

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

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИНИНГ
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ**

РАЙИМДЖОНОВА ОДИНАХОН СОДИКОВНА

**НАЗОРАТ ВА БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ УЧУН ГАЗ
ОҚИМЛАРИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ ГИБРИД
ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.03.01 – Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (тармоқлар бўйича)

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Райимджонова Одинахон Содиковна

Назорат ва бошқариш системалари учун газ оқимларининг параметрларини
гибрид ўзгартиргичларини такомиллаштириш.....3

Райимджонова Одинахон Содиковна

Совершенствование гибридных преобразователей параметров потоков газов
для систем контроля и управления21

Rayimdjonova Odinakhon Sodikovna

Perfection of hybrid converters of parameters of gas flows for monitoring and
control systems.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works42

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

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИНИНГ
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ**

РАЙИМДЖОНОВА ОДИНАХОН СОДИКОВНА

**НАЗОРАТ ВА БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ УЧУН ГАЗ
ОҚИМЛАРИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ ГИБРИД
ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.03.01 – Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (гармоқлар бўйича)

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.3.PhD/T315 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент ахборот технологиялари университетининг Фаргона филиалида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Шипулин Юрий Геннадьевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Сидников Илхомжон Хакимович
техника фанлари доктори, профессор

Ўлжаев Эркин
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Навоний давлат кончилиқ институту

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.03.02 рақамли Илмий кенгаşнинг 2019 йил «27» 04 соат 12 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (25 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.

Диссертация автореферати 2019 йил «12» 04 кун тарқатилди.
(2019 йил «12» 03 даги 3 - рақамли реестр баённомаси).



Н.Р.Юсупбеков

илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор, академик

У.Ф.Мамиров

илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
илмий котиби, техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD)

Х.З.Игамбердиев

илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор, академик

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда иссиқлик ва шамол энергетикаси, баланд бинолар қурилиши, металлургия, нефт-газ мажмуалари, тўқимачилик, озиқ-овқат саноат, агросаноат мажмуалари каби муҳим тармоқларнинг ривожланиши билан ташқи муҳит параметрларини мониторинг қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу жиҳатдан атрофдаги ҳаво ва ишлаб чиқариш биноларини, шунингдек транспорт туннеллари ҳамда тоғ-кон шахталари ва шу қабиларнинг ифлосланганлиги ва тутун босганлигини назорат қилишни такомиллаштириш катта аҳамият касб этади. Шу билан бирга шамоллатиш ва сунъий иқлим ҳосил қилиш тизимларида назорат қилиш ва бошқариш системаларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда назорат қилинаётган техник объектларнинг хоссалари, турли технологик параметрлари ҳақида аниқ маълумотларни олиш, шунингдек мураккаб иқлимий ва агрессив шароитларда ишлайдиган техник агрегатларнинг ҳолатларини назорат қилиш ва бошқариш системаларини ишлаб чиқиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўлчов воситаларига қўйилган энг муҳим талаблардан бири ўлчашларнинг бир хиллигини таъминлашдан иборат бўлиб, ушбу йўналишда, жумладан юқори аниқликдаги ўлчов-назорат воситалари, шунингдек, газ оқимларининг параметрлари ўзгартиргичларини такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади. Шу билан бирга бошқариш ва назорат қилиш системалари учун газ оқимлари параметрларининг гибрид ўзгартиргичларини такомиллаштириш учун унинг функционал имкониятлари, ишлаш ишончилиги, юқори аниқлиги, тезкорлигини ошириш каби метрологик таъминот муаммоларини замонавий талаблар даражасида хал қилиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда саноатда инновацион технологияларни жорий қилиш, замонавий микропроцессорли техник воситаларни қўллаган ҳолда маҳсулотлар сифатини назорат қилиш ва бошқаришнинг юқори самарали тизимларини такомиллаштириш чора тadbирлари амалга оширилмоқда. 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «электр энергияни ишлаб чиқариш бўйича янги қувватларни яратиш ва мавжудларини модернизациялаш, ... иқтисодийнинг энергия ва ресурс сарфини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, иқтисодий тармоқларидаги меҳнат унумдорлигини ошириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан оптоэлектрон ва иссиқлик элементлари асосида газ оқимлари параметрларининг гибрид ўзгартиргичларини ишлаб чиқиш долзарб вазифа ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

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

Харакатлар 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 ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда 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 V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон миқёсида бажарилган тадқиқотлар натижаларига кўра газ ва суюқлик оқимларининг параметрларини назорат қилишнинг гибрид ўзгартиргичларини такомиллаштиришга кўплаб хорижлик олимлар, жумладан Р.Арей, Д.З.Беляев, В.И.Данилов, Ж.Н.Зауб, П.А.Коротков, А.М.Кудрин, А.Ф.Романченко, Г.А.Соколов ва бошқалар ҳамда мамлакатимиз олимлари, жумладан А.А.Азимов, Р.К.Азимов, П.Р.Исматуллаев, М.А.Мақсудов, Ю.Г.Шипулинлар ва бошқалар ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшишган.

Газ оқимларининг янги ўзгартиргичларини яратиш ҳамда уларни лойиҳалашнинг назарияси ва усулларини ривожлантириш бўйича кўплаб республикамиз ва хорижий олимлар, жумладан П.Р.Исматуллаев, А.А.Азимов, А.Ф.Романченко, Д.З.Беляев, П.А.Коротков, Ю.Г.Шипулинлар ва бошқалар кенг қамровли илмий тадқиқот ишларини олиб боришмоқда.

Шу билан биргаликда, илмий-тадқиқот доирасининг кенгайтиши ва доимий мураккаблашуви техноген объектлар ҳисобланувчи очиқ ва ёпиқ газ ўтказиш қувурлари, компрессорли ва газ ҳайдаш қурилмаларидаги газ оқимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларида газ ва суюқлик оқимлари параметрларининг иссиқлик ўзгартиргичлари, оптик толали ва ёруғлик ўтказгичлар асосидаги оптоэлектрон ўзгартиргичларни метрологик тавсифларини текшириш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ва Тошкент ахборот технологиялари университетининг Фарғона филиали илмий-тадқиқот ишлари режаларининг №ИД-5-1 – «Технологик қурилмалар ва агрегатлардаги газ конденсати, суюқ ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчаш, назорат қилиш ва бошқариш учун дастурланадиган интеллектуал микропроцессорли системаларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш» (2005–2006), №ИОД-4-1 – «Суюқликларнинг сарф ўлчигич ҳисоблагичлари учун микропроцессорли кўчма синов қурилмасини ишлаб чиқиш, синаш ва жорий этиш» (2012–2014), №Ф-4-57 – «Толали ва ғовак ёруғлик ўтказгичлар

асосида интеллектуал оптоэлектрон ахборот-бошқариш системаларини куришнинг назарий асослари ва тамойилларини ишлаб чиқиш» (2012–2016) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади назорат ва бошқариш системаларининг газ оқимлари параметрларини оптоэлектрон ва иссиқлик элементлари асосидаги гибрид ўзгартиргичларни такомиллаштириш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

оптоэлектронли ва иссиқлик элементли гибрид ўзгартиргичлар асосида газ оқимларининг параметрларини назорат қилиш ва усулларини ишлаб чиқиш;

бошланғич катталиклар ва параметрларнинг асосий тавсифларини таҳлил қилиш ва синтезлаш учун уларни олиш мақсадида гибрид ўзгартиргичларнинг ягона конструкциясига жойланган ёруғлик ўтказгич ва иссиқлик ўтказгичлардаги оптик ва иссиқлик параметрларининг тақсимланиш қонунларини тадқиқ қилиш учун ўзида алгоритмлар, моделлар ва усулларни бирлаштирувчи рационал математик аппаратни ишлаб чиқиш;

иссиқлик ва оптоэлектрон элементли гибрид ўзгартиргичларни, хатоликларини синфлаш орқали, улардаги асосий хатоликларини ҳисоблаш ва камайтириш усулларини ишлаб чиқиш;

статик тавсифларнинг чизиклилиги, максимал сезгирлик ва аниқлик мезонлари асосида ўзгартиргичларнинг оптоэлектрон ва иссиқлик элементларини рационал структуравий ва параметрик синтезлаш алгоритмлари ва усулларини ишлаб чиқиш;

газ оқимларининг параметрларини назорат қилиш ва бошқариш системалари учун гибрид қурилмаларнинг конструкцияларини оптоэлектрон ва иссиқлик элементлари асосида ишлаб чиқиш ва жорий этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида газ оқимларининг параметрларини назорат қилиш ва бошқариш системалари учун оптоэлектрон ва иссиқлик элементлари асосидаги гибрид ўзгартиргичлар синфи олинган.

Тадқиқотнинг предмети назорат ва бошқариш системалари учун газ оқимларининг параметрларини гибрид ўзгартиргичларини такомиллаштириш усуллари ва алгоритмларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида моделлаштиришнинг аналитик ва тажрибавий усуллари, иссиқлик ва оптоэлектрон ўлчаш ўзгартиргичлари назарияси, моделлаштириш ва оптималлаштириш назарияси, хатоликлар назарияси, автоматик бошқариш назарияси усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

газ оқимлари параметрларини назорат қилиш ва бошқариш системалари учун оптоэлектрон ва иссиқлик элементлари асосидаги гибрид ўзгартиргичлар ишлаб чиқилган;

газ оқимлари параметрларини гибрид ўзгартиргичларини математик модели ишлаб чиқилган;

газ оқимлари параметрларини гибрид ўзгартиргичларининг оптоэлектрон ва иссиқлик элементларини статик ва динамик характеристикаларини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

газ оқимларини параметрларини гибрид ўзгартиргичларини лойиҳалаштиришда структурали ва параметрик синтез қилиш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

термоанемометрик типдаги кўп параметрли иссиқлик ўзгартиргичларини ишлаб чиқариш технологиясининг усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

очиқ ва ёпиқ қувурли каналлар, шахталарда, туннель ва кўп қаватли ишлаб чиқариш биноларида газ оқими параметрларини назорат қилувчи қурилма ишлаб чиқилган;

газ оқими параметрларининг гибрид ўзгартиргичларини тузилиш асослари ишлаб чиқилган ва натижада функционал имкониятлари кенг бўлган янги типдаги ўзгартиргичлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ечими амалий қўлланилишга эга бўлган якуний натижагача олиб борилган масалаларнинг аниқ математик қўйилиши, газ оқимларининг гибрид ўзгартиргичларини миқдорий ва сифатли параметрлари мониторинги системасини ишлаб чиқилганлиги, амалиётда кўп каналли ўлчов тизимларидан фойдаланиб олинган назарий ва амалий тадқиқот натижалари ва уларнинг ўзаро мувофиқлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юқори метрологик тавсифларга эга гибрид ўзгартиргичларни синтезлаш ва улар асосида газ оқимларининг параметрларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун микропроцессорли қурилмалари бўлган янги ўлчаш қурилмаларини яратиш имконини берадиган самарали алгоритмлар ва конструктив ечимларни ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти берилган тавсифлар бўйича иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичларни структуравий ва параметрик лойиҳалаш асосларини ишлаб чиқилганлиги, бу эса гибрид ўзгартиргичларнинг оптимал структураларини танлашда асосий элементларнинг сезгирлиги, ишочлилиги ва тезкорлик мезонлари бўйича кенг қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Назорат ва бошқариш системалари учун газ оқимлари параметрларининг гибрид ўзгартиргичларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

атроф-муҳитдаги горизонтал шамол тезлигини ўлчовчи ва йўналишини аниқловчи қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№IAР 04754, 20.08.2013 й.). Натижада газ қувурларидаги газ тезлигини ўлчаш ва йўналишини аниқлаш аниқлигини 10% га ошириш имконини берган;

газ оқимларининг параметрларини кўп параметрли ўзгартиргичлар комплекти “Нақлгазмахускурилиш” АЖ нинг “Олтин водий” филиалида жорий қилинган («Ўзтрансгаз» АЖ нинг 2018 йил 10 декабрдаги ТУ-1083-сон маълумотномаси). Натижада қимматбаҳо импорт қилинувчи қурилмаларни сотиб олиш, материал манбалари, электроэнергияни тежаш ва магистрал газ қувурларидаги технологик параметрларни бошқаришнинг янги оптимал режимлари сифатини таъминлаш имконини берган;

газ ёки суюқлик оқимларининг параметрларини иссиқлик ўзгартиргичлари қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№IAР 05303, 03.10.2016 й.). Натижада газ ёки суюқлик оқимларининг параметрлари хароратини назорат қилиш аниқлигини 10 % га ошириш имконини берган;

термоанемометрик типдаги кўп параметрли иссиқлик ўзгартиргичларини тайёрлаш технологиясининг усуллари “Фотон” АЖ да жорий қилинган («Ўзэлтехсаноат» АК нинг 2018 йил 1 ноябрдаги 02-2417-сон маълумотномаси). Натижада эксплуатация шароитида иссиқлик ўзгартиргич қурилмаларини ишончлилигини оширувчи янги оптимал сифатли технологик режимларни олишга имкон берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 20 та илмий иш, жумладан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси тавсия этган илмий нашрларда 1 та мақола чоп этилган, шунингдек ЎзР Интеллектуал мулк агентлигидан ихтиролар учун 2 та патент олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса ва иловалардан иборат. Диссертация материаллари 118 бетни ташкил этади.

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 натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “Газлар оқимларининг параметрларини назорат қилувчи гибрид ўзгартиргичларнинг замонавий ҳолати ва ривожланиш тенденциялари” деб номланган биринчи бобида флюгерлар учун бурчакли силжиш, газларнинг тезлиги ва иссиқлиги ўзгартиргичларини қуриш

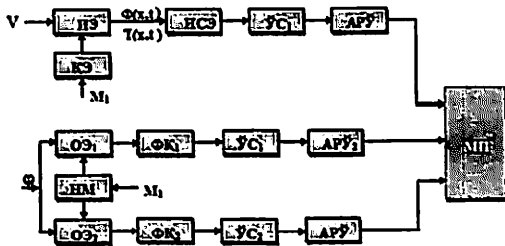
тамойиллари тахлили ҳамда газ оқимларининг гибрид ўзгартиргичлари ривожланишининг умумий масалалари кўриб чиқилган. Толали ёруғлик ўтказгичлар асосида тайёрланган бурчак силжишнинг оптоэлектрон датчиги ва бурчак силжишнинг оптоэлектрон функционал ўзгартиргичларини ишлаш тамойиллари ва конструкциялари келтирилган.

Ишда тузилиш тамойиллари, қўлланилиш соҳалари, иш режимлари, конструктив хусусиятлари, функционал имкониятлари, замонвий микропроцессорли воситалар билан ишлашга қулайлиги ўрганилган ҳолда босимлар фарқи ўзгарувчан ва ўзгармас газ оқимларининг тезлик ва сарф ўзгартиргичлари, турбинали (механик-оптик), иссиқлик ўзгартиргичлари, колориметрик, иссиқликли чегаравий қатлам ва термоанемометрик, гидродинамик ўзгартиргичлар кўриб чиқилган. Шунингдек, оқим тезлигини аниқлаш учун анемометрларнинг механик, парракли, иссиқлик, оптик, ультратовушли турлари ҳам кўриб чиқилган. Газ сарфи ва тезлигининг турбинали ўзгартиргичларининг камчиликларига: миқдор ҳисоблагичларнинг конструкциялари, уларда ҳаракатчан элемент (турбина ротори)ни, шунингдек, сирғалувчи ва контактловчи элементларнинг мавжудлиги киради, чунки бундай элементлар ўзгартиргичнинг ишончилигини пасайтиради. Босимлар фарқи ўзгармас сарф ўлчагичлар (ротаметрлар)да босим йўқотилишининг катталиги, ностационар оқимларда қўллаб бўлмаслиги, уларни фақат вертикал ишчи ҳолатида ўрнатилиши, кўрсаткичларнинг суюқлик ва газ оқимлари қовушқоқлигига боғлиқлиги ҳисобига аниқлик пасаяди. Иссиқлик ўзгартиргичларининг камчиликлари – сарф ўлчагичлар элементларининг иссиқлик инерционлиги ва статик тавсифларнинг ночизиклиги ҳисобига динамик хатолик юзага келиши ҳисобланади. Термоанемометрик турдаги ўзгартиргичларнинг камчилигига газ оқимларининг йўналишини аниқлаш имкониятининг йўқлиги киради. Газ оқимларининг тезлиги ва сарфини гидродинамик ўзгартиргичлари камчилиги эса натижаларни назорат қилинаётган газ оқимларининг зичлиги, қовушқоқлиги, иссиқлик ўтказувчанлиги ва электр ўтказувчанлигига боғлиқлиги ҳисобланади.

Диссертациянинг «Газ оқимлар параметрларининг гибрид ўзгартиргичлари иссиқлик ва фотоқаршиликли элементларининг математик моделлари» номли иккинчи бобида иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичларнинг физик ва математик моделлари ҳамда тажрибавий тадқиқот натижалари кўриб чиқилган.

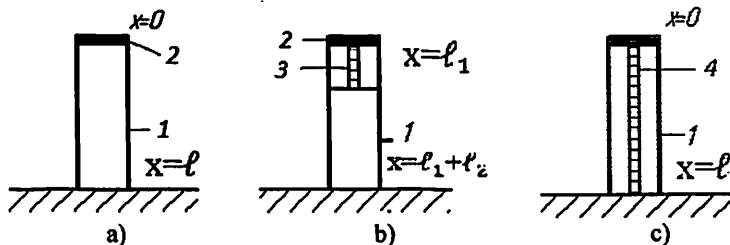
Газ оқими тезлигининг иссиқлик ўзгартиргичлари математик моделларини қуриш учун уларнинг физик моделлари вариантлари 2-расмда келтирилган.

Тезликнинг иссиқлик ўзгартиргичлари математик моделларини яратиш масалаларини ечишда уларнинг иссиқлик системаларини кириш ва чиқиш катталиклари сифатида ҳарорат T ва иссиқлик оқими Φ ишлатиладиган тўрт кутбли сифатида қараш мақсадга мувофиқ деб ҳисобланган.



1-расм. Газ оқимларининг тезлик ва йўналишини гибрид ўзгартиргичларини умумлашган функционал схемаси.

V – газ оқимининг тезлиги; φ – оқим йўналишининг бурилиш бурчагини иссиқлик ўзгартиргичи; ҚЭ – қиздирувчи элемент; НМ – нурланиш манбаи; ИЭ – иссиқлик элементи; ИСЭ – иссиқлик сезувчи элемент; ОЭ₁, ОЭ₂ – оптик экранлар; ФК₁, ФК₂ – фотоқаршиликлар, МЭ₁, МЭ₂ – кучланиш манбалари; ЎС₁, ЎС₂, ЎС₃ – ўлчаш схемалари; АРЎ₁, АРЎ₂, АРЎ₃ – аналог-рақамли ўзгартиргичлар; МП – микропроцессор.



2-расм. Шамол (газ оқими)нинг тезлигини иссиқлик ўзгартиргичларининг физик моделлари:

1 – иссиқлик ўтказгич; 2 – мужассамлашган қиздирувчи элемент; 3 – иссиқлик ўтказгичнинг чегараланган соҳасидаги тақсимланган қиздирувчи элемент; 4 – иссиқлик ўтказгичнинг узунлиги бўйича тақсимланган қиздирувчи элемент.

Иссиқлик ўтказгич 1 нинг боши ($x=0$) да ҳароратни $T_{1(o,p)}$ ва иссиқлик оқимини $\Phi_1(o,p)$ билан, охири ($x=l$) да ҳароратни $T_{2(l,p)}$ ва иссиқлик оқимини $\Phi_2(l,p)$ билан белгилаймиз:

$$\begin{aligned} T_{1(o,p)} &= AT_{2(l,p)} + B\Phi_{2(l,p)}, \\ \Phi_{1(o,p)} &= CT_{2(l,p)} + D\Phi_{2(l,p)}, \end{aligned} \quad (1)$$

бу ерда A, B, C, D – матрица кўринишидаги иссиқлик тўрт кутблиси параметрлари:

$$\begin{vmatrix} T_{1(\sigma,p)} \\ \Phi_{1(\sigma,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_{2(\ell,p)} \\ \Phi_{2(\ell,p)} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Иссиқлик ўтказгич бўйлаб ҳарорат $T_{(x,p)}$ ва иссиқлик оқими $\Phi_{(x,p)}$ нинг тақсимланишини аниқлаш учун ифода қуйидаги кўринишни олади:

$$\begin{vmatrix} T_{(x,p)} \\ \Phi_{(x,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{(x,p)} & B_{(x,p)} \\ C_{(x,p)} & D_{(x,p)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_{1(\sigma,p)} \\ \Phi_{1(\sigma,p)} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

ифодадан фойдаланиб, иссиқлик тўрт кутблсининг параметрларини қуйидаги ифодалардан аниқлашимиз мумкин:

$$A_{(x,p)} = ch[\gamma(p), x], \quad (4)$$

$$B_{(x,p)} = -z(p)sh[\gamma(p), x], \quad (5)$$

$$C_{(x,p)} = -\frac{1}{z(p)}sh[\gamma(p), x], \quad (6)$$

$$D_{(x,p)} = ch[\gamma(p), x]. \quad (7)$$

(4), (5), (6) ва (7) ифодалардаги $\gamma(p)$ ва $z(p)$ лар қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$\gamma(p) = \sqrt{r(cp + g)},$$

$$z(p) = \sqrt{\frac{r}{(cp + g)}},$$

бу ерда $g = \alpha \pi d$ – иссиқлик ўтказгичининг узунлик бирлигига тўғриланувчи солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги; $-\alpha$ иссиқлик ўтказгич 1 дан иссиқликни ажралиш коэффициенти; $\pi = 3,14$; d – иссиқлик ўтказгичи 1 нинг диаметри; $r = \frac{1}{\lambda F}$ иссиқлик ўтказгич 1 нинг узунлик бирлигига тўғри келувчи солиштирма иссиқлик қаршилиги; λ иссиқлик ўтказгич 1 материалининг иссиқлик ўтказувчанлиги; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ иссиқлик ўтказгичи 1 нинг кесим юзаси; $C = \rho C_p F$ иссиқлик ўтказгич 1 нинг узунлик бирлигига мос келувчи солиштирма иссиқлик сўғими; ρ – иссиқлик ўтказгич 1 материалининг зичлиги; C_p – иссиқлик ўтказгичи 1 материалининг солиштирма иссиқлик сўғими; p – Лаплас оператори.

Содаллаштириш мақсадида параметрлар g , r ва c тенг тақсимланган ($g = const$, $r = const$ ва $c = const$) ҳамда матрицали тенглама (3) қуйидаги кўринишга эга деб ҳисобланади:

$$\begin{vmatrix} T_{(x,p)} \\ \Phi_{(x,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ch[\gamma(p)x] & -z(p)sh[\gamma(p)x] \\ -\frac{1}{z(p)}sh[\gamma(p)x] & ch[\gamma(p)x] \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \theta_{1(\sigma,p)} \\ \Phi_{1(\sigma,p)} \end{vmatrix},$$

(4) тенгламадан қуйидагиларни аниқлаймиз:

$$T_{(x,p)} = T_{l(o,p)} \operatorname{ch}[\gamma(p)x] - \Phi_{l(o,p)} z(p) \operatorname{sh}[\gamma(p)x],$$

$$\Phi_{(x,p)} = -\frac{T_{l(o,p)}}{z(p)} \operatorname{sh}[\gamma(p)x] + \Phi_{l(o,p)} \operatorname{ch}[\gamma(p)x].$$

2-расмда келтирилган иссиқлик занжири варианты (b) учун (3) тенглама асосида 3-соҳа учун ҳарорат тенгламаси келтирилган:

$$T_1(x) = T_1(0) \operatorname{ch}\gamma x + \frac{q}{g} (\ell - \operatorname{ch}\gamma x) = \left[\bar{T}_1(0) - \frac{q}{g} \right] \operatorname{ch}\gamma x + \frac{q}{g},$$

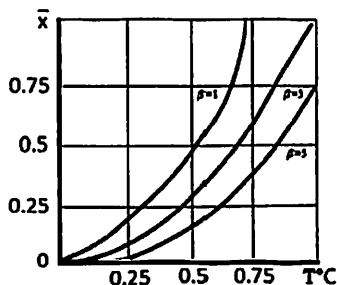
$$T_2(x) = T_2(\ell) \operatorname{ch}\gamma_2 x - z_2 \Phi_2(\ell_2) \operatorname{sh}\gamma_2 x = T_2(\ell_1) e^{-\gamma(\rho)x},$$

2-расмда келтирилган иссиқлик занжири варианты (c) учун (3) тенглама асосида ҳарорат тенгламаси қуйидагича шаклни олади.

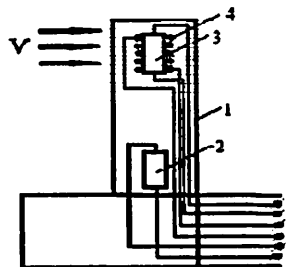
$$T(x) = T(0) \operatorname{ch}\gamma x - \Phi(0) z \operatorname{ch}\gamma x + q(1 - \operatorname{ch}\gamma x) / g.$$

3-расмда диаметри $d=4.10^{-3}$ м бўлган мис трубкадан тайёрланган иссиқлик ўтказгичнинг узунлиги бўйлаб ҳароратнинг тақсимланиш графиклари келтирилган.

Ҳисоблаш ва тажриба маълумотларини солиштириш (5-расм) натижасида уларнинг бир-бирига яқинлиги яхши эканлигини кўрсатди, бу эса ўз навбатида математик моделларни тузиш ва ҳисоблаш услубийтларининг тўғрилигини тасдиқлади (6-расм).



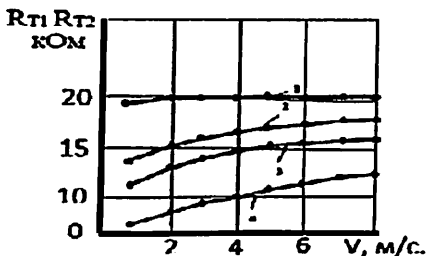
3-расм. Иссиқлик ўтказгичнинг узунлиги бўйлаб $T(x)$ ни тақсимланиш графиклари.



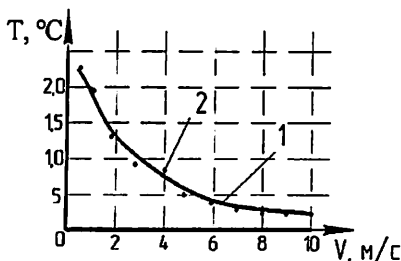
4-расм. Оқим тезлигининг иссиқлик ўзгартиргичи параметрлари учун тажриба қурилмаси:

4-расмда ММТ-1 турдаги диаметри $d=8.10^{-3}$ м бўлган шиша трубкали термоанемометрик ўтказгичнинг тажрибавий схемаси келтирилган.

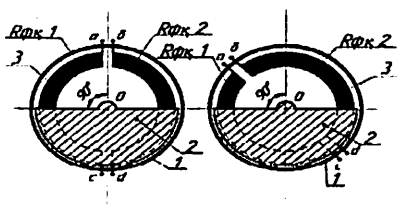
Очиқ оқимларнинг иссиқлик ўзгартиргичларини тажрибавий қурилмасида флюгернинг бурилиш стержени кўзгалмас ҳалқасимон нурланиш манбаи билан қамраб олинган бўлиб, нурланиш манбаи 90° га силжиган ҳалқага бириктирилган кўзгалмас юқори ва қуйи ярим ўтказгичли фотоқаршиликлар орасида жойлашган.



5-расм. R_{T1} ва R_{T2} термоқаршилиқларнинг ҳаво оқимининг тезлиги V га боғлиқлик графиги.



6-расм. Ҳароратлар фарқини ҳаво оқими тезлиги V га боғлиқлиги графиги; 1 – ҳисоблаш натижалари; 2 – тажриба натижалари.



7-расм. Ярим ҳалқали $R_{\Phi K1}$ ва $R_{\Phi K2}$ фотоқаршилиқлар конструкциялари: 1 – диэлектрик асос; 2 – тармоқли кўзгалмас экран; 3 – бурилиш хусусиятига эга бўлган ярим ҳалқали $R_{\Phi 1}$ ва $R_{\Phi 2}$ фотоқаршилиқлар.

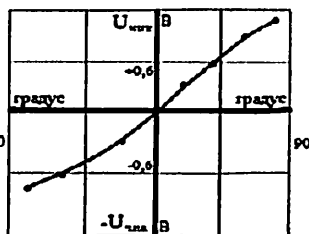
Бурилиш бурчаги $\phi_0 = 0$ бўлган бошланғич ҳолатда ярим ҳалқали фотоқаршилиқлар $R_{\Phi 1}$ ва $R_{\Phi 2}$ (7-расм) оптик экран билан бир хилда ёруғлик ва соя билан таъминланади, шунинг учун кўприк схеманинг чиқишидаги умумий кучланиш $U_{ум} = 0$ бўлади ва ёруғликдаги қаршилиқ $r_{\text{фр}}$ ва соядаги қаршилиқ $r_{\text{со}}$ бўйича бурилиш бурчагига кўра солиштирма бирликка келтирилган:

$$r_{\text{фр}} = \frac{R_{\text{фр}}}{180}, \quad r_{\text{со}} = \frac{R_{\text{со}}}{180}.$$

Бурилиш бурчагининг бошланғич ҳолати $\phi_0 = 0$ да:

$$R_{\Phi K1} = r_{\text{фр}} \cdot 90 + r_{\text{со}} \cdot 90, \quad R_{\Phi K2} = r_{\text{со}} \cdot 90 + r_{\text{фр}} \cdot 90$$

Ўзгартиргич соат стрелкаси бўйлаб ϕ_0 бурчакка бурилганда, $R_{\Phi 1}$ фотоқаршилиқ оптик экран таъсирида чиқади ва унинг ёритилиш майдони ошади, $R_{\Phi 2}$ да эса камади:



8-расм. Очiq газ оқимлари параметрларининг гибрид ўзгартиргичи таркибига кирувчи ярим ҳалқали фотоқаршилиқларнинг тажрибавий тадқиқоти натижалари.

$$\Delta R_{\Phi K1} = \varphi_{\delta}(r_{ep} - r_{coa}), \quad \Delta R_{\Phi K2} = \varphi_{\delta}(r_{coa} - r_{ep}).$$

$R_{\Phi K1}$ ва $R_{\Phi K2}$ кўприкли схемага улангани учун чиқишидаги кучланиш қуйидаги ифодага келади:

$$U_{чик} = U_M \frac{2 \cdot K \cdot \varphi(r_{ep} - r_{coa})}{(K+1)^2 (r_{coa} - r_{ep}) 90},$$

бу ерда $K=R_1/R_2=R_3/R_4$ бўлувчи ёки кўприкли ўлчаш схемаларини мувозанатлаштириш коэффициентини очик газ оқимлари параметрларининг гибрид ўзгартиргичлари таркибига кирувчи ярим ҳалқали фотоқаршиликларни тажрибавий тадқиқ қилиш натижалари 8-расмда келтирилган.

Диссертациянинг “Газ оқимлари гибрид ўзгартиргичларининг иссиқлик ва оптоэлектрон элементларини асосий тавсифлари” деб номланган учинчи бобида газ оқимларининг иссиқлик ва оптоэлектрон ўзгартиргичларини статик ва динамик тавсифлари кўриб чиқилган, газ оқимларининг иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичларининг хатоликлари таҳлили ва ишончлилигини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган.

Сезгир элемент сифатида бўлувчи ёки кўприк схемаларга уланган қаршилиқ термометрлари олинган бўлиб, уларнинг чиқиши операциян кучайтиргич киришига уланган.

Бўлувчи схемага ИЭ уланганда чиқиш кучланиши:

$$U_{чик} = U_M \frac{K}{(K+1)^2} \frac{(E_1 + E_2)}{(K+1 + KE_1 - E_2)}.$$

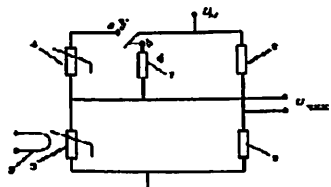
$K \approx 1$ ва $E_1 < 1$, $E_2 < 1$ учун қуйидаги ифода олинган:

$$U_{чик} = U_{ис} 0,25(E_1 + E_2).$$

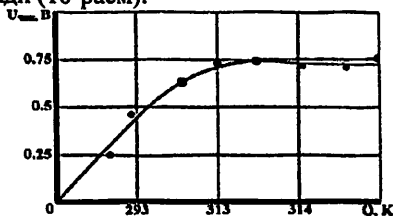
Тўртта термоўзгартиргич элементли кўприк схемадан фойдаланилганда:

$$U_{чик} = U_{ис} \frac{K}{(K+1)^2} (E_1 + E_2 + E_3 + E_4).$$

Термоанемометрик турдаги иссиқлик ўзгартиргичи (9-расм) (ТТИЎ)нинг ўлчаш схемасига мувофиқ газ сарфини назорат қилишда қайта улагич У “а” ҳолатда турганда, чиқиш кучланиши $U_{чик}$ эса сарф G ҳақида ахборот беради. Қайта улагич “б” ҳолатда бўлганда чиқиш кучланиши оқимнинг ҳарорати ҳақида ахборот беради (10-расм).



9-расм. Газ оқимининг тезлиги ва ҳароратини назорат қилувчи ўлчаш схемаси.



10-расм. Ҳароратни газ оқимининг тезлигига боғлиқлик графиги.

Иссиклик ўтказгич асосидаги иссиқлик ўзгартиргичнинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга:

$$W_1(p) = \frac{\theta(o, p)}{\theta(t, p)} = \frac{K_1}{T_1 p + t},$$

$$K_1 = \frac{2}{2 + \frac{\alpha \pi d}{\lambda F}} t^2, \quad T_1 = \frac{1}{\frac{2 \lambda F}{C_p P F t^2} + \frac{\alpha \pi d}{C_p P F}}.$$

Узун ($l/d > 1$) иссиқлик ўтказгичли ўзгартиргич учун вақт доимийсини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$T_1 = \frac{C_p P F}{\alpha \pi d}$$

Кўшимча қиздирувчи элементсиз ярим ўтказгичли қаршилиқ термометрли иссиқлик ўзгартиргичи учун узатиш функцияси қуйидагича ифодаланadi:

$$W_1(p) = \frac{\theta(0, p)}{q(p)} = \frac{1}{\operatorname{ch} \left[\sqrt{(C_p P_p + \alpha \pi d)} \frac{1}{\lambda F} \right] l},$$

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1},$$

$$K_1 = \frac{2}{2 + \frac{\alpha \pi d}{\lambda F}} t^2, \quad T_1 = \frac{1}{\frac{2 \lambda F}{C_p P F t^2} + \frac{\alpha \pi d}{C_p P F}}.$$

Бурчак силжишли оптоэлектрон ўзгартиргичнинг узатиш функцияси кириш катталиги ва ўзгартиргич элементини вақт ўтиши билан ўзгарганда чиқиш катталигининг ўзгаришига кўра аниқланади:

$$W_{\text{оэв}}(p) = W_{\text{нк}}(p) * W_{\text{нм}}(p) * W_{\text{yc}}(p).$$

ФСК-6 туридаги ҳалқали фотоқаршилиқнинг параметрлари қуйидагича аниқланади:

$$W_{\text{нк}} = \frac{R_{\text{нк}}}{C_{\text{нк}} R_{\text{нк}} P + 1}.$$

Схема тариқибига кирувчи бошқа элементларнинг инерцияси мавжуд бўлмаганида:

$$R_{\text{нк}}(\tau) = R_{\text{нк}} + \Delta R * \sin \omega \tau.$$

Юқоридаги ифодага асосланиб қуйидаги ифодаларни ёзиш мумкин:

$$C_{\text{нк}} R_{\text{нк}} \frac{dI_{\text{нк}}}{dt} + I_{\text{нк}} = K (I_{\text{нк}} + \Delta I_{\text{нк}} * \sin \omega \tau),$$

$$I_{\text{нк}}(\tau) = I_{\text{нк}} + \frac{\Delta I_{\text{нк}}}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}} * \sin(\omega \tau - \varphi). \quad (8)$$

(8) ифодадан кўриниб турибдики, нурланиш манбаининг инерцияси ҳисобига ҳалқали фотоқаршилиқ оғиш бурчагининг тебраниши натижасида чиқиш токи $\Delta I_{\text{нк}}$ амплитудаси $\sqrt{1 + T^2 \omega^2}$ қийматга камайиши ва фаза бўйича ω га силжиши келиб чиқади.

Термоанемометрик турдаги иссиқлик ўзгартиргичининг ишончилигини таҳлил қилишда сезгирлик S нинг эҳтимоллиги $P(S)$ мумкин бўлган чегарада ётади ва у қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$P(S) = \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} \int_{S-\Delta S}^{S+\Delta S} e^{-\frac{(S-\Delta S)}{2\sigma_S^2}} ds = \Phi(S_2) - \Phi(S_1),$$

$$S = f(P_{\text{ТОН}}, U_M, K_M, \alpha_{\text{ОН}}).$$

$$\sigma_S^2 = \sigma_{P_{\text{ТОН}}}^2 + \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_{P_{\text{ТОН}}}} \right)_{P_{\text{ТОН}}=P_{\text{ТОН}}}^2 + \sigma_{U_M}^2 + \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_{U_M}} \right)_{U_M=U_M}^2 + \sigma_K^2 \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_K} \right)_{K=K_s}^2 + \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_{\alpha_0}} \right)_{\alpha_0=\Delta\alpha_0}^2.$$

Термоанемометрик турдаги иссиқлик ўзгартиргичининг тўла ишончилиги:

$$P_{\text{ТК}} = P_{\text{ХАЛ}} \cdot P_{\text{ПАР}} = 0,9989 \cdot 0,9611 = 0,96.$$

Оптоэлектрон ўзгартиргичининг тўла ишончилиги:

$$P_{\text{ФК}} = P_{\text{ХАЛ}} \cdot P_{\text{ПАР}} = 0,9989 \cdot 0,9711 = 0,97.$$

Бир вақтнинг ўзида аддитив ва мультипликатив ташкил этувчилар бўлганда хатолик қуйидаги ифодадан аниқланади: $\Delta P = 2\Delta 0 + 2\gamma_{\text{КХ}}$.

Термоанемометрик турдаги иссиқлик ўзгартиргичининг аниқлиги қуйидаги нисбатдан аниқланган: $A = \frac{x}{d} = \frac{x}{2\Delta_a} = \frac{1}{2\gamma}$, бу ерда x – назорат қилинаётган катталиқнинг жорий қиймати; d – x қийматига мос келувчи ноаниқлик соҳаси; Δ_a – энтропияли мутлақ хатолик; γ – энтропияли нисбий хатолик.

Иссиқликни сезувчи элемент хатолиги тақсимланиш қонунининг энтропияли коэффиценти $K_{\text{ИСЭ}} = 2,07$ бўлган меъёрий деб қабул қилинган.

Бундан ўртача квадратик оғиш: $\sigma_{\text{ИС}} = \frac{\gamma_{\text{ИС}}}{K_{\text{ИС}}} = \frac{0,2}{2,07} = 0,097\%$.

Ўлчаш схемаси учун: $\sigma_{\text{КС}} = \frac{0,1}{2,07} = 0,048\%$.

Асбобнинг аддитив хатолиги қуйидагини ташкил этади:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{ИС}}^2 + \sigma_{\text{КС}}^2 + \sigma_{\text{ПС}}^2} = \sqrt{0,097^2 + 0,048^2 + 0,21^2} = 0,236\%.$$

Асбоб шкаласининг охиридаги хатоликнинг энтропияли қийматлари қуйидагича аниқланган:

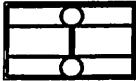
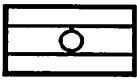

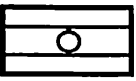

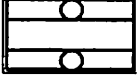

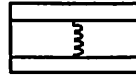

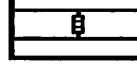
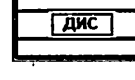
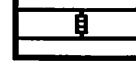
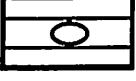
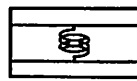
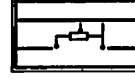

$$\text{ТТИЎ учун} \quad \gamma_{\text{К}} = K_{\text{К}} \cdot \sigma_{\text{К}} = 2,07 \cdot 0,38 = 0,79\%,$$

$$\text{ОЭЎ учун} \quad \gamma_{\text{К}} = K_{\text{К}} \cdot \sigma_{\text{К}} = 2,07 \cdot 0,37 = 0,76\%.$$

Диссертациянинг «Газ оқимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун гибрид ўзгартиргичларни лойиҳалаш ва уларнинг амалий қўлланилиши» номли тўртинчи бобда гибрид ўзгартиргичларнинг оптимал структураларини танлашнинг икки босқичда ўзгартиргичнинг оптимал структураларини танлаш ҳамда оптимал параметрларини танлашдан

иборат бўлган услубияти келтирилган. Структураларни қидириш ва танлашнинг автоматлаштирилган системаси (СТКС) ишлаб чиқилган бўлиб, элементларнинг вариантлари тўпламини яратиш ва ушбу тўпландан сезгирлик, нарх, ишончлилик, хатолик, ночизиклилик, кириш бўйича диапазони, қувватни йўқотилиши, тезкорлик, тежамкорлик ва вазн каби мезонлар бўйича ўзгартиргичларнинг оптимал структураларини танлаш имконини беради. ТТИЎ элементларининг морфологик тузилиши 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Иссиқлик ўтказгичнинг шакли	Иссиқликни сезувчи элементнинг шакли	Ўлчаш схемаларининг турлари	Иссиқлик манбаининг шакли
1.1 	2.1 	3.1 	4.1 
1.2 	2.2 	3.2 	4.2 
1.3 	2.3 	3.3 	4.3 
1.4 	2.4 	3.4 	4.4 

Оптимал параметрик лойиҳалашда умумий ҳолда ТТИЎ нинг параметрлари ҳисобланган оптимал $D_{0\text{opt}}, D_{1\text{opt}}, P_{1\text{opt}}, P_{2\text{opt}}, L_{1\text{opt}}$ лар топилиши талаб этилади.

$$\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, \dots, a_n\}.$$

Оптималлик мезони $I(\bar{a})$ нинг оптимал қийматлари: $I(\bar{a}) = \text{opt } I(\bar{a}), \bar{a} \in D\bar{a}$, бу ерда $\text{opt } I(\bar{a}) - I(\bar{a})$ нинг оптимал қиймати; $D\bar{a}$ – мумкин бўлган ечимлар соҳаси; баъзида қидириш соҳаси Π ни қуйидагича белгилаш мумкин:

$$\Pi\{\bar{a} : b_i \leq a_i \leq c_i, i = \overline{1, n}\}$$

бу ерда b ва $c - a$ нингминимал ва максимал қийматлари.

Сезгирлик ва статик тавсифларнинг чизиклилиги мезонлари бўйича асбобларни лойиҳалашда параметрларнинг оптимал вектори $\bar{a}(\bar{y}) \in D\bar{a}$ топилади:

$$I[\bar{a}(\bar{y})] = \text{opt } I[\bar{a}(\bar{y})X_{\text{нр}}],$$

$$D\bar{a} = \{\bar{a} : b_i \leq a_i \leq c_i, a_i \geq 0, i = \overline{1, n}\}.$$

Статик тавсифларнинг чизиклигини ошириш учун ўзгартиргичларнинг чизикли боғланган реал тавсифларини силликлантиришдан фойдаланилган: $U_{\text{чек}} = AX_{\text{ксп}} + B$.

Функциялар яқинлигининг квадратли интеграл мезонидан фойдаланиб, қуйидаги ифодалар олинган:

$$\text{Мин} I = \int_{X_{\text{кспмин}}}^{X_{\text{кспмакс}}} \{U_{\text{чек}}(X_{\text{ксп}}) - A * X_{\text{ксп}} - B\} dX_{\text{ксп}},$$

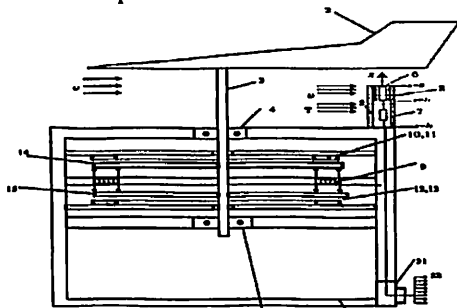
$$\text{Мин} I = \int_{X_{\text{кспмин}}}^{X_{\text{кспмакс}}} \{f(X_{\text{ксп}}, \bar{a}(\bar{y})) - A * X_{\text{ксп}} - B\} dX_{\text{ксп}}.$$

Масаланинг ечими қуйидаги натижага олиб келди:

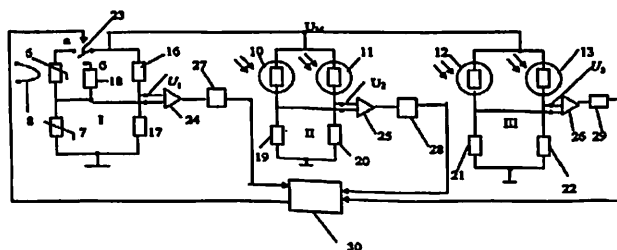
$$A = A[X_{\text{ксп}}, \bar{a}(\bar{y})]; B = B[X_{\text{ксп}}, \bar{a}(\bar{y})], \bar{a} \in D\bar{a}.$$

Сезгирликни ошириш масалаларини ечиш учун $\text{Max} A[X_{\text{ксп}}, \bar{a}]$, $X_{\text{ксп}} \in X_{\text{кспмин}} * X_{\text{кспмакс}}$ ни таъминлайдиган $a(y) = \bar{a}(y)$ векторнинг оптимал қийматини аниқлаймиз.

11-расмда газ оқими тезлиги ва йўналишини ўлчовчи гибрид ўзгартиргичнинг конструктив тузилиши келтирилган, 12-расмда қурилманинг ўлчаш схемаси берилган.



11-расм. Газ оқими тезлиги ва йўналишини ўлчовчи гибрид ўзгартиргичнинг конструктив тузилиши.



12-расм. Қурилманинг уч кўприкли ўлчаш схемаси.

ХУЛОСА

Диссертация ишида газ оқимлари параметрларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш асосида қуйидаги илмий натижалар олинган:

1. Очик ва ёпиқ ўтказиш қувурларидаги газ оқимларининг турли параметрларини назорат қилиш учун термоанемометрик ва фотоқаршиликли элементлар асосида гибрид ўзгартиргичларни ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилишнинг зарурлиги асосланган бўлиб, ўзгартиргичларнинг қурилиш тамойилларини таҳлил қилиш, асосий элементлари бўйича уларни тизимлаштириш, шунингдек газ оқимларининг параметрларини назорат қилиш учун янги ўзгартиргичларни яратишда улардан фойдаланиш имконини беради.

2. Иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичларнинг статик, динамик, сезgirлик, ночизиқлилик ва ўзгартириш диапазони каби асосий тавсифлари тадқиқ қилинган. Иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичлар хатоликларининг ҳисоби ва таҳлили ўтказилган бўлиб, Δ , энтропияли хатолик 1 % дан ошмаслиги кўрсатилган.

3. Стерженли иссиқлик ўтказгичлар тадқиқ қилинган бўлиб, иссиқликли тўрткүтбллар назариясидан фойдаланиб, газ оқимларининг турли тезликларида ҳарорат ва иссиқлик оқимларининг тақсимланиш омилларини боғловчи тенгламалардан математик моделлар тузилган. Тажрибавий тадқиқотлар ишлаб чиқилган математик моделларнинг монандлигини кўрсатади, чунки назарий ва тажрибавий тадқиқот натижалари ўртасидаги фарқ 8-10 % дан ошмайди.

4. Гибрид ўзгартиргичларнинг элементлари конструкциялари ва ўлчаш схемалари тадқиқ қилинган бўлиб, термоанемометрик турдаги иссиқлик ўзгартиргичларининг динамик тавсифларини таҳлил қилиш имконини беради.

5. Иссиқлик ва фотоқаршиликли ўзгартиргичларни структуравий-параметрик лойиҳалаш усуллари ишлаб чиқилган. Гибрид ўзгартиргичларнинг оптимал структураларини танлаш учун асосий элементларнинг морфологик жадвали ва параметрик лойиҳалаш услубияти тақлиф этилган бўлиб, сезgirлик, чизиқлилик ва тезкорлик мезонлари бўйича ушбу синфдаги ўзгартиргичларнинг статик ва динамик тавсифларини оптималлаштириш имконини беради.

6. Иссиқлик ва фотоқаршиликли элементлар асосидаги гибрид ўзгартиргичларнинг ишлаб чиқилган математик моделлари, ўзгартиргичларни лойиҳалаш ва ҳисоблаш усуллари газ оқимларининг параметрларини кўп параметрли гибрид ўзгартиргичларини яратиш имконини беради. Ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар асосида очик ва ёпиқ ўтказиш қувурли оқимлар учун микропроцессорли гибрид ўзгартиргичлар мажмуаси ишлаб чиқилган бўлиб, “Фотон” АЖ ҳамда “Наклгазмахусуқурилиш” АЖ нинг “Олтин водий” Фарғона филиали ишлаб чиқаришларида жорий этилган.

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

**ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

РАЙИМДЖОНОВА ОДИНАХОН СОДИКОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ПАРАМЕТРОВ ПОТОКОВ ГАЗОВ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И
УПРАВЛЕНИЯ**

05.03.01 – Приборы. Методы измерения и контроля (по отраслям)

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

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2017.3.PhD/Г315.

Диссертация выполнена в Ферганском филиале Ташкентского университета информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице www.tdtu.uz и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:

Шипулин Юрий Геннадьевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Сиддиқов Илхомжон Хакимович
доктор технических наук, профессор

Улжаев Эркинжон
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Навоийский государственный горный институт

Защита диссертации состоится 27 04 2019 г. в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел.: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано №25 Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел./факс: (+99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан 12 04 2019 года.

(реестр протокола рассылки № 3 от 16 03 2019 года).



Н.Р.Юсупбеков

Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,

доктор технических наук, профессор, академик

У.Ф.Мамиров

учёный секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,

доктор философии (PhD) по техническим наукам

Х.З.Игамбердиев

Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней,

доктор технических наук, профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире для развития таких важных отраслей промышленности, тепло и ветроэнергетика, строительство высотных зданий, металлургия, нефтегазовые, текстильная промышленность, пищевое производство и агропромышленные комплексы требуется уделять важное значения решению проблемы мониторинга параметров внешней среды. В связи с этим, важное значение имеет контроль задымленности, загрязнения окружающей среды и производственных помещений, а также на объектах транспортных туннелей и горно-рудных шахтах и др. В месте с этим разработка системы контроля и управления вентиляцией и кондиционированием являются важными задачами.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на получение точных сведений о различных параметрах и свойствах контролируемых объектов, а также на разработку систем контроля и управления состоянием технических агрегатов, работающих в сложных климатических и агрессивных условиях. Одним из основных требований, предъявляемым к измерительным средствам, является обеспечение единства измерений, в связи с этим особое значение уделяется совершенствованию преобразователей параметров потоков газов и жидкостей. Одновременно для управления и контроля параметрами газовых потоков необходимо использовать преобразователи с широкими функциональными возможностями, высокой надежностью, точностью, быстродействием и отвечающим жестким требованиям, предъявляемым со стороны технологических объектов к их метрологическим характеристикам.

В Республике осуществляются внедрению инновационных технологий в промышленность, реализации высокоэффективных систем контроля и управления качеством продукции с применением современных технических средств-микропроцессоров. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республика Узбекистан в 2017-2021 гг. отмечены задачи, а именно: «создание новых мощностей по производству электрической энергии и модернизация существующих, ...сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, внедрение в систему управления информационно-коммуникационных технологий¹. Для реализации этих злободневных задач контроля параметров потока воздуха и газов, внешней среды и состояния техногенных объектов весьма перспективны гибридные преобразователи на основе оптоэлектронных и тепловых элементов, установленных в виде прибора на одной несущей конструкции. В связи с этим разработка гибридных преобразователей параметров потоков газов на основе оптоэлектронных и тепловых элементов отличается особой актуальностью.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан "О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан" ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-4947 “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан” от 7 февраля 2017 года и Постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-3682 “О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов” от 27 апреля 2018 года, а также других нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан по программам: IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. По результатам мировых исследований тепловыми преобразователями параметров потоков газов и жидкостей. Большой вклад в совершенствование гибридных преобразователей контроля параметров потоков газов внесли зарубежные ученые Р.Арей, Д.З.Беляев, В.И.Данилов, Ж.Н.Зауб, П.А.Коротков, А.М.Кудрин, А.Ф.Романченко, Г.А.Соколов, а также отечественные ученые А.А.Азимов, Р.К.Азимов, П.Р.Исматуллаев, М.А.Максудов, Ю.Г.Шипулин и др.

Весомый вклад внесли республиканские и зарубежные ученые П.Р.Исматуллаев, А.А.Азимов, А.Ф.Романченко, Д.З.Беляев, П.А.Коротков, Ю.Г.Шипулин по созданию новых преобразователей потоков газа, а также развитие теории и методов их проектирования.

Наряду с тем, известные проведенные научные исследования на сложных технологических объектах к которым относятся открытые и закрытые трубопроводы, компрессоры и газоперекачивающие установки показывает, что для для котроля и управления параметрами газов и жидкостей не достаточно изучены и исследованы, а также не разработаны метрологические характеристики и алгоритмы гибридных тепловых и оптоэлектронных преобразователей на основе волоконных и полых световодов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках следующих научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета и Ферганского филиала Ташкентского университета информационных технологий: №ИД-5-1 «Разработка и внедрение интеллектуальных программируемых

микропроцессорных систем для измерения, контроля и управления уровнем газовых конденсатов, жидкостей и сыпучих материалов в технологических установках и агрегатах» (2005-2006); №ИОД-4-1 «Разработка, испытание и внедрение микропроцессорной переносной испытательной установки для расходомеров-счетчиков жидкости» (2012-2014); №Ф-4-57 «Разработка теоретических основ и принципов построения интеллектуальных оптоэлектронных информационно-управляющих систем на основе волоконных и полых световодов» (2012-2016).

Целью исследования является разработка методов и алгоритмов совершенствования гибридных преобразователей на основе оптоэлектронных и тепловых элементов для контроля и управления параметрами газовых потоков.

Задачи исследования:

разработка систем контроля и методов преобразования параметров потоков газов на основе гибридных преобразователей с оптоэлектронными и тепловыми элементами;

разработка рационального математического аппарата, включающего в себя алгоритмы, модели и методы исследования законов распределения оптических и тепловых параметров в световодах и теплопроводах размещенных в единых конструкциях гибридных преобразователей с целью получения исходных величин и параметров для анализа и синтеза основных характеристик исследуемых преобразователей;

разработка методов расчета погрешностей и построение на этой основе классификации источников погрешностей гибридных преобразователей с оптоэлектронными и тепловыми элементами;

разработка алгоритмов и методов рационального структурно параметрического синтеза оптоэлектронных и тепловых элементов преобразователей на основе критериев линейности статических характеристик, максимальной чувствительности и точности;

разработка и внедрение конструкций гибридных устройств для систем контроля и управления параметрами потоков газов на основе оптоэлектронных и тепловых элементов.

Объектом исследования является класс гибридных преобразователей для систем контроля и управления параметрами потоков газов на основе оптоэлектронных и тепловых элементов.

Предметом исследования составляют совершенствование методов и алгоритмов гибридных преобразователей параметров потоков газов для систем контроля и управления.

Методы исследований. В диссертации использованы аналитические и экспериментальные методы, теории тепловых и оптоэлектронных измерительных преобразователей, теории моделирования и оптимизации, теории погрешностей, современной теории автоматического управления

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработаны гибридные преобразователи на основе оптоэлектронных и тепловых элементов для систем контроля и управления параметрами газовых потоков;

разработаны математические модели гибридных преобразователей параметров потоков газов;

разработаны методы расчета статические и динамические характеристики оптоэлектронных и тепловых элементов гибридных преобразователей параметров потоков газов;

разработаны алгоритмы структурного и параметрического синтеза для проектирования гибридных преобразователей параметров потоков газов;

разработаны технологических методов производства многопараметрических тепловых преобразователей термоанемометрического типа.

Практические результаты исследования разработано устройство для контроля за параметрами потоков газа параметров потоков газа в открытых и закрытых трубопроводных каналах, шахтах, туннелях и высотных производственных зданиях;

обоснованы общие принципы построения гибридных преобразователей параметров потоков газов и в результате разработаны новые конструкции преобразователей с расширенными функциональными возможностями.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается четкой математической постановкой задач, решение которых доведено до конечных результатов, имеющих практическую реализацию, разработкой системы мониторинга количественных и качественных параметров гибридных преобразователей потоков газов, а также сходимостью результатов теоретического исследования с результатами, полученными на практике при использовании многоканальных измерительных систем.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования состоит в разработке эффективных алгоритмов и конструктивных решений, позволяющих синтезировать гибридные преобразователи с высокими метрологическими характеристиками и на этой основе создавать новые измерительные устройства со встроенными микропроцессорными комплектами для систем контроля и управления параметрами потоков газов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке основ структурного и параметрического проектирования и выбором оптимальных структур гибридных преобразователей с широким применением основных элементов по критериям чувствительности, надежности и ускоренности.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по совершенствованию гибридных преобразователей параметров потоков газов для систем контроля и управления, выполнен следующий объем работ:

получен патент на устройство для измерений скорости и определения направления горизонтального ветра выданное Агентством интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ИАР 04754, 20.08.2013 г.). В результате измерение скоростью и определение направления газа в газотрубопроводе повысилась на 10%;

комплект многопараметрического преобразователя параметров газового потока внедрен в производство “Наклгазмахсускурилиш” АО филиала “Олтин водий” (Справка АО “Узнефтегаз холдинг” №ТУ-1083 от 10 декабря 2018 г.). Внедрение результатов позволяет сократить приобретение дорогостоящих импортных устройств, материальных средств, экономии электроэнергии, оптимизировать новые режимы обеспечивающие качества управления технологическими параметрами в магистральных газопроводах;

получен патент на тепловой преобразователь параметров потоков газа или жидкости выданное Агентством интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ИАР 05303, 03.10.2016 г.). В результате точность контроля параметров потоков газа повысилась на 10%.

Технологические способы изготовления многопараметрических тепловых преобразователей термоанемометрического типа внедрены в производство ОАО «Фотон» (Справка АК «Узэлтехсаноат» №02-2417 от 1 ноября 2018 г.). В результате получены новые оптимальные качественные технологические режимы, повышающие надежность при эксплуатации устройств с тепловыми преобразователями.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования были обсуждены на 5 международных и 5 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 20 научные работы, из них 1 монография, 1 научных статей в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, а также получены 2 патента на изобретения, выданные Агентством интеллектуальной собственности РУз.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, перечня условных обозначений и приложений. Материалы диссертации изложены на 118 страницах.

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 практическая значимость исследований, обоснована достоверность результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, приводятся сведения об опубликованных работах и о структуре диссертации.

В первой главе диссертации “Состояние и тенденции развития гибридных преобразователей для контроля параметров потоков газов” рассмотрены общие вопросы развития гибридных преобразователей потоков газов, выполнен анализ принципов построения тепловых преобразователей скорости газов и преобразователей угловых перемещений для флюгеров. Приведены принцип работы и конструкции: оптоэлектронного функционального преобразователя угловых перемещений; оптоэлектронного датчика угловых перемещений на основе волоконных световодов.

В работе на основе изучения принципов построения, области применения, режимов работы, конструктивных особенностей, функциональных возможностей, удобства сопряжения с современными микропроцессорными средствами рассмотрены преобразователи скорости и расхода газовых потоков постоянного и переменного перепадов давления, турбинные (механические-оптические), тепловые преобразователи, колориметрические, теплового пограничного слоя, термоанемометрические и гидродинамические преобразователи. Для определения скорости потока рассмотрены также различные типы анемометры: механические, крыльчатые, тепловые, оптические и ультразвуковые. Недостатки турбинных преобразователей контроля скорости расхода газов, особенно в конструкциях счетчиков количества: наличие подвижного элемента (ротора турбины), а также трущихся и контактирующих элементов, что снижает надежность таких преобразователей. У расходомеров постоянного перепада давления (ротаметры) точность снижается за счет больших потерь давления, неприменимости в нестационарных потоках, необходимости установки их только на вертикальное рабочее положение, зависимости параметров потоков от вязкости жидкостей и газов. Недостатки тепловых преобразователей: динамические погрешности из-за тепловой инерционности элементов расходомера и нелинейность статических характеристик. К недостаткам преобразователей термоанемометрического типа следует отнести невозможность определения направления потока газа. Недостатками гидродинамических преобразователей скорости и расхода потоков газа являются зависимость контролируемого потока газа от плотности, вязкости, теплопроводности и электропроводности. В работе показано, что измерения в открытых воздушных и газовых потоках, необходимо для использовать флюгерные (оптические) систем, с полыми и волоконными световодами имеющие широкие функциональные возможности, отвечающие большинству требованиям и предъявляющие со стороны объектов контроля и управления по точности и быстродействию.

Во второй главе «Математические модели тепловых и фоторезисторных элементов гибридных преобразователей параметров потока газов» проанализированы физические и математические модели тепловых и фоторезисторных преобразователей и рассмотрены результаты экспериментальных исследований. На рис. 1. приведена обобщенная функциональная схема гибридного преобразователя скорости и направления потоков газов.

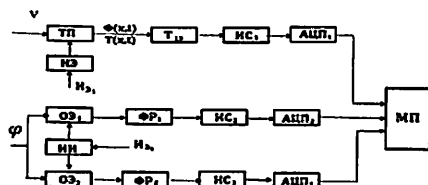


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема гибридного преобразователя скорости и направления потока газов:

V – скорость потока газа; φ – угол поворота направления потока; НЭ – нагревательный элемент; ИИ – источник излучения; ТЧЭ – термочувствительный элемент; $ОЭ_1, ОЭ_2$ – оптические экраны; $И_1, И_2$ – напряжение питания; $ИС_1, ИС_2, ИС_3$ – измерительные схемы; $АЦП_1, АЦП_2, АЦП_3$ – аналогово-цифровые преобразователи; МП – микропроцессор.

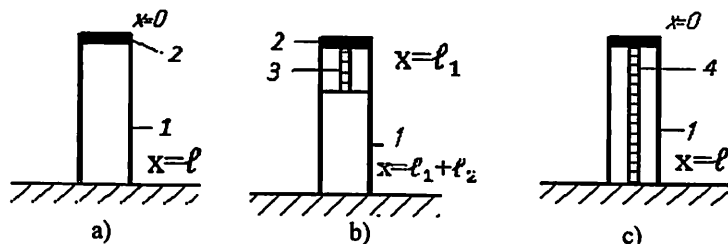


Рис. 2. Физические модели тепловых преобразователей скорости ветра (потока газа):

1 – теплопровод; 2 – сосредоточенный нагревательный элемент; 3 – распределенный нагревательный элемент на ограниченном участке теплопровода; 4 – распределенный нагревательный элемент по всей длине теплопровода.

Варианты физических моделей тепловых преобразователей скорости потока газа для построения их математических моделей приведены на рис.2.

При решении задачи создания математических моделей тепловых и преобразователей скорости целесообразно рассматривать их тепловые системы как четырёхполюсник, где в качестве входных выходных величин используется температура T теплового потока Φ .

Обозначим температуру через $T_{1(o,p)}$ и тепловой поток $\Phi_{1(o,p)}$ в начале участка ($x=0$) через температуру $T_{2(l,p)}$ и тепловой поток $\Phi_{2(l,p)}$ в конце теплопровода 1 ($x=l$), как

$$\begin{aligned} T_{1(o,p)} &= AT_{2(l,p)} + B\Phi_{1(l,p)}, \\ \Phi_{1(o,p)} &= CT_{2(l,p)} + D\Phi_{2(l,p)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где: А, В, С, D – параметры теплового четырёхполюсника в матричной форме

$$\begin{vmatrix} T_{1(o,p)} \\ \Phi_{1(o,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_{2(l,p)} \\ \Phi_{2(l,p)} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

При определении характера распределения температуры $T_{(x,p)}$ и теплового потока $\Phi_{(x,p)}$ вдоль теплопровода эти уравнения приобретают вид:

$$\begin{vmatrix} T_{(x,p)} \\ \Phi_{(x,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{(x,p)} & B_{(x,p)} \\ C_{(x,p)} & D_{(x,p)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_{1(o,p)} \\ \Phi_{1(o,p)} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

При этом параметры теплового четырёхполюсника определяются из выражений:

$$A_{(x,p)} = ch[\gamma(p), x], \quad (4)$$

$$B_{(x,p)} = -z(p)sh[\gamma(p), x], \quad (5)$$

$$C_{(x,p)} = -\frac{1}{z(p)}sh[\gamma(p), x], \quad (6)$$

$$D_{(x,p)} = ch[\gamma(p), x]. \quad (7)$$

В выражениях (4), (5), (6) и (7) $\gamma(p)$ из (р) определяются по формулам:

$$\gamma(p) = \sqrt{r(cp + g)}, \quad z(p) = \sqrt{\frac{r}{cp + g}},$$

где: $g = \alpha \pi d$ – удельная на единицу длины тепловая проводимость от теплопровода 1; α – коэффициент теплоотдачи от теплопровода; $\pi = 3,14$, d – диаметр теплопровода; $r = \frac{1}{\lambda F}$ – удельная на единицу длины теплопровода тепловое сопротивление; λ – теплопроводность материала теплопровода 1; $F = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь сечения теплопровода 1; $C = \rho C_p F$ – удельная на единицу длины теплопровода тепловая ёмкость; ρ – плотность материала теплопровода 1; C_p – удельная теплоёмкость материала теплопровода 1; p – оператор Лапласа.

С целью упрощения считаем, что параметры, r и c являются равномерно распределёнными ($g = \text{const}$, $r = \text{const}$ и $c = \text{const}$) и матричное уравнение (3) примет вид:

$$\begin{vmatrix} T_{(x,p)} \\ \Phi_{(x,p)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ch[\gamma(p)x] & -z(p)sh[\gamma(p)x] \\ -\frac{1}{z(p)}sh[\gamma(p)x] & ch[\gamma(p)x] \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Phi_{1(o,p)} \\ \Phi_{1(o,p)} \end{vmatrix}.$$

Из уравнения (4) находим:

$$T_{(x,p)} = T_{1(o,p)} \operatorname{ch}[\gamma(p)x] - \Phi_{1(o,p)} z(p) \operatorname{sh}[\gamma(p)x],$$

$$\Phi_{(x,p)} = -\frac{T_{1(o,p)}}{z(p)} \operatorname{sh}[\gamma(p)x] + \Phi_{1(o,p)} \operatorname{ch}[\gamma(p)x].$$

На рис. 3. приведены графики распределения температуры вдоль длины теплопровода из медной трубки диаметром $d = 4.10^{-3}$ м.

Для варианта тепловой цепи на рис. 2 (в) на основе уравнений (3) вдоль участка 3 запишем:

$$T_1(x) = T_1(0) \operatorname{ch} \gamma x + \frac{q}{g} (1 - \operatorname{ch} \gamma x) = \left[\bar{T}_1(0) - \frac{q}{g} \right] \operatorname{ch} \gamma x + \frac{q}{g},$$

$$T_2(x) = T_2(l) \operatorname{ch} \gamma_2 x - z_2 \Phi_2(l_2) \operatorname{sh} \gamma_2 x = T_2(l_1) e^{-\gamma(p)x}.$$

Для варианта тепловой цепи (рис. 2 (с)) на основе уравнений (3) запишем:

$$T(x) = T(0) \operatorname{ch} \gamma x - \Phi(0) z \operatorname{ch} \gamma x + q(1 - \operatorname{ch} \gamma x) / g.$$

На рис. 4. Приведена схема экспериментальной установки термоанемометрического преобразователя на основе стеклянной трубки $d = 8.10^{-3}$ м с двумя полупроводниковыми сопротивлениями типа ММТ-1.

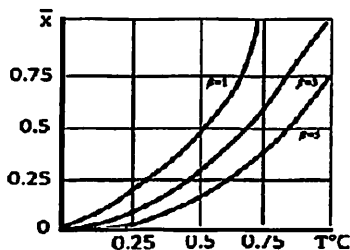


Рис. 3. График распределения $T(x)$ вдоль длины скорости потока.

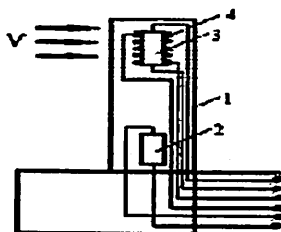


Рис. 4. Экспериментальная установка исследования параметров ТП теплопровода

Сравнения расчетных и экспериментальных данных показывает (рис. 5) их хорошее согласование, что подтверждает правильность методики составления математических моделей и методики расчета (рис. 6).

Конструкция теплового преобразователя для открытых потоков, где стержень поворота флюгера охвачен неподвижным кольцеобразным приемником излучения, расположенным между неподвижными верхним и нижним полупроводниковыми фоторезисторами, соединенными в кольца, смещены на 90° .

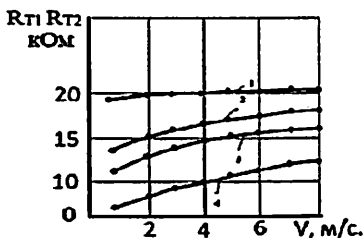


Рис. 5. График зависимостей R_{T1} и R_{T2} от скорости потока воздуха V .

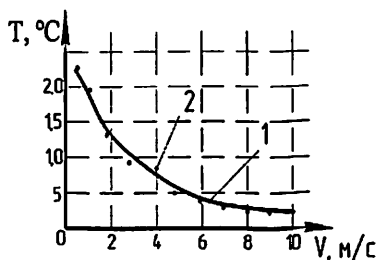


Рис. 6. График зависимостей изменения теплового потока от скорости V .

В исходном состоянии при угле поворота $\varphi_u = 0$ полукольцевые фоторезисторы $R_{\Phi 1}$ и $R_{\Phi 2}$ (рис 7) освещены и затемнены оптическим экраном одинаково и их суммарное сопротивление на выходе мостовой схемы $U_{\text{вых}} = 0$ введено удельное на единицу в угле поворота светового сопротивления $r_{\text{св}}$ и темнового сопротивления r_T :

$$r_{\text{св}} = \frac{R_{\text{св}}}{180}, \quad r_T = \frac{R_T}{180}.$$

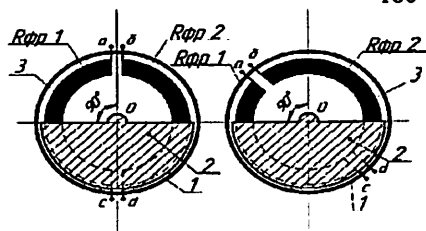


Рис 7. Конструкции полукольцевых фоторезисторов $R_{\Phi 1}$ и $R_{\Phi 2}$:

1. Диэлектрическое основание;
2. Световой неподвижный экран;
3. $R_{\Phi 1}$ и $R_{\Phi 2}$ полукольцевых фоторезисторы.

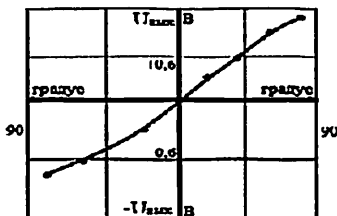


Рис.8. Результаты экспериментального исследования полукольцевых фоторезисторов, входящих в состав гибридного преобразователя параметров открытого потока газа.

В исходном положении угол поворота $\varphi_u = 0$

$$R_{\Phi p1} = r_{\text{св}} \cdot 90 + r_T \cdot 90, \quad R_{\Phi p2} = r_T \cdot 90 + r_{\text{св}} \cdot 90.$$

При повороте преобразователя на угол φ_u по часовой стрелке фоторезистор $R_{\Phi 1}$ – выйдет из оптического экрана и его площадь освещенности увеличится, а у $R_{\Phi 2}$ – уменьшится:

$$\Delta R_{\Phi p1} = \varphi_u (r_{\text{св}} - r_T), \quad \Delta R_{\Phi p2} = \varphi_u (r_T - r_{\text{св}}).$$

Входное напряжение мостовой схемы определяется из выражений

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{2 \cdot K \cdot \varphi(r_{\text{св}} - r_T)}{(K+1)^2 (r_T - r_{\text{св}}) 90}$$

где $K = R_1 / R_2 = R_3 / R_4$ коэффициент компенсации мостовых схем.

Результаты эксперимента исследования полукольцевых фоторезисторов, входящих в состав гибридного преобразователя параметров открытого потока газа, приведены на рис.8.

В третьей главе "Основные характеристики тепловых и оптоэлектронных гибридных преобразователей потоков газов" рассмотрены статические и динамические характеристики тепловых и оптоэлектронных преобразователей потоков газов, приведены результаты исследования надежности и выполнен анализ погрешностей тепловых и фоторезисторных преобразователей потоков газов.

В работе показано, что в качестве чувствительного элемента используются термометры сопротивления, включенные в делительные или мостовые измерительные схемы, выходы которых подключаются к входам операционных усилителей.

Выходное напряжение при делительной схеме включения ТЭ:

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K (E_1 + E_2)}{(K+1)^2 (K+1 + KE_1 - E_2)}$$

При значениях $K \approx 1$, $E_1 < 1$, $E_2 < 1$ запишем $U_{\text{вых}} = U_{\text{св}} 0,25(E_1 + E_2)$.

При использовании мостовой схемы с четырьмя термопреобразовательными элементами: $U_{\text{вых}} = U_{\text{св}} \frac{K}{(K+1)^2} (E_1 + E_2 + E_3 + E_4)$

Согласно измерительной схеме (рис.9) ТПТТ при контроле расхода газа переключатель П находится в положении "а" и выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ несет информацию о расходе G. При положении переключателя в положении "б" выходное напряжение будет нести информацию о температуре потока (рис.10).

Передаточная функция теплового преобразователя на основе протяженного теплопровода представляется в виде

$$W_1(p) = \frac{\theta(\sigma, p)}{\theta(\ell, p)} = \frac{K_1}{T_1 p + 1},$$

$$K_1 = \frac{2}{2 + \frac{\alpha \pi d}{\lambda F}} \ell^2, \quad T_1 = \frac{1}{\frac{2 \lambda F}{C_p P F \ell^2} + \frac{\alpha \pi d}{C_p P F}}$$

Для преобразователей с длинными теплопроводами $\ell/d > 1$, постоянная времени может быть представлена в виде

$$T_1 = \frac{C_p P F}{\alpha \pi d}$$

Для теплового преобразователя с полупроводниковым термометром сопротивления без дополнительного НЭ передаточную функцию можно записать в виде

$$W_1(p) = \frac{\theta(0, p)}{q(p)} = \frac{1}{ch \left[\sqrt{(C_p P F r + \alpha \pi d) \frac{1}{\lambda F}} \right] \ell}$$

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1},$$

$$K_1 = \frac{2}{2 + \frac{\alpha \pi d}{\lambda F}} \ell^2, \quad T_1 = \frac{1}{\frac{2 \lambda F}{C_p P F \ell^2} + \frac{\alpha \pi d}{C_p P F}}$$

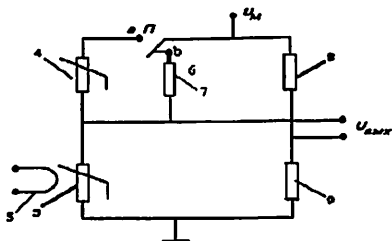


Рис. 9. Измерительная схема для контроля скорости и температуры потока газа.

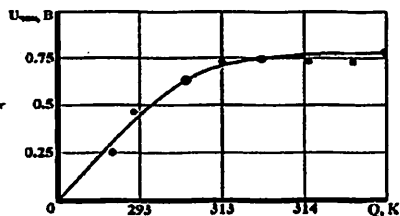


Рис. 10. График зависимости теплового потока от скорости газа.

Функция оптоэлектронного преобразователя угловых перемещений определяется изменением выходной величины во времени при изменениях входной величины и его элементов:

$$W_{оптн}(p) = W_{ин}(p) * W_{ин}(p) * W_{ис}(p).$$

Параметры кольцевого фоторезистора типа ФСК-6 определяются как:

$$W_{ин} = \frac{R_{ин}}{C_{ин} R_{ин} P + 1}.$$

При отсутствии инерции в других элементах принимаем, что:

$$R_{ин}(\tau) = R_{ин} + \Delta R * \sin \omega \tau.$$

На основании этого:

$$C_{ин} R_{ин} \frac{dI_{ин}}{dt} + I_{ин} = K(I_{ин} + \Delta I_{ин} * \sin \omega \tau),$$

$$I_{ин}(\tau) = I_{ин} + \frac{\Delta I_{ин}}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}} * \sin(\omega \tau - \varphi). \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что в результате колебаний угла наклона в кольцевом фоторезисторе из-за инерции приемника излучения, амплитуда колебаний выходного тока $\Delta I_{ин}$ будет уменьшена в $\sqrt{1 + T^2 \omega^2}$ и сдвинута по фазе на угол φ .

При анализе надежности ППТТ удобно рассматривать вероятность $P(S)$ того, что чувствительность S будет лежать в допустимых пределах и определяется следующим уравнением:

$$P(S) = \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} \int_{s-S_1}^{s+S_2} e^{-\frac{(s-S)^2}{2\sigma^2}} ds = \Phi(S_2) - \Phi(S_1).$$

$$S = f(P_{НЭ}, U_M, K_M, \alpha_{ОН})$$

$$\sigma_s^2 = \sigma_{PHЭ}^2 + \left(\frac{\sigma S_{МАКС Н}}{\sigma P_{НЭ}} \right)_{P_{НЭ}=P_{МА}}^2 + \sigma_{ИМ}^2 + \left(\frac{\sigma S_{МАКС Н}}{\sigma U_M} \right)_{U_M=U_{МА}}^2 + \sigma_K^2 \left(\frac{\sigma S_{МАКС Н}}{\sigma K} \right)_{K=K_A}^2 + \left(\frac{\sigma S_{МАКС Н}}{\sigma \alpha_0} \right)_{\alpha_0=\Delta \alpha_n}^2.$$

Полная надежность ТПТТ:

$$P_{TP} = P_{АПП} \cdot P_{ПАР} = 0,9989 \cdot 0,9611 = 0,96.$$

Полная надежность оптоэлектронного преобразователя:

$$P_{ФР} = P_{КАТ} \cdot P_{ПАП} = 0,9989 \cdot 0,9711 = 0,97.$$

При наличии одновременно аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей определяется выражением

$$\Delta \Pi = 2\Delta 0 + 2\gamma_{КХ}.$$

Точность ТПТТ преобразователя может быть выражена соотношением:

$$A = \frac{x}{d} = \frac{x}{2\Delta \alpha} = \frac{1}{2\gamma_s},$$

где x – текущее значение контролируемой величины; d – соответствующая значению x ширина зоны неопределенности; $\Delta \alpha$ – энтропийная абсолютная погрешность; γ_s – соответствующая энтропийная относительная погрешность.

Закон распределения погрешности ТЧЭ можно принять нормальным с энтропийным коэффициентом $K_{ТЧЭ} = 2,07$. Отсюда среднеквадратическое отклонение (СКО) равно

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{\gamma_{\text{н}}}{K_{\text{н}}} = \frac{0,2}{2,07} = 0,097 \text{ \%}.$$

Для измерительной схемы:

$$\sigma_{\text{с}} = \frac{0,1}{2,07} = 0,048 \text{ \%}.$$

Аддитивная погрешность прибора составит:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{н}}^2 + \sigma_{\text{с}}^2 + \sigma_{\text{я}}^2} = \sqrt{0,097^2 + 0,048^2 + 0,21^2} = 0,236 \text{ \%}.$$

Энтропийное значение погрешности в конце шкалы прибора равно:

$$\text{для ТПТТ } \gamma_K = K_K \cdot \sigma_K = 2,07 \cdot 0,38 = 0,79\%,$$

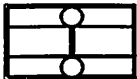
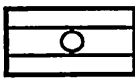

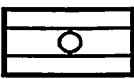

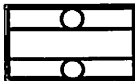
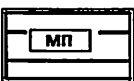
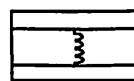
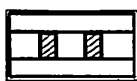
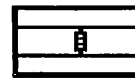
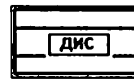
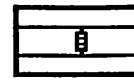
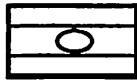
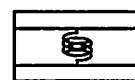
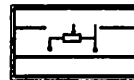

$$\text{для ОЭП } \gamma_K = K_K \cdot \sigma_K = 2,07 \cdot 0,37 = 0,76\%.$$

В четвёртой главе. «Проектирование и практическое применение гибридных преобразователей для систем контроля и управления параметрами потоков газов» приведена методика выбора оптимальной структуры гибридных преобразователей, которая состоит из двух этапов: выбора оптимальной структуры и выбора оптимальных параметров преобразователей. Разработанная автоматизированная система поиска и

выбора структуры (АСПС) позволяет создать множество вариантов элементов и выбрать из этого множества оптимальную структуру преобразователя по критериям: чувствительности, цены, надёжности, погрешности, нелинейности, диапазоне по входу, потери от мощности, быстрдействию, экономичности и весу.

Морфологическая таблица элементов ТПТТ представлена на таблице 1.

Таблица 1

Форма теплопровода	Форма термочувствительного элемента	Вид измерительной схемы	Форма источника тепла
1.1 	2.1 	3.1 	4.1 
1.2 	2.2 	3.2 	4.2 
1.3 	2.3 	3.3 	4.3 
1.4 	2.4 	3.4 	4.4 

При оптимальном параметрическом проектировании требуется найти оптимальное $D_{0\text{ опт}}, D_{1\text{ опт}}, P_{1\text{ опт}}, P_{2\text{ опт}}, L_{1\text{ опт}}$, которые в общем случае являются параметрами ТПТТ:

$$\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, \dots, a_n\}.$$

Оптимальные значения критерия оптимальности $I(\bar{a})$

$$I(\bar{a}) = \text{opt } I(\bar{a}), \bar{a} \in D\bar{a},$$

где $\text{opt } I(\bar{a})$ – оптимальное значение $I(\bar{a})$; $D\bar{a}$ – область допустимых решений; иногда область поиска Π можно обозначить:

$$\Pi\{\bar{a}: b_i \leq a_i \leq c_i, i = \overline{1, n}\},$$

где b и c – минимальные и максимальные значения a .

При проектировании приборов по критерию чувствительности и линейности статической характеристики находят оптимальный вектор параметров $\bar{a}(\bar{y}) \in \Pi$, чтобы:

$$I[\bar{a}(\bar{y})] = \text{opt } I[\bar{a}(\bar{y})X_{\alpha}],$$

$$D\bar{a} = \{\bar{a} : b_i \leq a_i \leq c_i, a_i \geq 0, i = \overline{1, n}\}.$$

Для повышения линейности статической характеристики, использовали решение путем аппроксимации реальной нелинейной статической характеристики преобразователей с линейной зависимостью:

$$U_{\alpha\alpha} = A \cdot X_{\alpha\alpha} + B.$$

Используя квадратичный интегральный критерий близости функций, имеем:

$$\text{Min} I = \int_{X_{\alpha\alpha\text{min}}}^{X_{\alpha\alpha\text{max}}} \{U_{\alpha\alpha}(X_{\alpha\alpha}) - A \cdot X_{\alpha\alpha} - B\}^2 X_{\alpha\alpha} dx,$$

$$\text{Min} I = \int_{X_{\alpha\alpha\text{min}}}^{X_{\alpha\alpha\text{max}}} \{X_{\alpha\alpha} \cdot \bar{a}(\bar{y}) - A \cdot X_{\alpha\alpha} - B\}^2 X_{\alpha\alpha} dx.$$

Решив задачу, находим значения:

$$A = A[X_{\alpha\alpha}, \bar{a}(\bar{y})]; B = B[X_{\alpha\alpha}, \bar{a}(\bar{y})], \bar{a} \in D\bar{a}.$$

Для решения задачи повышенной чувствительности определяем оптимальные значения вектора $\alpha(\bar{y}) = \bar{a}(\bar{y})$, которые обеспечивают Макс $A[X_{\alpha\alpha}, \bar{a}], \bar{a} \in D\bar{a}; X_{\alpha\alpha} \in X_{\alpha\alpha\text{min}} X_{\alpha\alpha\text{max}}$.

На рис.11 представлена конструкция теплооптического преобразователя для измерения скорости и направления горизонтального ветра, а на рис.12 – измерительная схема устройства.

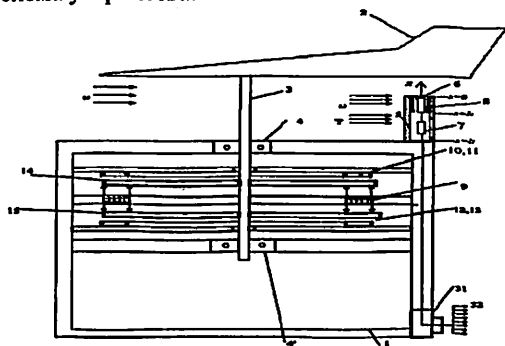


Рис.11. Конструктивное построение гибридного преобразователя скорости и направления газового потока.

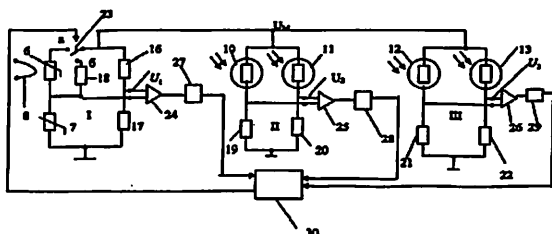


Рис.12. Измерительная схема устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе разработки и исследования систем контроля и управления параметрами потоков газов получены следующие научные результаты:

1. Обоснована необходимость исследования и разработки гибридных преобразователей на основе термоанемометрических и фоторезисторных элементов для контроля различных параметров потоков газов в открытых и закрытых трубопроводах, что позволяет анализировать принципы построения, систематизировать их по основным элементам, а также решение путей использования при создании новых преобразователей для контроля параметров потоков газов.

2. Исследованы основные характеристики тепловых и фоторезисторных преобразователей: статическая, динамическая, чувствительность, нелинейность и диапазон преобразований. Проведен анализ и расчёт погрешностей тепловых и фоторезистивных преобразователей и показано, что энтропийная погрешность Δ , не превышают 1,0%.

3. Исследованы параметры стержневых теплопроводов. Созданы математические модели, связывающие факторы распределения температур и тепловых потоков при различных скоростях потоков газов с применением теории тепловых четырёхполюсников. Экспериментальные исследования показали адекватность разработанных математических моделей, что расхождение результатов теоретических и экспериментальных исследований не превышают 8-10 %.

4. Исследованы конструкции элементов и измерительные схемы гибридных преобразователей, которые позволяют анализировать и динамические характеристики тепловых преобразователей термоанемометрического типа.

5. Разработаны методы структурно-параметрического проектирования тепловых и фоторезистивных преобразователей. Для выбора оптимальной структуры гибридных преобразователей предложены морфологические таблицы основных элементов и методика параметрического проектирования, позволяющая проводить для данного класса оптимизацию статических и динамических характеристик преобразователей по критериям чувствительности, линейности и быстродействия.

6. Разработанные математические модели, методы расчета и проектирования гибридных преобразователей на основе тепловых и фоторезисторных элементов позволяют создать многопараметрические гибридные преобразователи параметров потоков газа. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны комплексы микропроцессорных гибридных преобразователей для открытых и закрытых трубопроводных потоков, которые внедрены в производство на АО «Фотон» и Ферганском филиале «Олтин водий» АО «Наклгазмахсускурилиш».

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

**FERGANA BRANCH OF THE TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

RAYIMDZHONOVA ODINAKHON SODIKOVNA

**PERFECTION OF HYBRID CONVERTERS OF PARAMETERS OF GAS
FLOWS FOR MONITORING AND CONTROL SYSTEMS**

05.03.01 - Devices. Methods of measurement and control (by industry)

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

Tashkent – 2019

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.3.PhD/T315.

The dissertation has been prepared in the Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies.

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 «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: Shipulin Yuriy Gennadievich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Siddikov Ilkhomjon Khakimovich
doctor of technical sciences, professor

Uljayev Erkin
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization: Navoi State Mining Institute

Defense of dissertation will take place in 27 04 2019 at 12⁰⁰ 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 75). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on 12 04 2019 year.
(mailing report № 3, on 16 03 2019 year).



N.R. Yusupbekov
Chairman of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

U.F. Mamirov
Scientific secretary of Scientific council,
awarding scientific degrees,
PhD in technical sciences

KH.Z. Igamberdiev
Chairman of the scientific seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop methods and algorithms for improving hybrid transducers based on optoelectronic and thermal elements for monitoring and controlling the parameters of gas flows.

The object of the research work is a class of hybrid converters for monitoring systems and control parameters of gas flows based on optoelectronic and thermal elements.

Scientific novelty of the research work is as follows:

hybrid transducers have been developed on the basis of optoelectronic and thermal elements for systems for monitoring and controlling gas flow parameters;

mathematical models of hybrid converters of gas flow parameters have been developed;

methods for calculating the static and dynamic characteristics of optoelectronic and thermal elements of hybrid converters of gas flow parameters have been developed;

algorithms of structural and parametric synthesis for designing hybrid converters of gas flow parameters have been developed;

technological methods for the production of multi-parametric thermal converters of thermo-anemometric type have been developed.

Implementation of the research results. Based on the obtained results on the improvement of hybrid converters of gas flow parameters for control and management systems, the following scope of work was performed:

a patent was received for a device for measuring speed and determining the direction of horizontal wind issued by the Agency of Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan (No. IAP 04754-2013). As a result, the speed measurement and the determination of the direction of gas in the gas pipeline increased by 10%;

a set of multi-parameter converter of gas flow parameters was introduced into the production of Naklgasmakhuskurilish of the Oltin Vodiy branch of JSC (Reference of Uzneftegaz Holding JSC No.TU-1083 of December 10, 2018). The implementation of the results allows to reduce the acquisition of expensive imported devices, material resources, energy saving, optimize new modes that ensure the quality of management of technological parameters in gas pipelines;

a patent has been obtained for a thermal converter of gas or liquid flow parameters issued by the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (#IAP 05303-2016). As a result, the accuracy of monitoring the parameters of gas flows increased by 10%.

technological methods for manufacturing multi-parametric thermal converters of the thermo-anemometric type were introduced into the production of Foton OJSC (Reference JSC Uzeltchanoat No. 02-2417 dated November 1, 2018). As a result, new, optimal quality technological regimes were obtained, which increase the reliability of operating devices with thermal converters.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of introduction, four chapters, conclusions, list of symbols and applications. The dissertation materials are set out on 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Азимов Р.К., Райимжонова О.С., Максудов С.А. Микропроцессорные многофункциональные тепловые преобразователи для контроля параметров потоков жидкостей и газов. Монография. –Ташкент: Катрант, 2016. –92с.
2. Патент РУз.№ IAP 04754 // Устройство для измерений скорости и определения направления горизонтального ветра.Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Максудов С.А., Махмудов М.И., Рустамов Э., Алматаев О.Т., Холматов У.С., Райимжонова О.С // Агентство по интеллектуальной собственности, 20.08.2013г.
3. Патент РУз. № IAP 05303//Тепловой преобразователь параметров потоков газа или жидкости. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Максудов С.А. Исмоилов Х.А. Райимжонова О.С., Абдуллаев Т.М.//Агентство по интеллектуальной собственности, 03.10.2016
4. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Райимжонова О.С., Максудов С.А. Датчики на основе сегментных фоторезисторов для контроля угловых перемещений // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2014. –№2. –С.31-36 (05.00.00, №12).

II бўлим (II часть; II part)

5. Шипулин Ю.Г., Холматов У.С., Райимжонова О.С., Алматаев О.Т. Оптоэлектронный преобразователь для автоматических измерений перемещений и размеров // Ежемесячный метрологический научно-технический журнал “Мир измерений”. –Москва, 2013. –№1(143). –С.41-43.
6. Шипулин Ю.Г., Райимжонова О.С., Шипулин Ш.Ю. Многофункциональный устройства для контроля параметров воздушных потоков // “Известия” Юго-Западного государственного университета. – город Курск, 2014. –№ 1. –С.66-71.
7. Шипулин Ю.Г., Алматаев О.Т., Райимжонова О.С. Мониторинг техногенных объектов с использованием оптоэлектронных и тепловых преобразователей // Научный вестник. Машиностроение. –Андижан, 2016. –№3. –С.72-75.
8. Rustamov E., Mahmudov M.I., Raimjanova O.S. Designing optoelectronic of schemes on the basis and transformations Intelligent multifunctional device to monitor parameters of air flow /Sixth World Conference on Intelligent Systems

- for Industrial Automation «WCIS-2010». -Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2010. -PP.183-186.
9. Shipulin Yu.G., Rustamov E., Almataev O.T., Raimjanova O.S. Intellectual verifying –test system of the flow meters of liquids /Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2010». -Tashkent, Uzbekistan. November 25-27, 2010. -PP.123-126.
 10. Shipulin Yu.G., Raimjanova O.S., Ismailov X.A., Intelligent multifunctional device to monitor parameters of air flow. / Ninth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2016». -Tashkent, Uzbekistan. October 25-27, 2016. -PP.171-175.
 11. Рустамов Э., Райимжонова О.С., Шипулин Ю.Г. Метод повышения разрешающей способности оптоэлектронных входных устройств //Международная научная конференция “Инновация-2011”. –Тошкент, 25-27 октября 2011 г. –С.248-249.
 12. Райимжонова О.С., Холматов У.С., Шипулин Ю.Г. Проектирование микропроцессорных оптоэлектронных преобразователей по критерию чувствительности / Международная научная конференция “Инновация-2011”. -Тошкент, 25-27 октябрь 2011г. –С.243-244.
 13. Райимжонова О.С., Холматов У.С., Абдураимов Ф.А., Шипулин Ю.Г. Исследование фоторезистивных оптоэлектронных преобразователей угловых перемещений / Международная научно-практическая конференция «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». -Андижан, 24-апрел 2012. –С.211-215.
 14. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Райимжонова О.С., Максудов С.А. Оптоэлектронный преобразователь угловых перемещений /Международная научная конференция “Innovation-2014. –Тошкент, 23-24 октябрь 2014. –С.231-233.
 15. Шипулин Ю.Г., Райимжонова О.С., Холматов У.С., Худойназаров Д.Х. Интеллектуальные оптоэлектронные датчики для систем управления на основе полых и волоконных световодов / «Фан, таълим ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот коммуникация технологияларини қўллашнинг хозирги замон масалалари». Республика илмий техника анжумани – Нукус, 2015. –С.207-210.
 16. Шипулин Ю.Г., Райимжонова О.С., Максудов С.А. Информационный подход к оценке точности датчиков систем управления / «Фан, таълим ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот коммуникация технологияларининг қўллашнинг хозирги замон масалалари». Республика илмий техника анжумани – Нукус, 2015. –С.204-207.
 17. Райимжонова О.С. Приборы для мониторинга техногенных объектов с использованием оптоэлектронных и тепловых преобразователей термометрического типа / Международная научно-практическая конференция “Современные материалы, техника и технологии в машиностроении”. –Андижан, 2016. –С.308-311.

18. Шипулин Ю.Г., Холматов У.С., Райимжоновна О.С., Алматаев О.Т. Надежность современных оптоэлектронных элементов с волоконными и полыми световодами / “Инновацион ривожлантириш муаммолари: ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” мавзусидаги вазирлик миқёсидаги илмий-амалий анжуман мақола ва тезислар тўплами. – Андижон, 26 апрель 2017 й. –С.13-17.
19. Шипулин Ю.Г., Абдуллаев Т.А. Интеллектуальные оптоэлектронные следящие системы с встроенными волоконными и полыми световодами для управления положением солнечных модульных установок // “Инновацион ривожлантириш муаммолари: ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” мавзусидаги вазирлик миқёсидаги илмий-амалий анжуман мақола ва тезислар тўплами. – Андижон, 26 апрель 2017 й. –С.25-28.
20. Шипулин Ю.Г., Райимжоновна О.С., Орзиев Б.Т. Многопараметрическое микропроцессорное устройство контроля технологических параметров в магистральных газопроводах/ Международная научно-практическая конференция “Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсбережения”. – Андижон, 3-4 октябрь 2018 й. –С.45-46.

Автореферат “Фарғона” наширёти ва “ФарДУ илмий хабарлар” журнали тахририятларида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

**Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 56.**

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