(\omega)$ ва $s_I(\omega)$ билан тавсифланади. ЭМСЎ киришига келтирилган кучланиш бўйича шовқиннинг эквивалент йигиндисини спектраль зичлиги қуйидагича ифодаланади:

$$s(\omega) = s_U(\omega) + s_I(\omega)R_a^2 + 4kTR_3;$$

бу ерда k – Больцман доимийси; T – мутлак ҳарорат; ω – бурчак частота.

Спектраль зичликнинг частотага боғлиқлигига кўра бирламчи ўзгарткичнинг шовқини оқ шовқин ҳисобланиб, кириш кучайтиргичининг шовқини иккита: оқ шовқин ва фликкер-шовқин каби ташкил этувчиларга эга бўлиб, бунда S_u ва S_I ларнинг частота ω га боғлиқлиги қуйидагича:

$$S_U = S_{U0} \left(1 + \frac{\omega_0}{\omega}\right); \quad S_I = S_{I0} \left(1 + \frac{\omega_0}{\omega}\right);$$

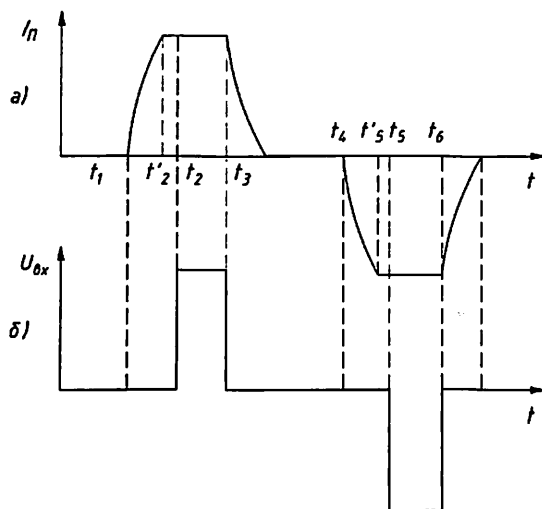
бу ерда S_{U0} ва S_{I0} – оқ шовқин катталигини тавсифлайди; ω_0 – фликкер-шовқин частотасидан паст частота.

Ўлчашнинг динамик дапазонига салбий таъсир этувчи барча юқорида келтирилган кўрсаткичларни ўлчаш маълумотларининг ноаниқлиги сифатида баҳолаш мумкин.

Диссертация ишининг “Суюқ ва газсимон мухитлар сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуаллаштирилган тизимлари метрологик таъминотини тадқиқ этиш” деб номланган тўртинчи бобида суюқ ва газсимон мухитларнинг сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуаллаштирилган тизимлари метрологик таъминотини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган. Сўнги йилларда электрмагнитли сарф ўлчачиқларнинг аниқлигини оширишда маълум муваффақиятларга эришилган.

Ишда ЭМСЎ ни мухит оқимисиз қиёслашнинг иккита: ЭМСЎ бирламчи ўзгарткичини геометрик ўлчамларини ўлчаш ҳамда магнит оқимининг суюқлик оқимини берилган параметрлари учун бирламчи ўзгарткич сигналени имитацияловчи электр сигналга ўзгартириш каби асосий амалларидан иборат бўлган услубияти баён қилинган. Ўзгартириш коэффициентини ҳисоблаш бирламчи ўзгарткичнинг геометрик ўлчамларини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилади. Агар тузатма коэффициентларини ўртача қийматларини қўллашдан воз кечилса, ва қиёслаш жараёнида ЭМСЎ каналидаги магнит майдонининг ҳақиқатда тақсимланишини ҳисобга олган ҳолда коэффициентлар ҳисобланса, мухит оқимисиз қиёслашнинг хатолигини камайитириш мумкин.

Ҳозирги вақтда қўлланилаётган икки кутбли импульс таъминотли индуктордаги бир даврга тегишли вақт диаграммаси 3-расмда келтирилган. Бирламчи ўзгартиргичнинг (БЎ) чиқиш кучланиши магнит индукциясига пропорционал ўзгарувчи фойдали сигнал ва индукторнинг манба токи ҳамда трансформатор шовқинига тескари пропорционал ташкил этувчилардан иборат.



3 - расм. Индукторнинг таъминот токи ва сигнал ўзгартириш тракти кириш сигналининг вақт диаграммаси

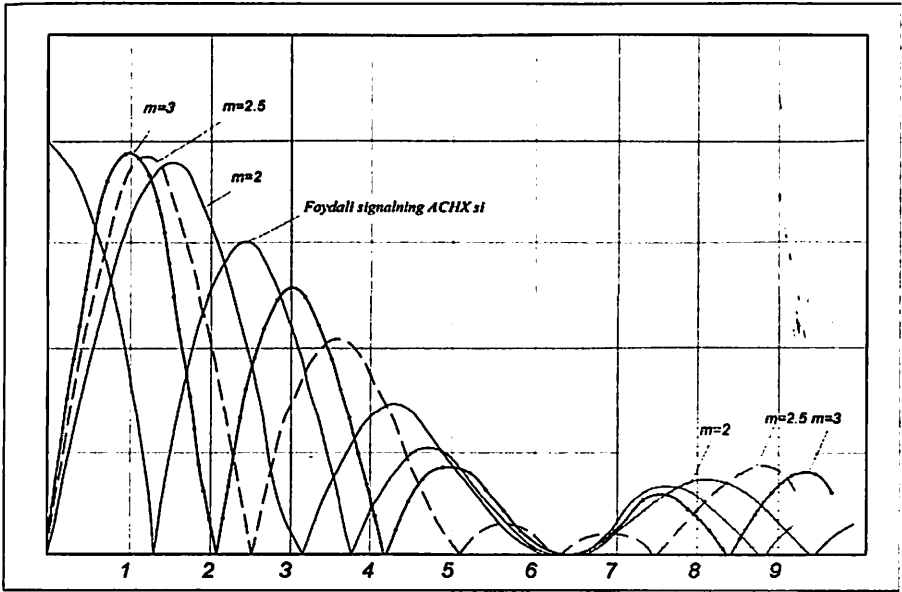
Расмда, t_1 - индукторнинг мусбат кутбли уланишига тўғри келади; t_2 - БЎнинг мусбат кутбдаги ўлчаш сигнали интервалининг бошланиши; t_3 - БЎнинг мусбат кутбдаги ўлчаш сигнали интервалининг охири ва импульс орқа фронтининг бошланиши; t_4 - индуктор манфий кутби уланиш токи; t_5 - БЎнинг манфий кутбдаги ўлчаш сигнали интервалининг бошланиши; t_6 - БЎ уланиш токи сигналининг охири ва импульс орқа fronti бошланиши. t_2 ва t_5 вақт моментлари индукторнинг манфий ва мусбат кутблари токи импульсларининг олдинги fronti тугашига тўғри келади.

Шунга кўра t_2 дан t_3 ва t_5 дан t_6 гача бўлган интервалларда сигнални интеграллаш амалга оширилади, шунингдек $t_3 - t_2$ ва $t_6 - t_5$ вақт оралиқлари тармоқ даврига қаррали қилиб танланади 4-расмда ўзгартириш трактининг уч давр қийматига тегишли вақт интервалидаги частотавий хусусиятининг шовқинлар модули графиги келтирилган. Графиклар маълумотларига асосланиб, қайси частотавий соҳаларда ўзгартириш тракти чиқишида шовқинлар кўпроқ вазнда ўтиши хақида фикр юритиш мумкин.

Тузатма коэффициентларининг қийматлари бирламчи ўзгарткич сигналининг магнит оқими ўзгарткичининг сигналига нисбати билан аниқланади. Тузатма коэффициентларини аниқлашда энг мушкул иш бирламчи ўзгарткичининг куйидаги ифода билан ёзиладиган сигналининг ҳисоблашдир:

$$U = \int_{\tau}^{-} \vec{\vartheta}(\vec{G}\vec{B})d\tau, \quad (18)$$

бу ерда $d\tau$ - ишчи ҳажм элементи; \vec{G} - ҳажмий вазн функцияси; $\vec{\vartheta}$ - оқимнинг тезлиги; \vec{B} - магнит майдони индукцияси.



4 - расм. Шовкинлар учун ўзгартириш трактининг частотавий хусусиятлари

(18) ифодани, янада соддароқ шаклга ўзгартириб, каналнинг ички сирти s бўйича интеграл кўринишида ёзиш мумкин:

$$U = \int_{\tau} B(z, \theta) W_n(z, \theta) d\theta dz,$$

бу ерда $B(z, \theta)$ – магнит майдони индукцияси векторини z сиртга нормали; $W_n(z, \theta)$ – каналнинг геометрияси ва оқимнинг профилига боғлиқ бўлган сиртий вазн функцияси.

Бу ерда цилиндрик координаталар тизими киритилган бўлиб, унинг ўқи каналнинг ўқи бўйлаб ўтказилган; p – оқимнинг кўндаланг кесим юзасини кўрилатган нуқтасидан канал ўқигача бўлган масофа, бурчак θ соат милага қарши йўналишда аниқланади ва электродлар координаталар ($z=0, p=r, \theta = \pm \frac{\pi}{2}$) га эга бўлади.

Вазн функцияси куйидаги кўринишга эга:

$$W_n(z, \theta) = \frac{1}{2\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ikz} dk \sum \frac{b_n(k) \cos n\theta}{k I'_n(kr)},$$

бу ерда $b_n(k) = \int_{-\tau}^{+\tau} d\tau e^{ikz} \left\{ \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial G}{\partial z} v_\rho - \frac{\partial G}{\partial \rho} v_z \right] \times \right.$

$$\times nI_n(kr)\sin n\theta + \left[v_\theta \frac{\partial G}{\partial z} - \frac{v_z \partial G}{\rho \partial \theta} \right] kI_n'(kr) \times \\ \times \cos n\theta + \left[-v_\theta \frac{\partial G}{\partial \rho} + \frac{v_\rho \partial G}{\rho \partial \theta} \right] ikI_n(kr)\cos n\theta \}.$$

$I_n(kr)$, $I_n'(kr)$ лар орқали мос равишда Бесселнинг такомиллашган функцияси ва унинг ҳосиласи белгиланган; r – каналнинг радиуси; kr – Бессел функциясининг аргументи; n – тебранишлар сони, $n=0, 1, 2, \dots$; v_ρ, v_θ, v_z – оқим тезлигининг ташкил этувчилари. Вазн функцияси $W_n(z, \theta)$ ни ҳисоблашда $v_z = v = 1$; $v_\rho = v_\theta = 0$ деб қабул қилиш мумкин бўлиб, улар даражалаш ва қийслаш шартларига мос келади. Шундай қилиб, ЭМСҮ ни бирламчи ўзгарткичини чиқиш сигнални ҳисоблаш формуласини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$U = \int_{-\infty}^{+\infty} dz \int_0^{+2\pi} d\theta \int_{-\infty}^{+\infty} dk \cos kz \sum_{n=2m+1}^{\infty} n \left[\frac{I_n(kr)}{I_n'(kr)} \right]^2 (-1)^n \sin n\theta B(z, \theta). \quad (19)$$

(19) интегралнинг ҳисоби, Бесселнинг махсус функцияси таркибидаги чексиз қаторлардаги бир нечта параметрлар бўйича олиб борилганлиги сабабли, қийинлашиб кетади. Бу ҳисоблаш вақтини ошиб кетишига олиб келади, вақтни қисқартириш учун интеграллашни интеграл остидагиларни қўшишга алмаштирилади.

Чегирмаларнинг асосий теоремасидан фойдаланиб, dk бўйича интегрални ҳисоблаймиз:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dk \cos kz \left[\frac{I_n(kr)}{I_n'(kr)} \right]^2 = \operatorname{Re} \int_{-\infty}^{+\infty} dk e^{ikz} \left[\frac{I_n(kr)}{I_n'(kr)} \right]^2 = \\ = 2\pi i \sum_{m=0}^{\infty} \operatorname{Res} \left[\frac{I_n(i\lambda_m^n)}{I_n'(i\lambda_m^n)} \right]^2 e^{-\left(\frac{\lambda_m^n}{r}\right)z}, \quad (20)$$

бу ерда $I_n(i\lambda_m^n)$ – Бессел функциясининг ноли.

Чегирмаларни λ_m^n орқали ҳисоблаб, қуйидагини оламиз:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cos kz dk \frac{I_n^2(kr)}{I_n'^2(kr)} = 2\pi i \sum_{m=0}^{\infty} e^{-z\lambda_m^n/r} \frac{[n^2 - (\lambda_m^n)^2]^2 (2r + z\lambda_m^n)}{(\lambda_m^n)^7}. \quad (21)$$

(20) ифода (21) интегрални ҳисоблашни осонлаштиради ва ҳисоблаш вақтини қисқартириш имконини беради.

λ_m^n қийматни ҳисоблаш учун дастлабки қийматлар Бессел функциясининг ноллари $I_n(x)$ ни жадвалидан олинди ва у қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\lambda_m^n = \gamma - \frac{m+3}{8\gamma} - \frac{Q_1}{384\gamma^3} - Q_2 153360\gamma^5;$$

бу ерда $\gamma = (n+0,54+2m_1)/(\pi/2)$; $m_1 = 4n^2$; $Q_1 = 7m_1 + 88m_1 - 9$; $Q_2 = 83m_1^3 + 2075m_1^2 - 3039m_1 + 3537$.

λ_m^n нинг олинган қийматлари жадвал қийматлари билан 10^{-5} гача аниқликда мос келди. dk бўйича интегрални чегирма бўйича йиғиндига алмаштириш машина вақтини анча қисқартиришга олиб келади, чунки

фойдаланиладиган қаторлар тез ишлайди. dQ ва dz бўйича интегралларни ҳисоблаш Гаусс усули билан амалга оширилади.

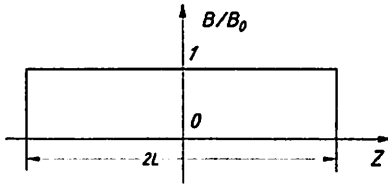
ЭМСҰ нинг бирламчи ўзгарткичи чиқиш сигналини ҳисоблаш учун таклиф этилган алгоритмини амалга ошириш дастури Embedded C тилида тузилган. Дастур алоҳида қисм дастурлардан ташкил топган бўлиб, улардан бири магнит майдони параметрларини ҳисоблашни тўла таъминлайди ва Embedded C да $BN(z, \theta)$ функция орқали берилади.

$BN(z, \theta)$ нинг қийматини ўзгартириб, сигналнинг магнит майдони конфигурациясига боғлиқлигини олиш, яъни магнит майдонининг ихтиёрий топографиясини шакллантириш мумкин. Кейинчалик $BN(z, \theta)$ учун индукторнинг маълум конструкциясига мос келувчи (z, θ) координаталар массиви учун ўлчанган тажриба қийматларидан фойдаланилади деб фараз қилинади. Бунда функция $BN(z, \theta)$ сплайн-силликлантириш усули билан тажриба нуқталарига ишлов бериш орқали олинади.

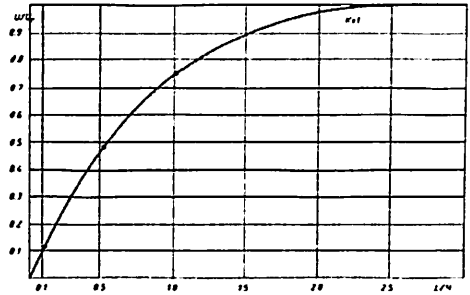
Дастурга ишлов бериш учун $BN(z, 0)$ сифатида z бўйича индукторнинг чекли узунлиги $2L$ ва бир жинсли майдон қабул қилинган (5-расм). Сарф ўлчагичнинг чиқиш сигналини индукторнинг узунлиги L/r га боғлиқлигини тадқиқ қилиш ўтказилган. Олинган маълумотлар 1-жадвал ва 6-расмда келтирилган.

Жуда юқори кириш қаршиликли ва синфаз сигналларни кучсизлантиришни яхши коэффицентига эга бўлган дастлабки кучайтиргич датчик сигналлари йўқолишини тўла компенсациялайди. Амалий кучайтиргичнинг иккинчи каскадида паст ва юқори частотали филтер мавжуд бўлиб, электродларнинг электркимёвий ва кутбланиш потенциаллари фарқи кучайишини компенсациялайди, шунингдек аналог-рақамли ўзгартириш интеграллаб амалга оширилади ва ўлчаш сигналларини дастлабки ҳисоблаш бажарилади. Танланган операцион кучайтиргич яхши кучайтириш коэффицентига эга бўлиб, ҳатто инфрапаст частота чегараларида ўлчашнинг фойдали сигналларини кучайтириш диапазонини ошириш имконини беради. Амалий кучайтиргичнинг дифференциал каскадидаги оқимнинг маълум тезлигига мос келувчи иккала ўлчаш электродларидан олинган икки кутбли сигнал паст ва юқори частотали филтерлар ва ток қайтаргич схемалари орқали кучайтирилиб, ўз навбатида, аналог-рақамли ўзгарткичга берилади.

Маълумотларни катта сонда ишлаб чиқишга бўлган талабни ортиб бориши элементли асос структураларини такомиллаштириш ва янги схема-техник ечимларни талаб этади. Ўлчаш ўзгарткичларида ифлослантирувчи суюқликларни ўлчаш жараёнига эътибор қаратамиз. Бундай диагностикага бўлган қатор талаблар мавжуд. Синхрон демодуляциялаш вақтида фойдали сигналнинг катта қисмини йўқолишидан келиб чиқиб, интеллектуал тизимларни ишлаб чиқишга бўлган анъанавий аналогли ёндашувни қўллашни имкони йўқ.



5-расм. Канал бўйлаб магнит майдонини тақсимлаш тавсифи: B_0 – $r=0$ бўлганда канал ўқидаги магнит майдон индукцияси.



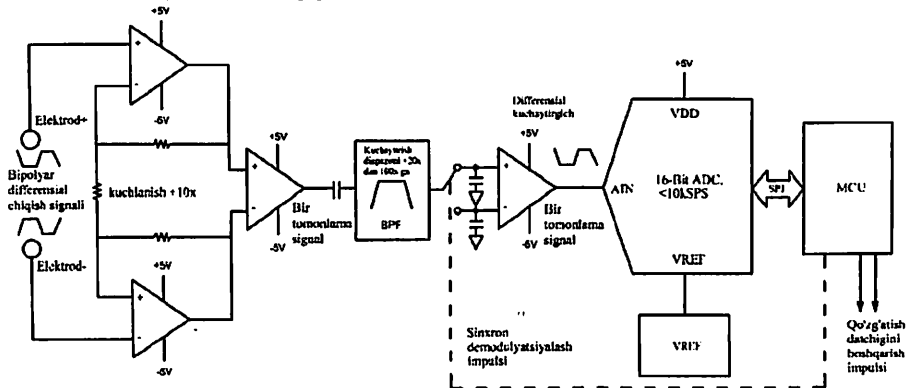
6-расм. Сигнал катталигини индукторни канал ўқи бўйлаб жойлашувига боғлиқлик тавсифи: $U_0 - L/r \rightarrow \infty$ бўлганда сигнал катталиги.

1-жадвал

L/r	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8	10	20
U/U ₀	0.119	0.492	0.753	0.884	0.997	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Мажмуани техник амалга оширишнинг таклиф этилган аналогли вариантда дастлабки кучайтириш токи ва АРУ асосий ҳисобланади. Бу ерда асосий талаб кучайтиргичгача бўлганларига қаратилади. Синфаз сигнални кучсизлантириш коэффиценти ўзида интеллектуал интерфейсга қўйиладиган талабларнинг асосий компонентларини намоён этади.

Аналогли ўлчаш интерфейсининг структур схемаси 7- расмда кўрсатилган.



7-расм. Аналогли ўлчаш интерфейсини структурвий схемаси

Электр ўтказувчи суюқликларга индукторли манба берилганда ионланиш

юз беради, ионлар электрод томонга ҳаракатланиб, электр потенциални кучайтиради. Бошқача сўз билан айтганда, кутбланиш кучланиши шаклланади. Кутбланиш кучланишининг қиймати электрод сифатида ишлатилаётган металнинг турига кўра мВ нинг юздан бир улушидан 2 В гача ораликда ўзгаради. Ўзгармас токнинг кутбланиш кучланиши ўзида датчик чиқишидан кучайтиргич киришига берилаётган ўзгармас кучланишни намоён этади. Фойдали сигнал коэффициентини 100 дБ гача бўлганда фойдали сигнал амплитудасини 0,3 В гача пасайтириш имкони туғилади. Шу билан биргаликда, чиқишда 3 мкВ дан юқори кучланиш пайдо бўлганда, кучланишни тескари силжиши каби баҳоланади. 5кГц гача бўлган частоталар оралиғида AD8220 кучайтиргич ўзгармас ток бўйича энг яхши синфаз сигнални кучсизлантириш коэффициентига эга бўлиб, коэффициент 100 дБ ни ташкил этади. Кучайтиргичларнинг ушбу синфи шовқини 90 дБ гача ҳамда частотаси 60 Гц гача бўлган сигналларнинг юқорида кўрсатилган параметрларида кучланишга салбий таъсир кўрсатади. Шовқин сатҳи 120 дБ бўлганда ушбу коэффициент 0,1 В гача, кучланиш эса 0,1 мкВ гача пасаяди. Максимал чиқиши 10 мА бўлган силжиш токи, шунингдек 1 кОм га яқин кириш импеданси операцион кучайтиргичга оқимнинг электрмагнитли датчиклари учун тавсифларнинг кенг диапазонига эга бўлган чиқиш сигналлари билан ишлаш имконини беради. Датчик шовқинининг сатҳи шовқиннинг ҳар бир даврида 1 Гц дан 10 Гц гача бўлган диапазонда берилади. Қиймати 10 га ўрнатилган кучайтириш коэффициентига AD8220 операцион кучайтиргичнинг электродлар орасидаги шовқин кучланиши 0,94 мкВ га яқин бўлиб, контроллер томонидан оқим тезлигига мутаносиб ўзгарувчи сигналнинг икки қийматлари фарқи сифатида ҳисобланган сигналнинг оний қийматига мос келади. Таъминот занжирига таъсир қилувчи даврий ҳалақитларни таъсирини АРЎ да интеграллаш вақтини ҳалақит даврига каррали қилиб танлаш ҳисобига чиқариб ташлаш мумкин.

ХУЛОСА

Диссертацияда суюқ ва газсимон муҳитлар сарфининг параметрларини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуал ахборот-ўлчаш тизимларини аппарат-дастурий амалга ошириш асосида қуйидаги илмий натижалар олинган:

1. Суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини назорат қилишнинг электрмагнитли қурилмалари бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш ҳамда магнитиндукцион газ ўлчаш қурилмаларини метрологик тавсифларини ошириш усуллари ва алгоритмлари назарий ва тажрибавий асосланган.

2. Суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуаллаштирилган тизими ўлчаш ўзгартиришини юқори дифференциал сезгирлиги, статик тавсифларини чизиклилиги, тезкорлигининг юқорилиги, динамик қаршилигини йўқлиги билан тавсифланган ва бу ўлчаш асбобини параметрлаштириш, назорат натижаларига ишлов бериш, ўлчашнинг ахборот маълумотларини олишни таъминловчи сифатли, янги тизимни синтезлаш

имконини беради.

3. Газ-суюқлик оқимлари сарфини назорат қилиш ва бошқариш учун ўлчаш ахборотларига ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий воситалари яратилган бўлиб, улар ахборот-ўлчаш тизимлари, моделлари ва усулларини замонавий ҳолатини таҳлил қилиш, асосий муаммоларини аниқлаш ҳамда уларнинг счимларини топиш йўларини танлаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

4. Электрмагнитли ўлчаш ўзгарткичларидан фойдаланиб, газ-суюқлик оқимлари сарфини назорат қилиш ва бошқаришнинг интеллектуал ўлчаш тизимларининг модели ишлаб чиқилган ва алгоритми асосланган бўлиб, уларни дастурий амалга оширилганлиги суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини назорат қилишнинг интеллектуаллаштирилган тизимларини яратиш усулларини ишлаб чиқиш имконини беради.

5. Ўлчаш канали ва умуман АЎТ ни метрологик тавсифларини яхлитлиги ва ишончилигини ошириш усули ишлаб чиқилган, янги схематехник ечимларни лойиҳалаш ва ишлаб чиқишнинг илмий-услубий асослари шакллантирилган бўлиб, улар суюқ ва газсимон муҳитлар сарфини назорат қилишнинг АЎТ ни таҳлил қилиш ва синтезлашнинг электрон-компонентли схематехник асосларини ишлаб чиқишда қўлланилиши мумкин.

6. Диссертация ишининг натижалари суюқ ва газсимон муҳитларнинг интеллектуал электрмагнит сарф ўлчагичи синов намунаси кўринишида “Навой ИЭС” АЖ да назорат ва ҳисобга олиш асбобларини синовдан ўтказиш бўйича саноат-синов тажрибасидан ўтказилди ва ўлчашларнинг тезкорлиги ва аниқлик тавсифларини ошириш, хизмат кўрсатиш ресурслари ва харажатларини камайтириш ҳисобига 7 % йиллик иқтисодий самара олинган.

7. Суюқ ва газсимон муҳитларнинг сарф ўлчагичининг синов намунаси назорат ва ҳисобга олишнинг интеллектуал ўлчаш асбоби сифатида Навой шаҳар сув таъминоти тизимида, НКМК УЭХ ДК да ишлаб чиқариш шароитларида саноат-тажриба синовидан ўтказилди ва кутилаётган йиллик иқтисодий самара 5 % ни ташкил этди. Иқтисодий самара ўлчаш ахборотларини яхлитлиги ва ишончилигини ошириш, автоматлаштириш тизимларига хизмат кўрсатиш ва уларни таъмирлаш харажатларини камайтириш ва ресурстежамкорлик ҳисобига олинган.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
И НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

ЖУМАЕВ ОДИЛ АБДУЖАЛИЛОВИЧ

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ РАСХОДА ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД В
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

05.03.01 – Приборы. Методы измерения и контроля (технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2019

Тема докторской (DSc) диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2019.3.DSc/T304.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете и Навоийском государственном горном институте.

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.ziyounet.uz).

Научный консультант: Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
академик АН РУз, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Исматуллаев Патхулла Рахматович
доктор технических наук, профессор

Бахрамов Хошим Шоимович
доктор технических наук

Сиддииков Илхом Хакимович
доктор технических наук, профессор


Ведущая организация: Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ

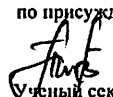
Защита диссертации состоится 13 12 2019 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.02. при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095,г. Ташкент ул. Университетская, 2. тел; (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e - mail. tstu_info@tdtu.uz).

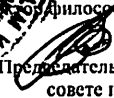
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № 223) (Адрес: 100095,г. Ташкент ул. Университетская, 2. тел; (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e mail. tstu_info@tdtu.uz).

Автореферат диссертации разослан 29 11 2019 года.
(реестр протокола рассылки № 24 от «13» 11 2019 года).




Ф.Т.Адильов
Заместитель председателя Научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор


У.Ф.Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней,
Философии (PhD) по техническим наукам


Х.З.Игамбердиев
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней,
академик АН РУз., д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в связи с возрастанием требований к современным технологиям и ресурсосбережению, а также к экологической чистоте производства, в условиях роста цен на энергоносители усиливается потребность во все более широком применении приборов с наилучшими метрологическими характеристиками, в том числе предназначенных для измерения расхода жидких и газообразных потоков. Данный класс измерительных приборов находит широкое применение при контроле технологических параметров. В этих условиях особую актуальность приобретает задача максимально точного контроля за расходом жидких и газообразных сред.

На сегодняшний день в мире невозможно представить ни одну отрасль промышленности, в которой не было бы необходимости в контроле расхода. Без расходомеров нельзя реализовать управление и оптимизацию технологических режимов в энергетике, металлургии, нефтяной, газовой, целлюлозно-бумажной, пищевой и других отраслях промышленности. Без этих приборов невозможно достижение максимальной эффективности производства. Измерение количества и расхода топливно-энергетических ресурсов, воды и других веществ, транспортируемых по магистральным трубопроводам, имеет существенное значение для народного хозяйства и жизнеспособности экономики в целом. Повышение эффективности эксплуатационных параметров и метрологических характеристик расходомеров жидкости и газообразных сред является злободневной научно-технической проблемой.

В Республике выполняется ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на внедрение интеллектуальных информационно-измерительных систем контроля и управления сложными технологическими комплексами. В Постановлении Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли»¹ определены важные задачи по «дальнейшему развитию и либерализации экономики, созданию дополнительных условий для привлечения инвестиций в модернизацию производства, по повышению конкурентоспособности крупных предприятий горно-металлургической отрасли». В связи с этим важно сполна решать задачи повышения метрологических характеристик измерительных приборов и интеллектуальных систем управления.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года и ПП-3682 «О мерах по

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли»

дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов» от 27 апреля 2018 года, а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и X. «Созданию наукоемких технологий, приборов, оборудования, эталонных средств, методов измерений и контроля».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². В рамках мировых научных исследований, направленных на решение востребованных задач разработки измерительных приборов контроля технологических параметров расхода жидких и газообразных сред осуществляются в научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в научных учреждениях Massachusetts Institute of Technology, Emerson Electric Manufacturing, University of Missouri (США), «Siemens» и University of Munster, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (Германия), Imperial College London (Великобритания), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Духова (Россия) и ТашГТУ (Узбекистан).

При создании приборов на основе новых принципов измерения для контроля параметров технологических систем с использованием современных достижений науки и техники лидирует ряд научно-исследовательских центров и фирм, таких как «Honeywell», «Greyline instruments», «Omega engineering» (США), «Siemens», «Endress+Hauser» и «Turck» (Германия), «Sensirion» (Швейцария), «Riels instruments» (Италия).

Фирмы «Dwyer instruments» и «Hedland» (США), «Sensirion» (Швейцария), «Riels instruments» (Италия), «Yamanashi Co.» (Япония) ведут работы по совершенствованию первичных преобразователей, а в фирмах «McCrometer» и «Cdimeters» (США) и «Endress+Hauser» (Германия) ведутся исследования по расширению диапазона измерений и созданию датчиков расхода с точностью измерений в пределах 0,025% - 0,5%. Также ими ведутся работы по обеспечению интеллектуализированными программными средствами приборов измерения параметров расхода жидких и газообразных сред.

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технической литературы последних лет, касающейся исследований в области разработки и практического использования оптимизационных задач, методов синтеза систем контроля и

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе www.atlasrockbit.com, <http://www.varelinl.com>, www.dissercat.com, <http://vbnl.ru>, <https://www.amozon.com>, <http://www.mirknigi.ru> и др. источников.

управления газожидкостными потоками, свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатов в этой области. Однако все еще востребована научно-техническая проблема, требующая создания новых приборов для контроля за параметрами технологических систем, которые были бы основаны на новых принципах измерения с использованием современных достижений науки и техники. В то же самое время в этих научных публикациях в недостаточной мере рассмотрены и раскрыты вопросы исследования и разработки приборов и методов автоматического контроля параметров расхода жидких и газообразных сред в условиях неопределенности информационных потоков.

В решение проблем исследования и измерения жидких и газообразных сред внесли вклад зарубежные ученые: E.R. Collins, O.Fiedler, U. Veis, P.J Huber, (США), Gert Böhme, J.F.Richardson, Bernard Coleman (Германия), Г.Н.Бобровников, Г.С.Векслер, М.Ф.Зарипов, А.В.Ковалев, Б.М.Новожилов, В.Г.Сарафанов, С.В. Ряховский, М.А.Ураксеев, В.М.Шарапов и др., а также отечественные ученые: А.А.Абдувалиев, Д.А.Абдуллаев, А.А.Азимов, Р.К.Азимов, Т.Ф.Бекмуратов, П.Р.Исматуллаев, М.М.Мухитдинов, Т.Д.Раджабов, В.А.Соловьев, Х.П.Ташпулатов, Ю.Г.Шипулин, Н.Р.Юсупбеков, О.Ш.Хакимов и др.

По мнению отечественных и зарубежных ученых, магнитноиндукционный метод измерения параметров расхода жидких и газообразных сред является одним из наиболее точных, отличающихся чувствительностью, быстродействием и универсальностью и не исчерпывающим всех потенциальных возможностей своей приборной реализации. Проблемы модернизации и разработки электромагнитных приборов измерения расхода исследовались в работах Г.В. Белоусова, В.И. Дмитриева, Э. Г. Звенигородского, В.А. Карпова С. М. Лебедева и др. Однако задача разработки электронных преобразователей для электромагнитных расходомеров (ПЭМ), работающих при весьма низких уровнях входных сигналов, требует анализа особенностей работы таких преобразователей и оценки факторов, ограничивающих их точность.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета и Навоийского государственного института ИОД-4-1 «Разработка, испытание и внедрение микропроцессорной переносной испытательной установки для расходомеров-счетчиков жидкости» (2012-2014 г.г.), И-2017-2-11 «Разработка и внедрение оптоэлектронной интеллектуальной системы лабораторных исследований по обогащению золотосодержащих руд», И-2017-2-12 «Разработка и внедрение автоматизированных систем оптимизации и регулирования энергетических режимов дуговых сталеплавильных печей» (2015-2017 г.г.).

Целью исследования является разработка и программная реализация интеллектуальной измерительной системы контроля и управления расходом жидких и газообразных сред.

Задачи исследования:

анализ и теоретическое обобщение литературных, патентных и фондовых источников предметной области конструктивных особенностей существующих методов и средств измерения, контроля за расходом жидкостей и газообразных сред;

разработки научно-методических основ формализации процессов измерительного преобразования расхода жидких и газообразных сред, выявления теоретических предпосылок и способов повышения метрологических характеристик систем контроля за расходом веществ;

формализация элементов и методов интеллектуализации технологии контроля и управления, разработка математической модели функционирования интеллектуальных систем контроля за расходом газожидкостных потоков с использованием электромагнитных измерительных преобразователей;

программная реализация разработанных алгоритмов и экспериментальная проверка работоспособности и метрологической надежности интеллектуальной системы контроля за расходом жидких и газообразных веществ;

разработка методов и моделей процесса поддержки принятия решений при контроле и управлении расходом жидких и газообразных сред.

Объект исследования. Объектом исследования является интеллектуальная электромагнитная информационно-измерительная система контроля и управления за расходом газожидкостных потоков.

Предмет исследования. Предмет исследования составляют методы и средства контроля за расходом газожидкостных потоков.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались методы нечеткого логического вывода, нейросетевых технологий, математического моделирования, технологии разработки программного обеспечения, методы и средства математического моделирования, метрологии, математической статистики и компьютерного моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

сформулированы научно-методологические основы интеллектуализации систем контроля и управления расходом жидких и газообразных сред в условиях неопределенности информационных потоков на основе выявления причинно-следственных отношений;

разработан метод повышения метрологических характеристик измерительного канала и интеллектуальной измерительной системы в целом, отличающийся изменением номиналов элементной базы, обеспечивающих при заданном схемотехническом решении наилучшие значения показателей их метрологических характеристик;

разработан метод определения параметров доступа к измерительной системе, позволяющий определить информационные ресурсы, с которыми может

взаимодействовать пользователь;

предложены алгоритмы улучшения метрологических характеристик интеллектуальной измерительной системы по критериям заданного значения метрологического ресурса (максимума значения метрологического ресурса и максимума вероятности сохранения метрологической исправности), заключающийся в поиске оптимальных номиналов элементной базы системы на этапе проектирования интеллектуальной измерительной системы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан метод обеспечения устойчивости и повышения метрологической надежности при проектировании и эксплуатации интеллектуальной измерительной системы, позволяющий повысить точностные параметры разрабатываемых систем измерения, подкрепляя их соответствующими схмотехническими решениями;

разработано программное обеспечение, реализующее алгоритмы повышения метрологической надежности интеллектуальной измерительной системы;

разработаны алгоритмы и программные средства повышения уровня метрологических характеристик интеллектуальной измерительной системы.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обоснована четкой математической постановкой задач, решение которых доведено до конечного результата, имеющего практическую реализацию. Степень достоверности обеспечивается корректным применением научных концепций системного анализа и математического моделирования с использованием исходных и полученных экспериментальных практических данных и рациональным сочетанием теоретических изысканий с необходимым объемом экспериментальных исследований. Разработка системы мониторинга метрологических характеристик электромагнитных расходомеров жидких и газообразных сред, а также надежность научных положений, выводов и рекомендаций основываются на данных, полученных на предприятиях и подтверждена протоколами опытно-промышленных испытаний и актами внедрения в производство.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования определяется теоретическими обобщениями и разработанными математическими и цифровыми моделями повышения достоверности метрологических характеристик отдельного измерительного канала и интеллектуальной измерительной системы в целом, выражающимися в изменении номиналов элементной базы, подкрепленной соответствующими схмотехническими решениями, обеспечивающими оптимальные значения показателей их метрологических характеристик. На базе предложенных методов, способов и алгоритмов реализованы концептуальные основы интеллектуализации технологического контроля за расходом жидких и газообразных технологических сред.

Практическая значимость результатов исследования заключается в обеспечении устойчивости и повышении метрологической надежности при проектировании и исследовании разрабатываемых систем измерения при соответствующих схемотехнических решениях и сохранении неизменности функционального назначения. Разработаны программно-аппаратные средства контроля за расходом жидких и газообразных сред.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по работе, посвященной интеллектуализации систем контроля и управления параметрами расхода жидких и газообразных сред в условиях неопределенности информационных потоков:

получен патент на изобретение Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на устройство “Волоконно-оптический преобразователь уровня жидкости” (IAP 04937, 07.07.2014 г.) Результаты научных исследований дали возможность создания автоматизированной системы обработки информации, полученной через волоконно-оптический измерительный канал;

разработанные алгоритмы и программно-технический комплекс для контроля за расходом жидкостей, внедрен на предприятии «Объединенной энергетической службы» (Справка ГП «Навоийский горно - металлургический комбинат» 01-01-09/13930 от 1 ноября 2019 г.). В результате применения методики повышения метрологических характеристик приборов измерения, а также интеллектуальный электромагнитного расходомера жидкости повысилась точность и надежность учета и контроля, уменьшился расход воды;

интеллектуализированная система контроля и управления жидкими и газообразными сред внедрена на предприятии «Объединенной энергетической службы» (Справка ГП «Навоийский горно - металлургический комбинат» 01-01-09/13930 от 1 ноября 2019 г.). В результате внедрения синтезирована новая система с повышенной дифференциальной чувствительностью, линейностью статических характеристик, обеспечивающая высокое быстродействие;

разработанные методики повышения метрологических характеристик приборов учета и контроля, а также интеллектуальный электромагнитный расходомер жидкостей и пара внедрены на АО Навоийская ТЭЦ, что позволило повысить точность и достоверность контроля и учета острого пара подаваемого на турбоагрегат паро-газовой установки и снизить себестоимость производимой электроэнергии в АО НТЭЦ.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования докладывались, обсуждались и получили одобрение на 9 международных и на 4 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследований опубликовано 30 научные работы, из них – 1 монография, 8 журнальных статей рекомендованных ВАКом, в том числе 4 статьи в зарубежных изданиях. Получен 1 патент на изобретение и 4 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа структурно состоит из титульного листа, оглавления, введения, четырёх глав основной части, заключения, списка использованной литературы из 132 наименований и приложения. Содержит 185 страниц текстового материала, 5 таблиц и 52 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрения в практику результатов исследования, результаты апробации работы, а также сведения по опубликованным работам, патентов на изобретения и отражена структура диссертации.

В первой главе «Анализ и теоретическое обобщение литературных, патентных и фондовых материалов конструктивных и схемотехнических решений, существующих расходомеров жидкости и газообразных сред» показано, что в современном производстве используется огромное количество расходомеров, которые применяются для коммерческого и технологического учета жидкостей, газообразных сред. На основе анализа существующих методов контроля расхода веществ даны классификации расходомеров жидкости и газообразных сред по четырем классификационным признакам, а именно: по измеряемым параметрам расходов, по физической природе и по принципу работы, по эффектам, определяемым конструктивными особенностями измерительного прибора.

Проанализирована специфика технологических характеристик, газожидкостных потоков и приведены примеры областей их применения. Выполнен аналитический обзор и предложены классификация методов и средств измерения расхода газообразных и жидких сред. Основные результаты исследования сведены в таблицы, отражающие возможности различных систем и приборов измерения. Приводится краткое описание принципов действия тахометрических, осциллирующих, расходомеров объемного принципа измерений, кориолисовых, ультразвуковых, тепловых, электромагнитных и других расходомеров. Проанализированы основные зависимости, присущие различным методам измерения. Оценивается перспективность применения бесконтактных методов для измерения расхода газожидкостных потоков и возможности их комбинирования между собой.

На основе анализа электромагнитных методов измерения сформулированы принципы структурного построения расходомеров и приведены наиболее

перспективные их структуры. Сформулированы цель и задачи экспериментально-теоретического исследования предлагаемых структурных схем расходомеров газожидкостных потоков.

Вторая глава под названием «Научно-методические основы интеллектуализации систем контроля параметров расхода жидких и газообразных сред», посвящена вопросам разработки научно-методических основ интеллектуализации систем контроля за параметрами расхода жидких и газообразных сред.

В соответствии с предлагаемой функциональной схемой (рис. 1) интеллектуального расходомера жидких и газообразных сред разработаны математические модели отдельных измерительных компонентов и системы в целом.

Обобщенная структурная схема программно-аппаратных средств измерительного канала, соответствующая функциональной схеме по математической модели операций аналогово-цифрового преобразования, представлена на рис. 2, где $X(t)$ – входное воздействие, $Y(t)$ – истинное значение выходного сигнала, $\omega_a(t)$ – весовая характеристика аналоговых составляющих канала ($\omega(t)$ – эквивалентная весовая характеристика цифровых элементов канала (предварительные усилители цифровой обработки), $\omega_r(t)$ – весовая характеристика блока вычислений и обработки (блока промежуточных результатов), $E_q^*(n)$ – ошибка квантования по уровню в аналогово-цифровом преобразователе.

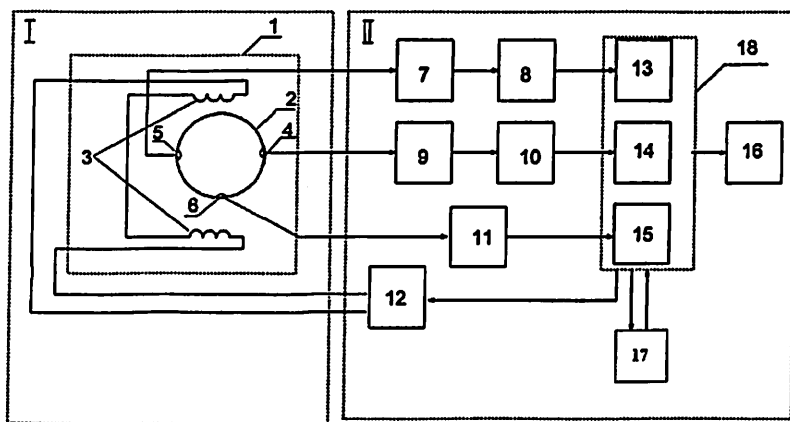


Рис.1.Функциональная схема интеллектуального электромагнитного расходомера.

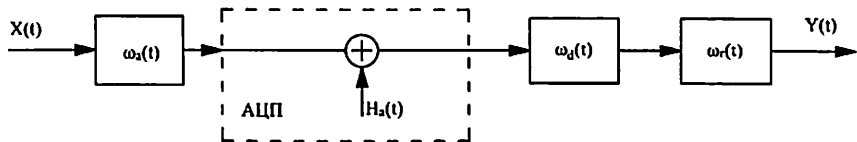


Рис. 2. Структура программно-аппаратных средств измерительного канала

Определяются статистические характеристики выходного сигнала $Y(t)$ канала, когда на его вход воздействует случайный стационарный параметр $X(t)$.

Характеристики реакции аналоговых элементов $Y_a(t)$ на входной сигнал $X(t)$:

$$Y_a(t) = \int_0^{\infty} \omega_a(\tau) X(t - \mu) d\mu, \quad (1)$$

где, эквивалентная весовая характеристика аналоговых составляющих канала и преобразования сигнала на выходе АЦП будет:

$$Y_c^*(n) = X_c(nT_s) + E_c^*(n), \quad (2)$$

здесь: $X_c(t)$ – сигнал преобразования на входе АЦП; $E_c^*(n)$ – ошибка квантования по уровню.

Сигнал на выходе цифровой части системы определяется как

$$Y_d^*(n) = \sum_{l=0}^{\infty} \omega_d^*(l) X_c^*(n - l). \quad (3)$$

Преобразованный сигнал $Y_r(t)$ на выходе ИК равен

$$Y_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{E[t/T_s]} X_r^*(n) \omega_r(t - nT_s).$$

где: $X_r^*(n)$ – преобразованный дискретный параметр на входе устройства обработки сигнала; $\omega_r(t)$ – весовая характеристика устройства обработки сигнала; $E[\cdot]$ – целая часть числа. Применяв замену переменных вида

$$t - nT_s = kT_s + T_s, \text{ где } k = E[t/T_s] - n, \text{ а } \xi = t/T_s - E[t/T_s],$$

выражение (3) можно преобразовать к виду:

$$Y_r(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[(k + \xi)T_s] X_r^* \left(E \left[\frac{t}{T_s} \right] - k \right). \quad (3.a)$$

Представим переменную t в выражении (3.a) как $t = (m + \xi) T_s$,

$$\text{где } m = E[t/T_s], \text{ а } \xi = t/T_s - E[t/T_s].$$

Обозначим

$$Y_r[(m + \xi)T_s] \text{ через } Y_r[m, \xi],$$

получим, что результатом вычислений будет:

$$Y_r[m, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] X_r^*(m - k). \quad (3.6)$$

Переменная ξ в выражении (3.6) может иметь любые численные значения в диапазоне от 0 до 1 ($0 \leq \xi < 1$).

Получим выражение для регулируемого параметра $X(t)$ программно-аппаратных средств ИК $X(t) Y_r(t)$, а $X_r^*(n) = Y_d^*(n)$. Подставим выражение (2) в (3.6) и получим

$$X[m, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] \sum_{l=0}^{\infty} \omega_d^*(l) X_c^*(m - k - l).$$

Введя замену переменных вида $k+l=n$, можно последнее выражение

записать как

$$X[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} X_d^*(m-n) \sum_{k=0}^{\infty} \omega_w[m, \xi] \omega_d^*(n-k).$$

Таким образом,

$$X[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] X_d^*(m-n), \quad (4)$$

где

$$\omega_w[n, \xi] = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_r[k, \xi] \omega_d^*(n-k). \quad (5)$$

-есть весовая характеристика цифровой части ИК и промежуточных операционных вычислений.

Имея виду, что $X_d^*(n) = Y_c^*$, подставим выражение (1) в (4) и получим:

$$X[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] (X_c[(m-n)T_s] + E_q^*(m-n)). \quad (6)$$

В свою очередь, $X_c[nT_s] = Y_a[nT_s]$. Подставив (2) в (4), получим окончательное выражение выходного параметра программно-аппаратных средств ИК

$$X[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times \left(E_q^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) G[(m-n)T_s - \mu] d\mu \right).$$

Математическое ожидание случайной функции $X(t)$ равно:

$$m_x(t) = M\{X[m, \xi]\} = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times \left(M\{E_q^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) g[(m-n)T_s - \mu] d\mu \right).$$

где $m = E[t/T_s]$, а $\xi = t/T_s - E[t/T_s]$.

Учитывая, что математическое ожидание ошибки квантования по уровню равно 0, получим:

$$m_x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) m_g[(m-n)T_s - \mu] d\mu, \quad (7)$$

Здесь: $m_g(t)$ - математическое ожидание входного воздействия $g(t)$ программно-аппаратных средств измерительного тракта, которое, согласно принятой математической модели измерительной информации, в общем случае зависит от времени.

Получим выражение для корреляционной функции выходного параметра $X(t)$, которая по определению равна:

$$K_x(t, t + \tau) = M\{X^\circ(t)X^\circ(t + \tau)\} = M\{X^\circ[k, \xi]X^\circ[k + m, \psi]\},$$

где $X^\circ(t)$ - скорректированный случайный сигнал,

$$k = E\left[\frac{t}{T_s}\right], \xi = \frac{t}{T_s} - k, m = E\left[\frac{t+\tau}{T_s}\right] - k, \psi = \frac{t+\tau}{T_s} - m - k.$$

Выражение для скорректированного случайного сигнала $X^\circ(t)$, определяемого как $X(t) = X(t) - m_x(t)$, с учетом (6) и (7) будет иметь вид:

$$X[m, \xi] = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) g[(m-n)T_s - \mu] d\mu) -$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * \int_0^{\infty} \omega_a(\vartheta) m_g[(m-n)T_s - \vartheta] d\vartheta = \\
& = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] * (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) \{G[(m-n)T_s - \mu] - \\
& \quad - m_g[(m-n)T_s - \mu]\} d\mu) = \\
& = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times (E_c^*(m-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) G[(m-n)T_s - \mu] d\mu),
\end{aligned}$$

где $g^{\circ}(t)$ - входное скорректированное случайное воздействие, которое является стационарным.

Подставив полученное выражение в формулу для корреляционной функции выходного сигнала измерительного канала, получим:

$$\begin{aligned}
K_z(t, t + \tau) &= M \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \times (E_c^*(k-n) + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) G[(k-n)T_s - \mu] d\mu) \times \right. \\
& \times \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[l, \Psi] \times (E_c^*(k+m-l) + \int_0^{\infty} \omega_a(v) G[(k+m-l)T_s - v] dv) \left. \right\} = \\
& = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_w[n, \xi] \sum_{l=0}^{\infty} \omega_w[l, \Psi] \times \left(\int_0^{\infty} \omega_a(v) M \{ E_c^*(k-n) g^{\circ}[(k+m-l)T_s - v] \} dv + \right. \\
& + M \{ E_c^*(k-n) E_c^*(k+m-l) \} + \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) M \{ E_c^*(k+m-l) g^{\circ}[(k-n)T_s - \mu] \} d\mu + \\
& \left. + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \omega_a(\mu) \omega_a(v) M \{ g^{\circ}[(k-n)T_s - \mu] g^{\circ}[(k+m-l)T_s - v] \} dv d\mu \right).
\end{aligned}$$

Интегрирующее АЦП может осуществляться с промежуточным преобразованием в частоту или в интервале времени (по методу двойного интегрирования). В обоих случаях промежуточной величиной будет значение интеграла сигнала в моменты t_3 , t_6 . Значения интегралов для обеих полярностей суммируются, причем результат суммирования можно отнести к моменту t_6 . Поэтому проинтегрированные значения шума для разных полярностей, не зависящие от полярности тока индуктора, должны вычитаться один из другого.

Таким образом, для результирующего значения шума $U_{\text{шнх}}(t)$ в момент t_6 имеем

$$U_{\text{шнх}}(t) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{t_2}^{t_3} U_{\text{шнх}}(t) dt - \int_{t_5}^{t_6} U_{\text{шнх}}(t) dt \right], \quad (8)$$

где $U_{\text{шнх}}(t)$ — мгновенное напряжение шумов, приведенное к входу ПЭМ; τ — постоянная времени интегрирования; k_0 — коэффициент усиления тракта преобразования от входа ПЭМ до входа интегратора.

В выражении (8) отсчет времени ведется от начала периода. В форме, соответствующей любому n -му периоду, его можно записать, если учесть, что в этом случае момент t_6 будет соответствовать моменту nT окончания n -го периода:

$$U_{\text{швых}}(nT) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{nT - \frac{T}{2}}^{nT - T/2} U_{\text{швх}}(t) dt - \int_{nT - t_n}^{nT} U_{\text{швх}}(t) dt \right], \quad (9)$$

где T — период тока питания индуктора, t_n — время интегрирования, причем, $t_n = (t_3 - t_2) = (t_6 - t_5)$.

Выражение (9) соответствует выборкам в моменты nT непрерывной функции вида

$$U_{\text{швых}}(t) = \frac{k_0}{\tau} \left[\int_{t - \frac{T}{2}}^{t - T/2} U_{\text{швх}}(t) dt - \int_{t - t_n}^t U_{\text{швх}}(t) dt \right]. \quad (10)$$

Выражения (9) и (10) дают одинаковые значения напряжения шумов, прошедших через тракт преобразования, в моменты окончания каждого периода. Найдя изображение по Лапласу функции (10) в соответствии с правилами операционного исчисления, а также используя теорему о запаздывании в области оригиналов и теорему о разбиении определенного интеграла, можно получить частотную характеристику тракта преобразования для шума

$$G(j\omega) = k_0/\tau \frac{1}{j\omega} \left[e^{-j\omega \frac{T}{2}} - e^{-j\omega(\frac{T}{2} + t_n)} - 1 + e^{-j\omega t_n} \right] = \frac{k_0}{\tau \frac{1}{j\omega} (1 - e^{-j\omega t_n}) (1 - e^{-j\omega \frac{T}{2}})} \quad (11)$$

Модуль частотной характеристики $|G(j\omega)|$ с учетом (11) определяется как

$$|G(j\omega)| = \frac{2k_0}{\omega\tau} \sqrt{(1 - \cos\omega t_n) (1 - \cos\omega \frac{T}{2})}. \quad (12)$$

Для получения частотной характеристики в виде, не зависящем от конкретных времен t_n и T , введем приведенное значение частоты Ω

$$\Omega = \omega t_n. \quad (13)$$

При этом $\omega = \frac{T}{2} = m\Omega$, где $m = \frac{T}{2t_n}$ — коэффициент, зависящий от

соотношения времени интегрирования и периода питания индуктора.

Выражение для модуля частотной характеристики, отнесенное к статическому коэффициенту передачи, равному $\frac{2k_0 t_n}{\tau}$, примет вид

$$|G(\Omega)| = \sqrt{(1 - \cos\Omega)(1 - \cos m\Omega)}/\Omega. \quad (14)$$

Составляющая шума с нулевой частотой не проходит через тракт преобразования в отличие, от постоянной составляющей полезного сигнала. Это должно существенно снизить прохождение фликкер-шума, плотность которого на нулевой частоте неограниченно возрастает, что подтверждено экспериментально при снижении частоты ω вплоть до 10^6 С⁻¹. В то же время неблагоприятным с точки зрения прохождения фликкер-шума является наличие максимума частотной характеристики в области низких частот ($\Omega = \frac{\pi}{2}$).

Дисперсия $D_{\text{вых}}$ (средний квадрат действующего значения шумового напряжения на выходе тракта преобразования) определяется выражением

$$D_{\text{вых}} = \int_0^{\infty} |G(j\omega)|^2 S(\omega) d\omega. \quad (15)$$

Квадратный корень из дисперсии (15) представляет собой среднеквадратичное действующее значение шумового напряжения. Поделив

данную величину на статический коэффициент передачи полезного сигнала, получим шумовое напряжение, приведенное ко входу и представляющее собой среднеквадратичную абсолютную погрешность измерения входного сигнала ПЭМ. Ввиду того, что составляющие шумового напряжения (белый шум и фликкер-шум входного усилителя, шум первичного преобразователя, который также относится к белым шумам, шумы по напряжению и токовые шумы входного усилителя) имеют разный вес и могут быть снижены различными средствами, целесообразно найти уравнение для каждого из них в отдельности.

Для белого шума плотностью S_b с учетом частотной характеристики (11), (12), соотношение (13) примет вид

$$D_b = 4k_0^2 t_n S_b / \tau^2 \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \Omega)(1 - \cos m\Omega)(d\Omega)}{\Omega^2}; \quad (16)$$

для фликкер-шума плотностью $S_\phi \omega_0 / \omega$ -

$$D_\phi = 4k_0^2 t_n^2 S_\phi \omega_0 / \tau^2 \int_0^\infty (1 - \cos \Omega)(1 - \cos m\Omega)(d\Omega) / \Omega^3. \quad (17)$$

Интеграл в правой части выражения (16), вычисленный аналитически, равен $\pi/2$, т. е. не зависит от m . Интеграл в правой части выражения (17) представляет собой функцию $F(m)$ числа m и аналитически не разрешим

Для снижения белого шума необходимо увеличивать время интегрирования t_n , что, однако, вступает в противоречие с требованием к быстродействию, поскольку с увеличением t_n увеличивается период питания индуктора T . Так как, величина напряжения белого шума не зависит от m , целесообразно проектировать тракт преобразования таким образом, чтобы время t_n занимало возможно большую часть половины периода питания индуктора. В этом отношении предпочтительнее аналого-цифровое преобразование с промежуточным преобразованием в частоту, поскольку при преобразовании методом двойного интегрирования часть половины периода занимает интервал интегрирования эталонного сигнала, тем самым, при постоянном T уменьшается возможная величина t_n . Для снижения токовых шумов (что особенно важно при больших R_s) следует выбирать усилители с возможно меньшим входным током.

В заключение можно отметить, что полученные результаты позволяют разрешить противоречие между точностью и энергопотреблением путем оптимального выбора метода и параметров аналогово-цифрового преобразования и типа операционного усилителя.

В третьей главе диссертации «Разработка нечетко-множественных моделей функционирования интеллектуальных систем контроля и управления расходом жидких и газообразных потоков» рассмотрены вопросы разработки нечетко-множественных моделей функционирования интеллектуальных систем контроля и управления расходом жидких и газообразных потоков.

С появлением интеллектуальных датчиков, с применением компьютерных вычислений и систем имитационного моделирования и цифровой обработки

информационных потоков проявилась недостаточность существующих методов оценки точности измерительных систем.

Основные функциональные предпосылки для развития интеллектуальных взаимоотношений между управляемым объектом и системой управления были заложены пропорционально – интегрально – дифференцирующим (ПИД) законом регулирования. Хотя ПИД регуляторы уже существуют более ста лет, но реализация этого закона в цифровых системах с программным управлением стало возможным сравнительно недавно - с появлением микропроцессоров.

Для представления структуры интеллектуальной системы принятия решения и управления в условиях неопределенности информационных потоков рекомендуется использование классических принципов систем автоматического управления в новом аспекте и современных форматах преобразования. Анализируя принятые для вычислительных систем структуры управления, можно представить структуру, аналогичную и для обобщенной интеллектуальной системы, которая взаимодействует с объектом управления и в процессе получения от нее необходимой информации формирует цель действия и анализирует результаты исследования.

Расширенная функциональная неопределенность u_a вычисляется по формуле:

$$u_a = k \cdot u_s,$$

где k – числовой коэффициент пропорциональности охвата.

Программируемое управление процессом измерения, статистическая обработка измерительной информации и применение низкочастотного поля возбуждения позволяют в 5-10 раз снизить уровень сигнала первичного преобразователя, обеспечивая при этом высокую помехозащищенность электромагнитных расходомеров (ЭМР) от внешних электрических и электромагнитных полей промышленной частоты. Это, в свою очередь, позволяет нормировать основную погрешность ЭМР на значительном участке диапазона измерения (в поддиапазоне от 10% до 100%) как постоянную долю текущего значения расхода, т. е. как относительную погрешность. И только на начальном участке диапазона измерения (в поддиапазоне от 0% до 10%), в связи с крайне низким уровнем сигнала первичного преобразователя и сложностями обработки такого сигнала, связанными, в первую очередь, с ограниченными возможностями элементной базы входной аналоговой части ЭМР, основная погрешность нормируется как постоянная величина, характеризующая значение, приведенное к верхнему пределу измерения расхода, т. е. как приведенная погрешность.

Нормирование основной погрешности в широкой области диапазона измерения от текущего значения расхода расширяет потребительские характеристики ЭМР, позволяя использовать его в составе объемного счетчика жидкости. Выбор типоразмера первичного преобразователя следует производить в соответствии с заданным диапазоном измерения с целью обеспечения наилучших метрологических свойств прибора. Типоразмеры первичных

преобразователей соответствуют следующему ряду диаметров условного прохода: 10, 15, 25, 50, 80, 100, 150, 200 и 300 мм.

Снижение уровня сигнала, в свою очередь, обеспечивает существенное снижение энерго- и материалоемкости ЭМР. Мощность, потребляемая микропроцессорным ЭМР от промышленной сети, не превышает 30—50 ВА за счет уменьшения энергии, расходуемой на возбуждение магнитного поля в первичном преобразователе.

Уменьшение энергии магнитного поля позволяет в значительной степени сократить размеры и металлоемкость магнитной системы первичного преобразователя, исключить из его конструкции магнитопровод, используя в качестве последнего корпус первичного преобразователя, выполненный из магнитного материала. Таким образом достигается уменьшение габаритных размеров первичных преобразователей, что, в свою очередь, позволяет выполнить первичные преобразователи с диаметрами условного прохода вплоть до 100 мм в без фланцевых конструктивах, с монтажом первичного преобразователя между фланцами трубопровода. Исключение фланцев из конструкции первичных преобразователей приводит к дополнительному уменьшению массы и экономии металла.

Упрощение конструкции первичных преобразователей с учетом применения индуктора ЭМР оптимальных размеров позволяет в ряде случаев проводить расчетное определение характеристик ЭМР с заданной погрешностью. Благодаря этому оказывается возможным осуществить выпуск ряда типоразмеров (свыше 50 мм) с основной погрешностью $\pm(1,0—1,5)\%$ без проведения индивидуальной градуировки каждого прибора, что существенно снижает трудоемкость изготовления и расходы на эксплуатацию приборов.

Такие ЭМР могут быть использованы в широком диапазоне рабочих давлений и температур, возможные варианты сочетаний параметров которых зависят от материала внутренней поверхности трубы первичных преобразователей.

Дальнейшее совершенствование микропроцессорных средств (МПС) в составе ЭМР позволит значительно расширить функциональные возможности приборов, построить на базе ЭМР современные счетчики количества жидкости, массовые расходомеры и счетчики количества вещества, тепломеры и теплосчетчики, т. е. приборы, работа которых связана с необходимостью осуществления известных математических операций.

При исследовании интеллектуальной системы измерений электромагнитный расходомер жидких и газообразных сред оснащен программой интеллектуальной обработки данных, полученных в процессе измерения, эта программа при обработке и формировании решений основывается на базу знаний и базу данных, поэтому основная погрешность их функционирования определяется качеством используемых знаний — методов и алгоритмов, представленных в базе знаний. Определяющими показателями оценки системы являются методические составляющие погрешности функционирования, основными из которых

являются отклонение, обусловленное неадекватностью моделей - $\Delta_{на}$, ошибки, обусловленные конечностью объема выборки, соответствующих объему исходных данных - $\Delta_{кв}$ и ошибок, возникших из-за неопределенности некоторых параметров измерения в процессе выполнения преобразований $\Delta_{ин}$.

Ошибки неадекватности:

$$\Delta_{на}(\beta(\Delta v)) = \lim_{M \rightarrow \infty} \{[\xi_0(\Delta v_j) J_1^M] - [\xi_0(\Delta_A v_j) J_1^M]\},$$

где $\beta(\Delta v)$ - характеристики погрешности выявляющейся в виде дисперсии, разрешаемого интервала, как максимальное значение; $\Delta v_j, \Delta_A v_j$ - погрешности, которые определены, по реальной предложенной моделям; f_0 - оператор преобразования; M - объём число выборки.

Ошибка из-за конечного объема выборки определяется следующим выражением:

$$\Delta_{кв}(\beta(\Delta v)) = [\xi_0(\Delta v_j) |_1^N] - \lim_{N \rightarrow \infty} \{[\xi_0(\Delta_A v_j) |_1^N]\}.$$

Ошибки, обусловленные неидеальностью преобразования:

$$\Delta_{ин}(\beta(\Delta v)) = \lim_{M \rightarrow \infty} \{[\xi_0((\Delta v_j)) |_1^M]\} - [\xi_0(\Delta_A v_j) |_1^M]\},$$

где ξ и ξ_0 - операторы, соответствующие реальному и идеальному преобразованиям.

Предполагается, что случайная величина v имеет нормальное распределение, которое аппроксимируется равномерным распределением. Оценим доверительный интервал результата измерения. Для случая равномерного распределения дисперсия равна:

$$D[v] = \frac{(v_{max} - v_{min})^2}{12}.$$

Для нормального распределения имеет:

$$D[v] = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{j=1}^N (v - v_M)^2.$$

Доверительный интервал для равномерного распределения при вероятности $Q=0,99$:

$$\Delta_q = \frac{Q(v_{max} - v_{min})}{2} = \frac{0,99}{2} + 0,495.$$

Доверительный интервал для нормального распределения:

$$\Delta_H = t_{Q,M}(D[v_M])^{1/2}$$

где t - квантиль распределения Стьюдента, зависящий от Q и M . Для оценки адекватности информационных потоков на входах и конечных результатов измерения программно-аппаратных измерительных каналов, состоящих из первичного преобразователя, предусилителя, фильтров низких и высоких частот, а также аналогово-цифровых преобразователей для каждого канала, чтобы не допустить больших отклонений число M рекомендуется выдерживать в сравнительно малых диапазонах. Предположим, что M выбрано достаточно большим $M=M_0$, чтобы $\Delta_{н}$ можно было считать близким к 0, тогда ошибка неадекватности модели составит:

$$\Delta_{IIA} = \Delta_p - \Delta_n = 0,495(v_{\max} - v_{\min}).$$

Однако, учитывая, что это - ошибка систематическая, и можно определить поправку. Например, при $Q = 0,99$ и $M=5$: $t = 4,60$; при $M=10$: $t = 3,25$; при $M = 20$: $t = 2,86$.

Таким образом, одним из наиболее существенных факторов, ограничивающих точность расходомера при низком уровне выходного сигнала схемы преобразования, представляется учет влияния собственных шумов первичного преобразователя, относящихся к тепловым шумам и обусловленного наличием у первичного преобразователя, как источника сигнала, эквивалентного внутреннего сопротивления R_s (сопротивление массы жидкости между электродами). Данный шум возникает в любой цепи, имеющей эквивалентное активное сопротивление, и его величина зависит только от величины сопротивления и не зависит от физической природы источника шума. Спектральная плотность теплового шума не зависит от частоты. Шум операционного усилителя характеризуется приведенными к входу шумовыми напряжениями и токами, имеющими спектральную плотность мощности соответственно $s_U(\omega)$ и $s_I(\omega)$. Общая спектральная плотность мощности эквивалентного суммарного шума по напряжению, приведенного к входу ПЭМ, будет выражаться следующим образом:

$$s(\omega) = s_U(\omega) + s_I(\omega)R_a^2 + 4kTR_s$$

где k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура; ω — угловая частота.

По виду зависимости спектральной плотности от частоты шум первичного преобразователя является белым шумом, шум входного усилителя имеет две составляющие — белый шум и фликкер-шум, при этом зависимость как S_u так и S_I от частоты ω имеет вид

$$S_U = S_{U^0} \left(1 + \frac{\omega_0}{\omega}\right); \quad S_I = S_{I^0} \left(1 + \frac{\omega_0}{\omega}\right),$$

где S_{U^0} и S_{I^0} - характеризуют величину белого шума; ω_0 — частота, ниже которой преобладает фликкер-шум.

Все вышеперечисленные отрицательно влияющие показатели в динамическом диапазоне измерения можно оценить, как неопределенности измерительных данных.

В четвертой главе работы «Исследование метрологического обеспечения интеллектуализированных систем контроля и управления расходом жидких и газообразных сред» приводятся результаты исследований метрологического обеспечения интеллектуализированной системы контроля и управления расходом жидких и газообразных сред. В последние годы достигнуты определенные успехи в повышении точности электромагнитных расходомеров (ЭМР).

В работе изложена методика беспробивной поверки. ЭМР, включающая две основные операции — измерение геометрических размеров первичного преобразователя ЭМР и преобразование магнитного поля в рабочем объеме в

электрический сигнал, имитирующий сигнал первичного преобразователя для заданных параметров потока жидкости. Расчет коэффициента преобразования осуществляется с учетом геометрических размеров первичного преобразователя. Погрешность беспроточной поверки можно уменьшить если отказаться от применения усредненных значений поправочных коэффициентов и вычислять коэффициенты в процессе поверки с учетом фактического распределения магнитного поля в канале поверяемого ЭМР.

На рис. 3 представлена временная диаграмма одного периода тока в индукторе при используемом, обычно, в настоящее время двухполярном импульсном питании. Выходное напряжение первичного преобразователя (ПП) содержит составляющую полезного сигнала, пропорциональную магнитной индукции, и отрицательно, току питания индуктора, и составляющую трансформаторной помехи, пропорциональную производной от тока индуктора.

На рис. 3 момент t_1 - соответствует включению тока индуктора положительной полярности; t_2 - началу интервала измерения сигнала ПП положительной полярности; t_3 - конец интервала измерения сигнала ПП положительной полярности и начало заднего фронта импульса; t_4 - включение тока индуктора отрицательной полярности; t_5 - начало интервала измерения сигнала ПП отрицательной полярности; t_6 - конец интервала измерения сигнала ПП отрицательной полярности и начало заднего фронта импульса.

Моменты t_2 и t_5 соответствуют окончанию передних фронтов импульсов тока индуктора положительной и отрицательной полярности. В соответствии с этим на интервалах от t_2 до t_3 и от t_5 до t_6 производится интегрирование сигнала, причем величины $t_3 - t_2$ и $t_6 - t_5$ выбираются кратными периоду сети.

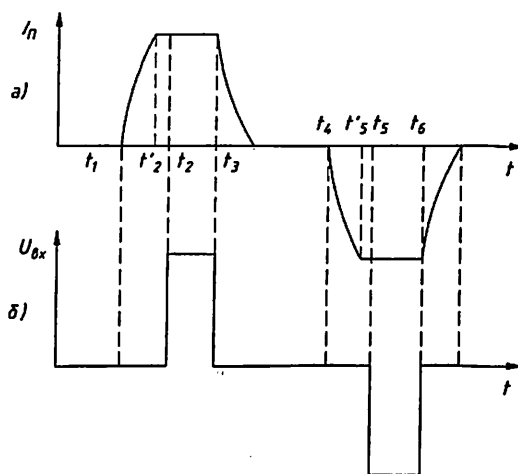


Рис. 3. Временная диаграмма тока питания индуктора и входного сигнала тракта преобразования

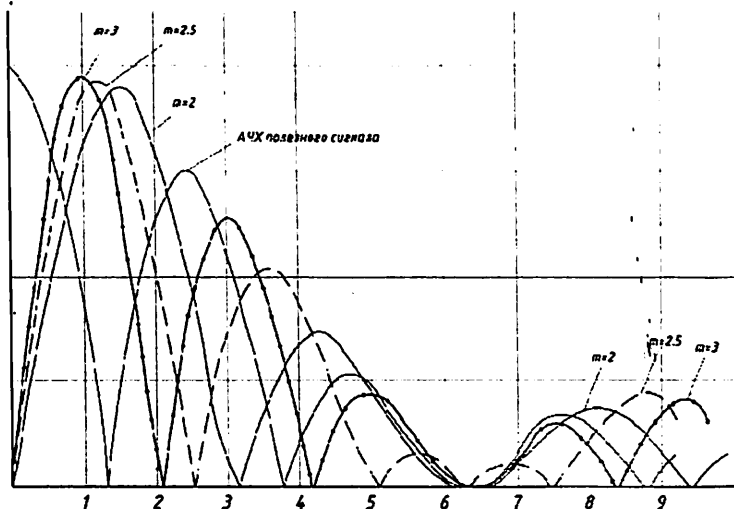


Рис. 4. Частотные характеристики тракта преобразования для шумов

На рис. 4 представлены кривые модуля частотной характеристики тракта преобразования для шумов при трех значениях временного интервала. По данным кривых можно судить об области частот, шумы в которой с наибольшим весом проходят на выход тракта преобразования.

Значения поправочных коэффициентов определяются отношением сигнала первичного преобразователя к сигналу ПМП. При определении поправочных коэффициентов наиболее трудоемким является расчет сигнала первичного преобразователя, который основывается на следующем выражении:

$$U = \int_{\tau} \vec{v}(\vec{G}\vec{B})d\tau, \quad (18)$$

где $d\tau$ - элемент рабочего объема; \vec{G} - объемная весовая функция; \vec{v} - скорость потока; \vec{B} - индукция магнитного поля.

Выражение (18) можно преобразовать в более простое и виде интеграла по внутренней поверхности s канала

$$U = \int_{\tau} B(z, \theta) W_n(z, \theta) d\theta dz,$$

где $B(z, \theta)$ — нормальная к поверхности z составляющая вектора индукции магнитного поля; $W_n(z, \theta)$ — поверхностная весовая функция, зависящая от геометрии канала и профиля потока.

Здесь введена цилиндрическая система координат, причем, ось направлена по оси канала; r - расстояние от рассматриваемой точки в поперечном сечении потока до оси канала, а угол θ отсчитывается против часовой стрелки так, что электроды имеют координаты $(z=0, \rho=r, \theta = \pm \frac{\pi}{2})$.

Весовая функция имеет вид

$$W_n(z, \theta) = \frac{1}{2\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ikz} dk \sum \frac{b_n(k) \cos n\theta}{k I'_n(kr)},$$

где $b_n(k) = \int_{-\tau}^{+\tau} dt e^{ikz} \left\{ \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial G}{\partial z} v_\rho - \frac{\partial G}{\partial \rho} v_z \right] \times \right.$
 $\times n I_n(kr) \sin n\theta + \left[v_\theta \frac{\partial G}{\partial z} - \frac{v_z \partial G}{\rho \partial \theta} \right] k I'_n(kr) \times$
 $\left. \times \cos n\theta + \left[-v_\theta \frac{\partial G}{\partial \rho} + \frac{v_\rho \partial G}{\rho \partial \theta} \right] ik I_n(kr) \cos n\theta \right\}.$

Через $I_n(kr)$, $I'_n(kr)$ обозначены соответственно модифицированная функция Бесселя и ее производная; r - радиус канала; kr - аргумент функции Бесселя; n - номер гармоники, $n=0, 1, 2, \dots$; v_ρ, v_θ, v_z - составляющие скорости потока. При расчете весовой функции $W_n(z, \theta)$ можно принять $v_z = v = 1$; $v_\rho = v_\theta = 0$, что соответствует условиям градуировки и поверки. Таким образом, окончательно формула расчета выходного сигнала первичного преобразователя ЭМР может быть представлена в следующем виде:

$$U = \int_{-\infty}^{+\infty} dz \int_0^{+2\pi} d\theta \int_{-\infty}^{+\infty} dk \cos kz \sum_{n=2m+1}^{\infty} n \left[\frac{I_n(kr)}{I'_n(kr)} \right]^2 (-1)^n \sin n\theta B(z, \theta) \quad (19)$$

Расчет интеграла (19) осложняется тем, что интегрирование ведется по нескольким параметрам от бесконечных рядов, содержащих специальные функции Бесселя. Это приводит к большому времени счета, для сокращения которого выполняется замена интегрирования суммированием по вычетам подынтегрального выражения.

Для вычисления интеграла по dk воспользуемся основной теоремой вычетов

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dk \cos kz \left[\frac{I_n(kr)}{I'_n(kr)} \right]^2 = \operatorname{Re} \int_{-\infty}^{+\infty} dk e^{ikz} \left[\frac{I_n(kr)}{I'_n(kr)} \right]^2 =$$

$$= 2\pi i \sum_{m=0}^{\infty} \operatorname{Res} \left[\frac{I_n(i\lambda_m^n)}{I'_n(i\lambda_m^n)} \right]^2 e^{-\left(\frac{\lambda_m^n}{r}\right)z}, \quad (20)$$

где $I_n(i\lambda_m^n)$ - нули функций Бесселя.

Вычисляя вычеты через λ_m^n , имеем

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cos kz dk \left[\frac{I_n^2(kr)}{I_n'^2(kr)} \right] = 2\pi i \sum_{m=0}^{\infty} e^{-z\lambda_m^n/r} \frac{[n^2 - (\lambda_m^n)^2]^2 (2r + z\lambda_m^n)}{(\lambda_m^n)^7}. \quad (21)$$

Выражение (21) существенно упрощает вычисление интеграла (20) и позволяет сократить на три порядка время расчета на ЭВМ.

Для расчета значений λ_m^n - первоначальные значения были взяты из таблицы нулей функции Бесселя $I_n(x)$, а последующие вычислялись по формуле

$$\lambda_m^n = \gamma - \frac{m+3}{8\gamma} - \frac{Q_1}{384\gamma^3} - Q_2 153360\gamma^5,$$

где $\gamma = (n+0,54+2m_1)/(\pi/2)$; $m_1 = 4n^2$; $Q_1 = 7m_1 + 88m_1 - 9$; $Q_2 = 83m_1^3 + 2075m_1^2 - 3039m_1 + 3537$.

Полученные значения λ_m^n совпали с табличными с точностью до 10^{-5} . Замена интеграла по dk суммой по вычетам приводит к значительной экономии машинного времени, поскольку используемый ряд быстро сходится. Расчет

интегралов по dQ и dz производился методом Гаусса.

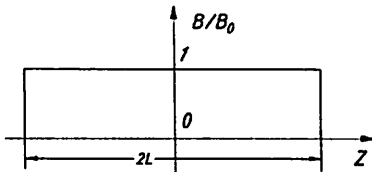


Рис.5. Характеристика распределения магнитного поля вдоль канала: B_0 — индукция магнитного поля на оси канала при $r = 0$.

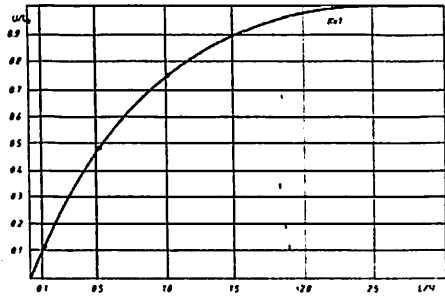


Рис. 6. Характеристика зависимости величины сигнала от протяженности индуктора вдоль оси канала: U_0 — величина сигнала при $L/r \rightarrow \infty$.

Для реализации представленного алгоритма расчета выходного сигнала первичного преобразователя ЭМП была составлена программа на языке Embedded C . Программа состоит из отдельных подпрограмм, одна из которых полностью обеспечивает расчет параметров магнитного поля, которое задается через Embedded C функцией $BN(z, \theta)$.

Меняя значения $BN(z, \theta)$, можно получить зависимость сигнала от конфигурации магнитного поля, т. е. формировать любую топографию магнитного поля. В дальнейшем предполагается, что для $BN(z, \theta)$ использованы экспериментальные значения, измеренные для некоторого массива координат (z, θ) , которые соответствуют определенной конструкции индуктора. Функция $BN(z, \theta)$ при этом получается обработкой экспериментальных точек методом сплайн-аппроксимации.

Для обработки программы в качестве $BN(z, 0)$ было принято однородное поле с конечной протяженностью $2L$ индуктора по z (рис. 6). Также было проведено исследование зависимости выходного сигнала расходомера от относительной протяженности индуктора L/r . Полученные данные представлены в таблице 1 и на рис. 6.

Таблица 1.

L/r	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8	10	20
U/U_0	0.119	0.492	0.753	0.884	0.997	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Предварительный усилитель с очень высоким входным сопротивлением и с хорошим коэффициентом ослабления синфазных сигналов практически полностью компенсирует взаимные утечки сигналов датчика. Во втором каскаде операционного усилителя имеются фильтры низких и высоких частот, которые

компенсируют усиленные разности электрохимических и поляризационных потенциалов электродов, а также выполняют предварительные вычисления получаемых сигналов измерения, реализацию аналогово-цифрового преобразования с интегрированием. Выбранный операционный усилитель имеет достаточно хороший коэффициент усиления, что позволяет увеличить диапазон усиления полезных сигналов измерения даже при инфранизких частотных границах. Двухполярный сигнал, полученный с обоих измерительных электродов, соответствующий определенной скорости потока с усилением в дифференциальном каскаде операционного усилителя, через схемы отражателя тока и фильтров низких и высоких частот, в свою очередь, передаются в аналогово-цифровой преобразователь.

Постепенно возрастающая потребность в большем количестве выработки данных требует усовершенствования структуры элементной базы и новых схемотехнических решений. Обратимся к процессу определения загрязняющих жидкостей процесса измерительного преобразования. Существует целый ряд требований к подобной диагностике. В связи с потерями большей части полезного сигнала во время синхронной демодуляции невозможно применять традиционный аналоговый подход к разработке интеллектуальной системы В предлагаемом аналоговом варианте технического исполнения комплекта ключевым является ток предварительного усиления и АЦП. Здесь особые требования предъявляются к предусилителю. Коэффициент ослабления синфазного сигнала представляет собой из основных компонентов требований, предъявляемых интеллектуальному интерфейсу. При подаче индукторного питания в электропроводящей жидкости происходит ионизация, при которой ионы начинают двигаться в сторону электрода, что развивает электрический потенциал. Иными словами, формируется напряжение поляризации. Значение поляризационного напряжения изменяется в пределах от сотых долей мВ до 2 – в зависимости от типа используемого металла в качестве электрода. Поляризационное напряжение постоянного тока представляет собой постоянное напряжение, подаваемое с выхода датчика на вход предусилителя. На рис.7. приведена структурная схема аналогового измерительного интерфейса.

При коэффициенте полезного сигнала до 100 дБ представляется возможность уменьшить амплитуду полезного сигнала до 0,3 В. В то же время надо учесть, что появление на выходе напряжение постоянного тока свыше 3 мкВ оценивается как напряжение обратного смещения. Наилучшим коэффициентом ослабления синфазных сигналов по постоянному току в пределах частоты до 5кГц обладает усилитель AD8220, для которого соответствующий коэффициент составляет 100 дБ. Данный класс усилителей оказывает отрицательное влияние на напряжение при вышеуказанных параметрах сигнала с уровнем шума до 90 дБ и частотой сигнала до 60 Гц. При уровне шума 120 дБ данный коэффициент уменьшается до уровня 0,1 В, а напряжение - до 0,1 мкВ.

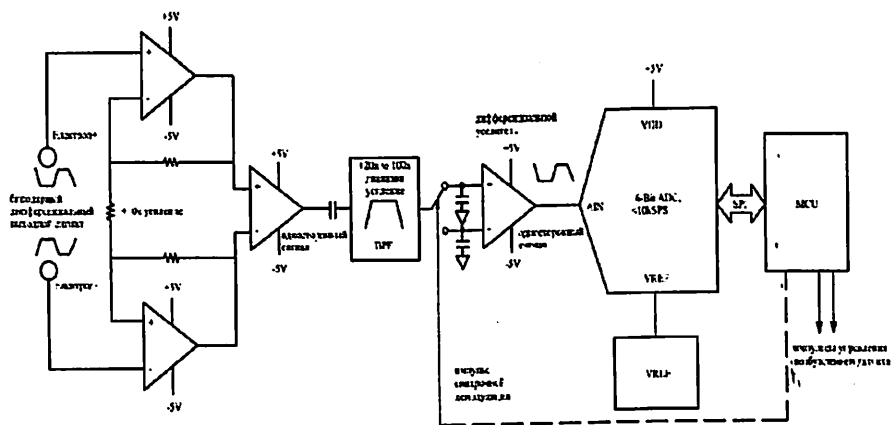


Рис.7. Структурная схема аналогового измерительного интерфейса.

Ток смещения с максимальным выходным смещением 10 мА, а также входной импеданс около 1Ком позволяют операционному усилителю работать с выходными сигналами, имеющими широкий диапазон характеристик для электромагнитных датчиков потока. Уровень шума датчика задается в каждом периоде шума в разрешаемом диапазоне от 1 Гц до 10 Гц. При коэффициенте усиления, установленном на значении 10, величина межэлектродного шумового напряжения операционного усилителя AD8220 составляет около 0,94 мкВ, что соответствует мгновенному значению сигнала, вычисляемого контроллером как разность двух значений сигнала, изменяющихся пропорционально скорости потока. Влияние периодической помехи, наводимой питающей цепью, можно исключить за счет выбора в АЦП времени интегрирования кратным периоду помехи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе программной реализации интеллектуальной информационно-измерительной системы контроля и управления параметрами расхода жидких и газообразных сред получены следующие научные результаты:

1. Теоретически и экспериментально обоснованы методы и алгоритмы повышения метрологических характеристик магнитоиндукционных газомерных установок и интеллектуализации систем управления электромагнитными устройствами контроля за расходом жидких и газообразных сред.
2. Система контроля расхода жидких и газообразных сред, характеризуется высокой дифференциальной чувствительностью измерительного преобразования, линейностью статической характеристики, высоким быстродействием, отсутствием динамического сопротивления и это дает

- возможность осуществлять синтез качественно новой, обеспечивающей получение информационных данных и обработки результатов контроля с возможностью параметрирования прибора измерения.
3. 3., Произведенный анализ современного состояния информационно-измерительных систем, их моделей и методов проектирования, а также разработанные алгоритмы и программные средства обработки измерительной информации для контроля и управления расходом газожидкостных потоков способствуют выявлению основных проблем и осуществлению выбора путей их решения при создании подобных систем.
 4. Разработанная модель интеллектуализированной измерительной системы контроля и управления расходом газожидкостных потоков с использованием электромагнитных измерительных преобразователей, а также программная реализация обоснованных алгоритмов их работы дает возможность разработки методов проектирования интеллектуализированных систем контроля за расходом жидких и газообразных сред.
 5. Разработан метод повышения целостности и достоверности метрологических характеристик измерительного канала и ИИС в целом, сформулированы научно-методические основы проектирования, что позволило выработать новые схемотехнические решения, реализовать электронно-компонентные схемотехнические основы анализа и синтеза ИИС контроля за расходом жидких и газообразных сред.
 6. Результаты диссертационной работы в виде опытного образца интеллектуального электромагнитного расходомера жидких и газообразных сред прошли опытно-промышленную апробацию в цехе ПГУ АО Навоийского ТЭЦ по испытаниям приборов учета и контроля с экономическим эффектом 7 % в год за счет повышения точностных характеристик и быстродействия измерений, обуславливающих снижение расхода ресурсов и стоимости обслуживания.
 7. Опытный образец расходомера жидких и газообразных сред, в качестве интеллектуального измерительного прибора контроля и учета в системе водоснабжения города Навои, прошел опытно-промышленную проверку в производственных условиях в предприятии ОЭС ГП НГМК с ожидаемым экономическим эффектом 5 % в год. Экономический эффект получен за счет повышения целостности и достоверности измерительной информации, ресурсосбережения и снижения затрат на ремонт и обслуживание системы автоматизации.

**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
AND NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

JUMAEV ODIL ABDUJALILOVICH

**INTELLECTUALIZATION OF CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS
OF CONSUMPTION PARAMETERS OF LIQUID AND GAS-MEDIA UNDER
CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF INFORMATION FLOWS**

05.03.01 – Devices. Measurement and control methods (technical sciences)

**DISSERTATION ABSTRACT DOCTOR OF SCIENCE (DSC)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2019

The theme of doctoral (DSc) dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.3.DSc/T304.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University and Navoi State Mining Institute

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 consultant: Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

Official opponents: Ismatullaev Pythulla Rakhmatovich
Doctor of Technical Sciences, Professor
Bakhromov Khoshim Shoimovich
Doctor of Technical Sciences
Siddikov Ilkhom Hakimovich
Doctor of Technical Sciences, Professor


Leading organization: Research and Innovation Center for Information and Communication Technologies in TUIT

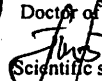
Defense of dissertation will take place in 13 » 12 2019 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.27.06.2017.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).


The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 129). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-03-41.

Abstract of the dissertation distributed « » _____ 2019 year.
(mailing report № 24, on « 18 » 11 2019 year).




F.T. Adilov
Deputy Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor


F.U. Mamirov
Scientific secretary of scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of philosophy on technical sciences


H.Z. Igamberdiev
Chairman of the Academic Seminar
under the Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of the research work. The aim of the research is the development and software implementation of an intelligent measuring system (IMS) for monitoring and controlling the flow of liquid and gaseous media.

The object of the research.

The object of study is an intelligent electromagnetic information-measuring system for monitoring and controlling the flow of gas-liquid flows.

Scientific novelty of the research work:

formulated the scientific and methodological foundations of the intellectualization of control systems for the flow of liquid and gaseous media in the face of uncertainty of information flows based on the identification of cause-effect relationships;

a method has been developed to increase the metrological characteristics of the measuring channel and the intelligent measuring systems as a whole, characterized by a change in the nominal values of the elemental base, providing, for a given circuit solution, the best values of the indicators of their metrological characteristics;

the method of determining the parameters of access to the measuring system has been developed, which allows to determine the information resources with which the user can interact;

algorithms are proposed for improving the metrological characteristics of intelligent measuring systems according to the criteria for a given value of a metrological resource (the maximum value of the metrological resource and the maximum probability of maintaining metrological health), which consists in finding the optimal values of the element base of the system at the stage of designing the intelligent measuring systems.

Implementation of research results. Based on the results of work on the intellectualization of control and management systems for flow parameters of liquid and gaseous media under conditions of uncertainty of information flows:

A patent was obtained for the invention of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan for the device "Fiber-optic liquid level transducer" (IAP 04937-2014). The results of scientific research have made it possible to create an automated system for processing information obtained through a fiber-optic measuring channel;

developed algorithms and a software and hardware complex for controlling the flow of liquids, was introduced at the United Energy Service enterprise (Reference State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" 01-01-09 / 13930 of November 1, 2019). As a result of applying the methodology for increasing the metrological characteristics of measuring instruments, as well as the intelligent electromagnetic fluid flow meter, the accuracy and reliability of metering and control have improved, and the water consumption has decreased;

an intelligent system of control and management of liquid and gaseous media was introduced at the United Energy Service enterprise (Certificate of State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" 01-01-09 / 13930 of November 1, 2019). As a result of the implementation, a new system was synthesized with increased differential sensitivity, linearity of static characteristics, providing high speed;

the developed methods for improving the metrological characteristics of metering and control devices, as well as an intelligent electromagnetic flowmeter of liquids and steam, were introduced at Joint stock company "Navoi thermal power station", which made it possible to increase the accuracy and reliability of the control and metering of sharp steam supplied to the turbine unit of a steam-gas installation and to reduce the cost of electricity produced at Joint stock company "Navoi thermal power station".

The structure and the volume of the dissertation. On the research topic, 30 scientific papers were published, of which 1 monograph, 8 journal articles recommended by the Higher Attestation Commission, including 4 articles in foreign publications. Received 1 patent for an invention and 4 certificates of official registration of computer programs.

ЭЪЛОН КИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Жумаев О.А. Повышение помехоустойчивости и интеллектуализация электромагнитных расходомеров жидкости // Монография, – Ташкент.: ТГТУ, 2019. – 130 с.
2. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А. Волоконно-оптический преобразователь уровня жидкости//Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Патент на изобретение № IAP 04937, Официальный бюллетень, 07.07.2014.
3. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А. Разработка поверочной установки для счетчиков газа // Международный научно-технический журнал. «Химическая технология. Контроль и управление», № 6. 2012, -С. 25-31. (05.00.00; №12)
4. Жумаев О.А., Каршибаев А.И., Тавбаев А.Н., Абдужалилов А.О. Методы повышения точности поверочных установок для счетчиков газа// Научно-технический и производственный журнал. «Горный вестник Узбекистана» №4;2015,-С. 96-101. (05.00.00; №7)
5. Жумаев О.А., Назаров Ж.Т., Отакулов Л.О., Абдужалилов А.О. Применение оптоэлектронных преобразователей информации в измерительных системах поверочной установки для газа //Международный научно-технический журнал. «Химическая технология. Контроль и управление». № 1, 2016, -С. 64-70. (05.00.00; №12)
6. Жумаев О.А., Ахматов А.А., Махмудов Г.Б. Моделирование процесса оптимального смещения цианистых растворов с использованием интеллектуальных систем измерения на основе нечеткой логики// Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление» №3-2, 2018, -С. 60-62. (05.00.00; №12)
7. Yusupbekov N. R., Jumaev O.A., Normurodov J.N. Methods of Improving the Accuracy of Electromagnetic Flowmeters with Low Frequency Pulsed Power of the Inductor// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 8 , August 2019, - PP.10467-10472. (05.00.00; №8)
8. Jumaev O.A., Sayfulin R. R., Khalilov U. I. Optimization of Electric Modes of Modern Arc Steel-Smelting Furnaces with Static Thyristor Compensator //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.Vol. 6, Issue 9, September 2019. - PP.10718- 10723. (05.00.00; №8).
9. Jumaev O. A., Mahmudov G. B., Bozorova R. B. Of The Interface Of The Technological Process, Influence Of Errors And Noise OnThe Functioning Of Intellectual Control Systems// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 9, September 2019. - PP. 10752 - 10757. (05.00.00; №8).

10. Jumaev O.A., Abdujalilov A.O. Mathematical Modeling of Changes During Time of Metrological Characteristics of Intelligent Measurement Systems // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. Issue IV, April 2019. - PP. 3209-3214 (23. SJIF).

II бўлим (II часть; II part)

11. Yusupbekov N. R., Jumaev O. A., Ismoilov M.T. Improvement measurements of electromagnetic flow meters //European science review № 5–6, 2019 May–June. - PP. 95-99. (05.00.00;№3)
12. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А. Абдужалилов А. О. Контроль и управления уровнем и расходом жидких и газообразных сред на основе ПИД регуляторов. Синтез ПИД регулятора. /Агенство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 06530., 04.06.2019
13. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Исmoilов М.Т. Построение кривых модуля частотной характеристики тракта преобразования электромагнитного расходомера жидкости для шумов в различных времени интегрирования аналога – цифрового преобразования. /Агенство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан . Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07002., 10.10.2019.
14. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Жумабоев Э.О. Программа расчета выходного сигнала первичного преобразователя электромагнитного расходомера /Агенство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 07003., 10.10.2019.
15. Jumaev O.A. Methods of protection from interference of intellectual parts of means of automation. / Всемирная конференция WCIS-2018 «Интеллектуальные системы для индустриальной автоматизации», WCIS-2018, 25-27 October 2018, Tashkent, Uzbekistan. - PP. 429-431
16. Жумаев О.А., Шермуродова М.Ф., Бабаев А.А. Защита от помех технических средств автоматизации систем управления // Научно-методический журнал «Наука техника и образование». № 7. 2018 -С.36-40.
17. Жумаев О.А., Ишмаматов М.Р., Содиков Б. Методы расчета и моделирование измерительных каналов интеллектуальных систем управления / Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – 22-23 ноября 2018 г. Навои – С. 340-341.
18. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Самадов А.Р. Методы разработки оптимального интерфейса цифровых систем управления технологическим процессом / Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – 22-23 ноября 2018 г. Навои – С. 342-
19. Жумаев О.А., Махмудов Г.Б., Нурмуродов Ж.Н. Методы повышения качество работы технических средств автоматизации / Материалы

- международной научно-технической конференции «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – 22-23 ноября 2018 г. Навои – С. 350.
20. Жумаев О.А., Исмаилов М.Т., Сайфулин Р.Р. Преимущество применения частотного преобразователя в системах управления газомерной установкой / Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: Достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». –15-16 ноября 2016 г. Навои – С. 464. .
21. Жумаев О.А., Боева.Х., Абдужалилов А.О. Автоматическое регулирование уровня жидкости находящиеся под непрерывным давлением на основы ПИД регуляторов / Агенство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 04880, 24.11.2017.
22. Jumaev O.A Intellectual control system of gasometric-installation with frequency converters / Ninth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2016, 25-27 October 2016, Tashkent, Uzbekistan -PP. 266-269.
23. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Каландаров И.И. Вопросы разработки и внедрения оптоэлектронной интеллектуальной системы лабораторных исследований по обогащению золото-содержащих руд / Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: Достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». –15-16 ноября 2016 г. Навои – С 437-438.
24. Жумаев О.А., Р.К.Азимов, Ю.Г.Шипулин, Р.Р.Сайфулин. Цифровая обработка сигналов и применение микроконтроллеров на современном этапе создания газомерных установок / Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: Достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». –15-16 ноября 2016 г. Навои – С. 439.
25. Жумаев О.А., Исмоилов М.Т., Жумабоев Э.О. Методы анализа погрешностей и шумов на функционирование системы управления / Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – 22-23 ноября 2018 г. Навои – С. 352-353.
26. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Самадов А.Р. Применение микроконтроллера Atmel для управления газомерной установкой / Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: Достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». –15-16 ноября 2016 г. Навои – С. 480.
27. Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А., Холматов У.С., Худайназаров Д.Х. Методы оценки точности датчиков систем управления / Материалы VIII Международной научно-технической конференции Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития. 19-21 ноября 2015 года. Навои. – С. 458-459.

28. Жумаев О.А., Сатторов О.У. Выбор оптимальных структур конструкции и схемы управления газомерными установками / Материалы республиканской научно-технической конференции. Алмалык -2015 г., НГГИ, -С.227-228.
29. Жумаев О.А., Бойбутаев С.Б., Шермурадова М.Ф. Методика определения погрешностей измерительного канала систем автоматизации / Материалы VIII Международной научно-технической конференции Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития. 19-21 ноября 2015 года. Навои. – С. 462 -463.
30. Жумаев О.А., Бойбутаев С.Б., Муртазов Ш.Н. Автоматизированные поверочные установки для счетчиков газа / Международная научно-техническая конференция «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане», Навои. 2014. – С.230-231.

Автореферат “Техника фанлари ва инновация” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 60x84 ¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма №85.

Гувоҳнома геестр №10-3719
«Тошкент кимё-технология институти» босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.