

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АВЕЗОВА НАЗОКАТ ИБАДУЛЛАЕВНА

**СУЮҚ МАТЕРИАЛЛАР НАМЛИК МИҚДОРНИ АВТОМАТИК
НАЗОРАТ ҚИЛИШ УЧУН ИССИҚЛИК УСУЛИ ВА ҚУРИЛМА**

05.03.01 - «Асбоблар. Улчаш ва назорат усуллари»

**техника фаилари буйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

**Фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD)**

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Авезова Назокат Ибадуллаевна

Сууюқ материаллар намлик миқдорини автоматик назорат қилиш учун
иссиқлик усули ва қурилма3

Авезова Назокат Ибадуллаевна

Тепловой метод и устройство для автоматического
контроля влагосодержания жидких материалов.....21

Avezova Nazokat Ibadullaevna

Thermal method and device for automatic control of moisture content
of liquid materials.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АВЕЗОВА НАЗОКАТ ИБАДУЛЛАЕВНА

**СУЮҚ МАТЕРИАЛЛАР НАМЛИК МИҚДОРINI АВТОМАТИК
НАЗОРАТ ҚИЛИШ УЧУН ИССИҚЛИК УСУЛИ ВА ҚУРИЛМА**

05.03.01 - «Асбоблар, Ўлчаш ва назорат усуллари»

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

Тошкент – 2023

Филозофи доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маъмурияти ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2022.2.PhD/TS99** рақам билан руйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетига бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-сайтида (www.tdtu.uz) ҳамда «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) соҳбалиштирилган.

Илмий раҳбар: **Исматуллаев Патхулла Раҳматович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Ўлжаев Ўркин**
техника фанлари доктори, профессор

Абдуллаев Маҳмуд Мухаммаднелич
техника фанлари номзоди, доцент

Райтчи ташкилот: **Тошкент кимё-технология институти**

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги ИСс 03/30.12.2019 Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «21» 01 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кучаси, 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 295 рақам билан руйхатга олинган) (Манзил 100095, Тошкент шаҳри, Университет кучаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2023 йил «06» 01 хуни тарқатилди.
(2022 йил «28» 11 даги 27 - рақамли реестр баённомаси).



Н.Р. Юсуббеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, академик

У.Ф. Мамнуров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., доцент

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда энг кам энергия, хом ашё ва вақт сарфлайдиган юқори сифатли маҳсулотларни ишлаб чиқариш учун ўлчаш техникасини яратиш ва модернизациялашга ва сифат назоратига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, суюқ материаллар оқимини бошқариш, ушбу оқимларнинг намлигини ўлчашда хатоллигини камайтириш, экстремал эксплуатация шароитларида уларни чидамлигини ошириш ва масса, ўлчамларни камайтириш билан боғлиқ технологик жараёнлардаги бошқарув тизимининг ўзгартиргичларини сезгирлигини, аниқлигини ва тезкорлигини ошириш муҳим аҳамият касб этади. Ўлчаш воситаларининг бундай характеристикаларини аниқлаш, улар устида илмий тадқиқотлар олиб бориш, янги усул ва воситаларга асосланган қурулмаларни яратиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар сифатини юқори тезликда таҳлил қилиш тизимларини, яқуний маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари ва хусусиятларини аниқлаш моделларини ишлаб чиқишга ва яқуний маҳсулот сифати анализаторларини синтез қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ҳозирги вақтда кимё, нефть-кимё ва озик-овқат саноатида маҳсулотларнинг сифатини таъминлаш учун суюқ материалларнинг намлигини автоматик бошқариш усуллари ва қурилмалари ишлатиш, бундай ўлчашларда замон талабларига мос ўлчов воситаларидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. Бутун дунёда тобора кўпроқ етакчи позицияларни халқ хўжалигининг турли соҳаларида мавжуд бўлган технологик жараёнларни автоматик назорат қилиш, техник бошқариш воситаларини ва усулларини такомиллаштириш, шу жумладан бошқариш алгоритмларини ва усулларини, шунингдек уларнинг элементлари ва қурилмаларининг техник характеристикаларини яхшилаш, уларнинг функционал имкониятларини кенгайтириш ва конструкцияларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда инновацион технологияларни саноатга жорий этишга, ярим тайёр маҳсулотлар ва тайёр маҳсулотлар сифатини назорат қилиш учун самарадорлиги юқори бўлган назорат тизимларини жорий этишга, шу жумладан маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари аниқлаш, улар устида лаборатория таҳлилларини олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегиясида, жумладан "...мавжуд имкониятларни тулиқ ишга солган ҳолда маҳаллий саноат тармоқлари экспорт салоҳиятини янада ривожлантириш..."¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда дон маҳсулотларининг намлиги доимий равишда автоматик бошқариш учун тезкор, юқори аниқликка ва ишончликка эга бўлган микропроцессорли, намлик ўлчаш асбобни яратиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади..

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сонли "2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегиясида туғрисида"ги Фармони

ПФ-60-сон «2022-2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тарихий стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 7 февралдаги ПҚ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 26-майдаги ПҚ-3012-сонли «2017-2021 йилларда қайта тикланидиган энергетикани янада ривожлантириш, иктисодий ва ижтимоий тармоқларида энергия самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги ва 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сонли «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий татбиқ этиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Илмий тадқиқот иши республика фан ва технологияларини ривожланишининг III. «Энергетика, транспорт, машина ва асбобсозлик, замонавий электроника, микроэлектроника, фотоника ва электрон асбобсозлиги ривожланиши» нинг устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муъаммони ўрганилганлик даражаси. Жаҳон тадқиқотлари нагизларига кўра чет эллик олимлар Jingbo Tong², Tianming Chen³, E.C.Кричевский⁴, O.M.Большунова⁵, M.A.Берлинер⁶, И.А.Кострикина⁷ ва бошқалар материалларнинг намлик микдорини назорат қилиш асбобларини ва усулларини ривожлантиришга ва уларни тадбиқ этишга катта ҳисса қўшдилар. Материалларнинг намлигини назорат қилиш учун иссиқлик бирламчи ўзгаришгичлар назарияси ва амалиётига ўзбек олимлари P.K.Азимов⁸, B.M.Ахмедов⁹, П.Р.Исматуллаев⁸, Э.Ўлжаев⁹, Н.Р.Юсупбеков¹⁰ ва бошқалар катта ҳисса қўшдилар. Шундай қилиб, турли хил материалларнинг намлигини

² Jingbo Tong MEASUREMENT AND MODELING OF HUMIDITY SENSORS" (2014). Theses and Dissertations-Electrical and Computer Engineering. 59. https://uknowledge.uky.edu/ece_etds/59

³ Tianming Chen, Analysis of a concentric coplanar capacitive sensor for nondestructive evaluation of multi-layered dielectric structures (2010) IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 17 (4), 1307-1318

⁴ Кричевский E.C. Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов. - М.: Энергия, 1980. - 240 с.

⁵ Большунова O.M. и др. Исследование приборов для контроля влажности при транспортировке жидких и сыпучих материалов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.В. Павлов, 2016 Издательство: Санкт-Петербургский горный университет (Санкт-Петербург). -С.18-21.

⁶ Берлинер M.A. Измерения влажности. - М.: Энергия, 1973.- 400 с.

⁷ Кострикина И.А. Методы и средства измерений электрических параметров материалов для оценивания влажности. Автореф. дисс. тех. наук. - Пенза, -2004 -20 с

⁸ Азимов P. K. и др. Общий обзор существующих принципов построения влагомеров //Интернаука. – 2021. – №. 11-1. – С. 71-74.

⁹ Ахмедов B.M. и др. Теоретические основы аналитических измерений в технологических отраслях. - Ташкент, Изд-во ООО «Нашр ХА», 2006. – 83 с.

¹⁰ Исматуллаев П.Р. и др. О применения информационных технологий в современной метрологии – Standart, 2009. №4-9с.

¹¹ Ўлжаев Э. Ёмкостной преобразователь цилиндрической формы и расчет его параметров //Кимёвий технология, назорат ва бошқарув. – 2013. – С. 41-45.

¹² Юсупбеков Н. Р. и др. Информационные технологии автоматизации производственных процессов //Химическая технология. Контроль управления. – 2007. – №. 1. – С. 50.

ўлчашга бағишланган кўплаб хорижий ва маҳаллий нашрлар мавжуд.

Шу билан бирга, суюқ материалларнинг намлигини назорат қилиш учун тезкор ва энергияни тежайдиган қурилмалар етишмаслиги ва ушбу йўналишда технологик жараёнларни назорат қилиш тизимларини яратиш учун қурилмалардан фойдаланиш имконияти йўқлиги сабабли, тақдим этилган ишда биз бошқа услублардан ва ечимлардан фойдаландик.

Суюқ материаллар намлигини ўлчашнинг илмий-техник асосларини ишлаб чиқишда сезиларли ютуқларга қарамай, суюқ маҳсулотлар намлигини ўлчашнинг илмий-техник асослари ҳал қилинмаган. Шунинг учун ўлчаш натижаларининг талаб қилинадиган аниқлиги ва ишончилигини таъминлайдиган янги илмий-техник ва конструкторлик ечимларни ишлаб чиқиш зарурати тугилди.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг Эрасмус + 609715-EPP-1-2019-1-UZ-EPPKA2-SBHE-JE “Космик тизимлар ва алоқа бўйича янги ўқув дастури” номли (2019-2022) ҳалқаро лойиҳаси доирасида бажарилди.

Тадқиқотнинг мақсади суюқ материалларнинг (нефт ва нефт маҳсулотлари) намлик миқдорини назорат қилиш учун содда конструкцияга ва арзон нархга эга иссиқлик ўзгартиргични ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда қўлланиладиган мавжуд усуллар ва ўзгартиргичларни таҳлил қилиш;

суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш асбобини яратиш учун қурилмани ва иссиқлик усулини истиқболларини асослаш;

зонд типидagi иссиқлик ўзгартиргичларнинг математик моделларини ишлаб чиқиш;

суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик зондли ўзгартиргичларнинг асосий характеристикаларини ўрганиш;

суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик зондли ўзгартиргичларининг хатоликлари манбаларини таҳлил қилиш;

суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик зондли ўзгартиргич асосида янги конструкцияларни яратиш ва амалга ошириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида суюқ материаллардаги (нефт ва нефт маҳсулотлари) намлик миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик усуллари ва қурилмалари олинган.

Тадқиқотнинг предмети суюқ материаллардаги (нефт ва нефт маҳсулотлари) намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик бирламчи ўзгартиргичларга асосланган усуллар ва асбоблардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида ўлчашлар назарияси, экспериментал маълумотларни таҳлил қилиш ва қайта ишлаш, ахборот-ўлчаш тизимлари назарияси, экспериментни ташкил этиш усуллари ва бирламчи ўзгартиргичлар ёрдамида ўлчаш маълумотларини олишнинг физикавий

асосларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ўрнатилган схемаси чиқиш сигнаlining сувюк материаллардаги намлик миқдорига ёталиқинини аке эттирувчи иссиқлик тўрткүтблицлар назарияси асосида иссиқлик ўзгартигичнинг математик модели ишлаб чиқилган;

иссиқлик ўтказувчанлигига ва меъёрланган метрологик хусусиятли иссиқлик ўтказигич буйлаб ҳароратнинг тақсимланишига асосланган сувюк материаллар сув миқдори иссиқлик ўзгартигичнинг реал эксплуатацион ишлатиш шароитида статик ва динамик характеристикалари қурилган;

сувюк материалларнинг сув миқдорини назорат қилиш учун кенгайтирилган функционал имкониятлари билан мавжудларидан фирқланувчи зондли, юқори сезгирликка эга бўлган бинар иссиқлик ўзгартигичининг конструкцияси ва ўлчаш схемаси ишлаб чиқилган;

Нусселт критерияси асосида иссиқлик узатиш коэффициентини ва сувюк материалларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини орасида детерминлашган математик алоқа ўрнатиш мақсадида намлик миқдорини ўлчаш интервалини кенгайтириш имконини берувчи бирламчи ўзгартигичнинг метрологик характеристикаларини яхшилаш усуллари такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида сувюк материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик қурилмаси ишлаб чиқилган ва тадбиқ этилган;

сувюк материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик қурилмасининг конструкцияси ва ўлчаш схемаси ишлаб чиқилган;

дастурий таъминот ўрганилаётган объектнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган ва сувюк материаллардаги намлик миқдори иссиқлик бирламчи ўзгартигичларни градуировка қилиш ва калибрлаш учун ишлатилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги сувюк материаллардаги намлик миқдорини ўлчашнинг асосий қонунлари, назариялари ҳамда ҳисоблаш усуллари асосли равишда қўллаш, шунингдек назарий ва экспериментал натижаларнинг изчиллиги, ўзаро мос келиши ҳамда ижобий ўлчаш натижалари билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти сувюк материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик усуллар ва қурилмаларнинг метрологик ва техник характеристикаларини такомиллаштириш билан изоҳланади.

Ишнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, сувюк материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш бўйича таклиф этилаётган дастурий, услубий ва техник таъминотлар технологик жараённинг назорат қилиш тизимини аниқлигини ошириш орқали техник-иктисодий кўрсаткичларни ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Мониторинг ва назорат қилиш тизимлари учун сувюк материаллар (нефть ва нефть маҳсулотлар)

намлигини назорат қилиш учун иссиқлик усуллари ва қурилмаларини такомиллаштириш бўйича олинган натижаларга асосланиб:

суёқ материалларнинг намлигини назорат қилиш қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (IAP 06479, 30.04.2021 й.). Натижада, яратилган қурилма суёқ материаллар (нефт ва нефт маҳсулотлари)нинг намлик миқдорини мавжудларига нисбатан 15 % ишончли ўлчаш имконини берган;

суёқ материалларнинг намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичнинг конструкцияси ва ўлчаш схемаси “Жиззах нефтни қайта ишлаш” МЧЖга жорий этилган («O‘zbekneftgaz» АЖнинг 2022 йил 18 февралдаги 03-17-5/25-сон маълумотномаси). Натижада, таклиф этилаётган қурилмани жорий этишнинг иқтисодий самараси ўлчашларнинг аниқлигини ва технологик жараённинг самарадорлигини ошириш, экспресс назорат қилиш, намлик миқдорига путур етказмайдиган назорат усулидан фойдаланиш ва унга қўшиладиган энергия ва меҳнат харажатлари ҳисобига амалга ошиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқотлар натижалари 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинди ва тасдиқланди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та иш, шулардан 1 та ихтирога патент олинган, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 2 та хорижий, 2 та республика журналларида нашр этилган, шунингдек ЭҲМ учун дастурий маҳсулотларини рўйхатдан ўтказиш ҳақида 1 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 111 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва аҳамияти, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари асослаб берилган, объект ва предмет тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва техника тараққиётининг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, уларни амалиётга татбиқ этиш, нашр этилган ишлар тўғрисида маълумотлар ва диссертация тузилиши кўрсатилган.

Ишнинг “Суёқ материаллар намлиги миқдорини назорат қилишнинг мавжуд усуллари ва қурилмаларини таҳлил қилиш” деб номланган биринчи бобида суёқ материаллардаги намлик миқдори, суёқ материаллардаги намлик миқдори тўғрисида маълумот олишнинг мавжуд

усуллари ва қурилмалари тўғрисидаги маълумотларни тизимлаштириш берилган, суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш усулларининг таснифи қуйидаги кўрсаткичлар бўйича тузилган: ишлаш принципи бўйича, суяқ материаллардаги намлик миқдори тўғрисида маълумотларни олиш тезкорлиги бўйича, усул ва асбобларнинг автоматлаштириш даражаси бўйича. Суяқ материалларнинг намлигини тезкор назорат қилиш учун қурилмаларда турли зонд типидagi ўлғатиргичларга асосланган усуллардан фойдаланишнинг истиқболлари кўрсатилган. Ушбу усулларга диэлектрик, радиотўлқин, оптоэлектрон, акустик, иссиқлик ва бошқалар қиради. Ушбу усуллар орасида суяқ материаллар намлигини автоматик бошқариш учун иссиқлик усуллари ва ўлғатиргичлари етарли даражада ўрганилмаган ва ишлаб чиқилмаган. Конструкциясининг соддалиги, назорат қилиш самарадорлиги ва таннари жиҳатидан суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўлғатиргичлар истиқболли ҳисобланади. Диссертацияда қувурли ва зондли иссиқлик ўтказгичлари асосидаги иссиқлик ўлғатиргичларини тузилиш принциплари ўрганиб чиқилди. Шу билан бирга, қувурли иссиқлик ўтказгичига асосланган иссиқлик ўлғатиргичи паст аниқликка эга, чунки унинг иситгичи атроф-муҳитга катта иссиқлик йўқотади ва унинг иссиқлик инерциясининг динамик ҳатолиги катта. Аниқлиги ва тезкорлиги бўйича энг яхши характеристикага иссиқлик ўлғатиргичи эгаллик қилади, унда ҳароратга сезгир ва иситиш элементлари бўлган зондлар қувурнинг радиусли тешиқларида суяқ материал йўналишига қўндаланг ҳолатда жойлашган. Иссиқлик ўлғатиргичи қувурининг ўлчаш қисмида махсус мосламалар ёрдамида суяқ материалнинг сарфини барқарорлаштириш, суяқ материалнинг ўзгармас тезлигида унинг намлигини назорат қилишга имкон беради. Иссиқлик ўлғатиргичлари асосида суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш қурилмаларининг ўлғатиргич конструкциясида иситиш ва ҳароратга сезгир элементлар мавжудлиги сабабли, улар кенг функционал имкониятларга эга бўлади, бу эса суяқлик намлигини назорат қилишдан ташқари ҳароратни, шунингдек суяқ материал борлиги ёки йўқлигини назорат қилиш имкониятини беради. Иссиқлик ўлғатиргичларнинг юқорида айтиб ўтилган афзалликлари, турли хил суяқ материалларнинг намлигини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари томонидан суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилиш ўлғатиргичларга бўлган талабларнинг кўпини қондиришга имкон беради.

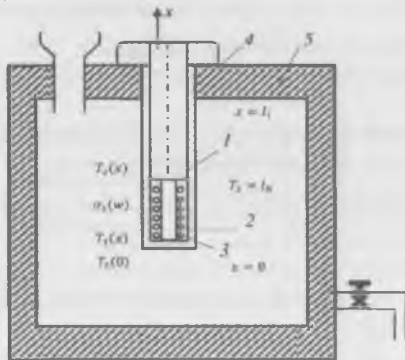
Ишнинг “Суяқ материаллар намлиги миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўлғатиргични математик моделлари” деб номланган иккинчи бобида суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўлғатиргични математик моделлари, бир жойда жамланган ва ёйилган иссиқлик манбаи бўлган цилиндрсимон иссиқлик ўтказгичли иссиқлик ўлғатиргичларнинг математик моделлари ўрганилган.

Суяқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишнинг иссиқлик усулини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, уни самарали ишлатиш учун суяқ

материалнинг термофизик хусусиятларини намлик миқдорига боғлиқлиги бўйича асосланган қийматларга эга бўлиши керак.

Турли суюқ материаллар орасида бинар суюқ материаллари ушбу талабни энг тўлиқ қондиради, уларнинг асосий хусусияти бошқа материаллардан фарқли ўларок, иссиқлик ўтказувчанлигининг асосий термофизик катталиги λ ва намлиги W ўртасида математик муносабатларни ўрнатиш имкониятини мавжудлигидир.

Ушбу ишда суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргичларини (СМНМИЎ) ишлаб чиқиш ва ўрганиш учун трансформатор мойи, бензин ишлатилган.



1-расм. Иссиқлик ўзгартиргичларнинг физик моделлари, уларнинг цилиндрсимон иссиқлик ўтказгичининг тақсимланган иссиқлик манбаи 1-иссиқлик ўтказгич; 2-хароратга сезгир элемент; 3- қиздириш элементи.

Намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларнинг математик моделларини яратиш масаласини ҳал қилишда уларнинг иссиқлик тизимларини иссиқлик тўртқутбиклари деб ҳисоблаш мақсадга мувофиқдир, бу ерда кириш ва чиқиш катталиклари сифатида $T(x)$ харорат тақсимланиши ишлатилган.

СМНМИЎда суюқ материал намлик миқдори W нинг ўзгариши қиздирилган иссиқлик ўтказувчиси 1 ва суюқ материал ўртасида иссиқлик алмашиш жараёни интенсивлигининг ўзгариши (2-расм) билан бирга содир бўлади. Қиздирилган иссиқлик ўтказувчиси 1 ва суюқ материал ўртасидаги иссиқлик бериш коэффиценти α нинг энг катта ўзгаришлари ламинар режимлари остида паст тезликлар U да содир бўлади. Диссертацияда доимий тезлиги $V = 0,05$ м/с ни ва иссиқлик ўтказувчи 1нинг диаметри $d = 4 \cdot 10^{-3}$ м ни ташкил қилганда, $Re < 1000$ оралиғида Рейнолдс рақамлари (Re_c)га тенг бўлган ламинар оқим режими билан таъминланди, бу эса иссиқлик алмашиш жараёнларини ечиш учун тавсия этилган мезон формулаларидан фойдаланишга имкон берди.

Бир жойда жамланган иссиқлик манбаи бўлган физик модел учун (2-расм), матрица тенгламаси (1) қуйида келтирилган

$$|T(x, p)| = \left| \frac{A(x, p)B(x, p)}{C(x, p)D(x, p)} \right| |T(0, p)|, \quad (1)$$

$$A(x, p) = ch\gamma[(p)x]; B(x, p) = Z(p)sh[\gamma(p)x]; C(x, p) = \frac{1}{Z(p)} [sh[\gamma(p)x],$$

$$D(x, p) = ch[\gamma(p)x],$$

$$\gamma(p) = \sqrt{r(cp + g)}; Z(p) = \sqrt{\frac{r}{(cp + g)}}$$

g — узунлик бирлигига солиштирма иссиқлик ўтказувчанлик,

бу ерда α -иссиқлик ўтказгичдан суюқ материалга иссиқлик узатиш коэффициентлари; $\pi - 3,14$; d — иссиқлик ўтказгичнинг диаметри; $r = \frac{1}{\lambda F}$ — узунлик бирлигига солиштирма иссиқлик қаршилиқ; λ — иссиқлик ўтказгич материалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги; F — иссиқлик ўтказгич кўндаланг кесимининг майдон.

Матрица тенгламаси (1) асосида $T(x, p)$ ҳароратни иссиқлик ўтказгичи бўйлаб тарқалиши учун қуйидаги ифодалар олинди:

$$T(x, p) = T(0, p)ch[\sqrt{r(cp + g)}x] - \sqrt{\frac{r}{(cp + g)}} sh[\sqrt{r(cp + g)}x], \quad (2)$$

ва

$$\Phi(x, p) = -\frac{T(0, p)}{\sqrt{\frac{r}{(cp + g)}}} sh[r(cp + g)x] + \Phi(0, p)ch[r(cp + g)x]. \quad (3)$$

Лаплас тасвиридан асл нусхасига ўтишда вақт ўтиши билан ҳарорат тақсимотидаги ўзгаришларнинг динамикасини баҳолаш учун қуйидаги формулани олиш мумкин

$$T(x, \tau) - T(0) = P_H \sqrt{\frac{r}{g}} [e^{-\sqrt{gr}x} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2} \sqrt{\frac{cr}{\tau}} - \sqrt{\frac{g}{c}} \tau \right) - e^{\sqrt{gr}x} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2} \sqrt{\frac{cr}{\tau}} + \sqrt{\frac{g}{c}} \tau \right)]. \quad (4)$$

Стационар режим учун $\tau \rightarrow \infty$ да тақсимот $T(x)$ қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$T(x) - T(0) = P_H \sqrt{\frac{r}{g}} \exp(-\sqrt{gr}x). \quad (5)$$

Ўйилган иссиқлик манбаи бўлган иссиқлик ўзгартиргичнинг физик модели учун (2б-расм), $T(x, p)$ ҳароратни аниқлаш учун матрица тенгламаси қуйидаги шаклга эга

$$|T(x, p)| + \left| \begin{array}{l} T_q(x, p) \{ ch[\gamma(p)x] - 1 \} + \frac{r}{\gamma(p)} (x, p) sh[\gamma(p)x] \\ \frac{\theta_q(x, p)}{z(\varphi)} sh[\gamma(p)x] + \{ 1 - ch[\gamma(p)x] \} \end{array} \right| = \left| \frac{A(x, p)B(x, p)}{C(x, p)D(x, p)} \right| |T(0, p)|. \quad (6)$$

Стационар режимда ўйилган иссиқлик манбаи бўлган ($0 \leq x \leq l_H$) қисм учун (6) га асосланиб қуйидаги ифода олинади

$$T_r(x) = T_1(0)ch[\sqrt{rg}x] + \frac{q}{\operatorname{arctg}} (1 - ch[\sqrt{rg}x]) = \left[T_1(0) - \frac{q}{g} \right] ch[\sqrt{rg}x] + \frac{q}{g}, \quad (7)$$

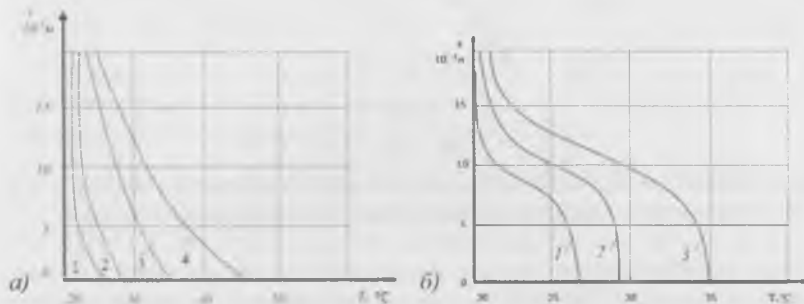
$l_H \leq x \leq l_1$ қисм учун эса

$$T_2(x) = T_2(l_H)ch[\sqrt{rg}x] - \sqrt{\frac{r}{g}} \Phi_2(l_H)sh \left[\sqrt{\frac{r}{g}} x \right] = T_2(l_H) \exp \left[- \left(\sqrt{\frac{r}{g}} x \right) \right], \quad (8)$$

бу ерда $T(0, p)$, $T(x, p)$ -ҳарорат; $\Phi(0, p)$, $\Phi(x, p)$ -иссиқлик йўналиши; $\gamma_{жм}$ — суюқ

материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини; $P_{НЭ}$ —иситиш элементининг қуввати; g -ўтказувчанлик; g -иссиқлик қувурининг қаршилиги; c -иссиқлик қувурининг сифими; sh -гиперболик синус; ch - гиперболик косинус.

Математик ифодаларга (2-8) асосланиб, $d=4 \cdot 10^{-3}$ м диаметрли мис иссиқлик ўтказгичлар бўйлаб $T_1(x)$ ва $T_2(x)$ тақсимланишининг графиклари олинган.



2-расм. Диаметри $4 \cdot 10^{-4}$ м бўлган цилиндрсимон мис иссиқлик ўтказгич бўйлаб $T(x)$ ҳароратни тақсимланиш графиклари, қиздириш элементининг ҳар хил қувватларида бир жойда жамланган (а) ва ёйилган (б) иссиқлик манбалари билан.

Диссертациянинг учинчи бобида “Суюқ материаллар намлиги миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик ўзгартиргичларнинг асосий тавсифлари” суюқ материаллар намлигини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргичларнинг асосий тавсифларини ўрганиш натижалари: статик тавсифлари, динамик тавсифлари, ишончилиги ва иссиқлик ўзгартиргичининг умумий ҳатолигини баҳолаш билан ҳатоликларини таҳлил қилиш келтирилган.

Ишда ҳароратга сезгир элементлар сифатида кўприкли ўлчаш занжирларига уланган яримўтказгич қаршилиқ термометрлари танланганлиги кўрсатилган. Кўприкли ўлчаш занжирларининг чиқиши электрон кучайтиргичларнинг кириш қисмларига уланган.

Кўприкли ўлчаш схемасида $R_{Г1}$ ҳароратга сезгир элементларнинг қаршилиги $R_{Г1}\epsilon_1$ кийматига ўзгаради ва $R_{Г1}(1 + \epsilon_1)$ га тенг бўлади, кўприк даври формуласи эса

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{R_{Г1}(1 + \epsilon_1) \cdot R_4 - R_2 R_3}{(R_{Г1}(1 + \epsilon_1) + R_2)(R_3 + R_4)} \quad (9)$$

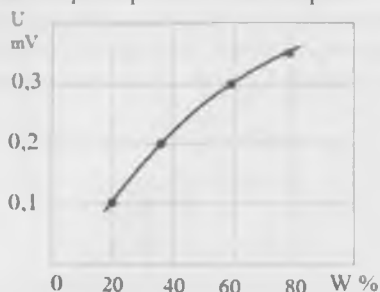
Ўзгартиришлардан кейин тенглама (9) қуйидаги шаклга эга бўлади

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K \epsilon_1}{(K+1)(K+1+K\epsilon_1)} \quad (10)$$

бу ерда $K=R_{Г1}/R_2=R_3/R_4$ кўприкли ўлчаш схемасининг симметрия коэффициентини; $\epsilon_1=\Delta R_{Г1}/R_{Г1}$.

2-чи расмда $P_{НЭ} = \text{const}$ режимида трансформатор мойни, бензин

намлигини ўлчашда (10) формулага мос келадиган иссиқлик ўзгартиргичининг статик характеристикаси келтирилган.



3-расм. Трансформатор мойи ва бензин намлигини назорат қилишда $P = 1,6$ Вт қувватдаги иссиқлик ўзгартиргичнинг статик характеристикаси.

Суюқ материаллардаги намлик миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргичларини (СМНМИЎ) узатиш функцияси қуйидаги шаклда келтирилган

$$W(p)_{\text{ТПВЖМ}} = W_{\text{ТП}}(p) \cdot W(p)_{\text{НЭ}} \cdot W(p)_{\text{ТЧЭ}},$$

бу ерда $W_{\text{ТП}}(p)$ - иссиқлик ўзгартиргичнинг узатгичини функцияси; $W(p)_{\text{НЭ}}$ – қиздириш элементининг узатиш функцияси; $W(p)_{\text{ТЧЭ}}$ - хароратга сезгир элементнинг узатиш функцияси.

Ишда иссиқлик ўзгартиргичларининг динамик тавсифларида $W_{\text{ТП}}(p)$ муҳим аҳамиятга эгаллиги кўрсатилган ва унинг қиймати қуйидагича аниқланади

$$W_{\text{ТП}}(p) = \frac{K_{\text{ТП}}}{P \frac{C_p F}{\alpha \pi d} + 1},$$

бу ерда $K_{\text{ТП}}$ –иссиқлик қувирининг узатиш коэффиценти; C_p –иссиқлик қувирининг солиштирма иссиқлик сифими; F –иссиқлик қувирининг юзаси; α – иссиқлик бериш коэффиценти; $\pi = 3.14$; d – иссиқлик қувир ташқи кесимининг диаметри.

СМНМИЎ ишончилигини таҳлил қилаётганда, сезгирлик S рухсат этилган чегаралар ичида бўлиш эҳтимоли $P(S)$ ни кўриб чиқиш қулай.

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

бу ерда \bar{S} - сезгирликнинг ўртача қиймати; σ_S –сезгирликнинг ўртача квадратик оғиши; ΔS - сезгирликнинг рухсат этилган оғиши.

Статик характеристикадан сезгирлик қуйидаги катталикларнинг функцияси эканлигини аниқлаш мумкин:

$$S = f(P_{\text{ТП}}, U_M, \kappa, \varepsilon). \quad (11)$$

Иссиқлик ўзгартиргич сезгирлиги (11) формулага киритилган катталик ва параметрларнинг функциясидир. λ барча катталиклар ва параметрлар номинал

кийматларни қабул қиладиган ва ёйилишнинг чизикли ҳадлари билан чекланган (11) формулани ρ_{\max} нуктаси яқинидаги Тейлор қаторига ёйиб чиқсак, қуйидагини оламиз

$$S_{\max} = \ddot{n} \left\{ \frac{\partial S_{\max c}}{\partial P_{H3}} \right\}_{P_{H3}=P_{H3M}} + \left\{ \frac{\partial S_{\max c}}{\partial U_M} \right\}_{U_M=U_{MH}} + \left\{ \frac{\partial S_{\max c}}{\partial K} \right\}_{K=K_H} + \left\{ \frac{\partial S_{\max c}}{\partial \varepsilon} \right\}_{\varepsilon=\varepsilon_{H_{\max}}}$$

СМНМИЎнинг тўлиқ ишончилиги

$$P = \Phi \left\{ \frac{\Delta S_{\max c}}{\sigma_S} \right\} - \Phi \left\{ -\frac{\Delta S_{\max c}}{\sigma_S} \right\} = \Phi \left\{ \frac{1}{0,45} \right\} - \Phi \left\{ -\frac{1}{0,45} \right\} = 0,966.$$

Юқорида айtilганларга асосланиб, W намлик миқдорини ўлчаш натижаси асосан қуйидаги омилларга боғлиқ: СМНМИЎдаги T_1 ва T_2 ҳароратларни ўлчаш аниқлигига; P_{H3} ва U_C аниқлигига.

$$dU_{\text{вых}} = \frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial W} dW + \frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial T_2} dT_1 + \frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial T_2} dT_2 + \frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial P_{H3}} dP_{H3} + \frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial U_C} dU_C. \quad (12)$$

Формула (12)да барча қўшилувчилар маълум белгилар ва миқдорларга эга бўлганда максимал хатолик қийматини беради, аммо амалда ҳамма белгилар ва миқдорлар маълум эмас ва шунинг учун СМНМИЎнинг умумий хатолиги эҳтимоллик баҳолашга асосан аниқланиши керак.

Умумий хатоликни ахборот ёндашуви асосида баҳолаш мақсадга мувофиқдир, унга кўра ўлчаш қурилмасининг хатолиги энтропия хатолигининг Δ_3 қиймати билан аниқланади

$$\Delta_3 = \kappa_3 \cdot \sigma_\Sigma,$$

бу ерда κ_3 - энтропия коэффиценти; σ_Σ - намлик миқдори иссиқлик ўзгартиргичи элементларининг жаъми ўртача квадратик хатолиги.

Асосий яримўтказгичли қаршилик термометри R_{T_2} кўприкли ўлчаш занжирига уланган ва $\gamma_{RT_2} = 0,2\%$ чегаравий қиймат билан меъёрланган аддитив хатоликка эга, кўприкли занжир $\gamma_{MC} = 0,1\%$ аддитив хатоликка эга. Иситиш элементи ҳам $\gamma_{H3} = 0,1\%$ аддитив хатоликка эга бўлиши мумкин. Худди шундай $\gamma_{RT_1} = 0,2\%$.

Таҳлил қилиш мақсадида иссиқлик ўзгартиргичларнинг барча хатоликлари аддитив ва мультипликативларга бўлинади ва биз улар учун тегишли тақсимот қонунини қабул қиламиз ва уларнинг ўртача квадратик хатоликларини топамиз.

Хатоликларни тақсимлаш қонунини нормал қонун деб қабул қилиш мумкин ва энтропия коэффиценти $\kappa_3 = 2,07$ бўлади.

Иссиқлик ўзгартиргичнинг жаъми аддитив ўртача квадратик хатолиги қуйидаги қийматга тенг:

$$\sigma_{Ta} = \sqrt{\gamma_{RT_1}^2 + \gamma_{RT_2}^2 + \gamma_{H3}^2 + \gamma_{MC}^2} = 0,14,$$

ва аддитив хатоликнинг энтропия қиймати

$$\gamma_{3A} = \sigma_{Ta} \cdot \kappa_3 = 0,14 \cdot 2,07 = 0,28.$$

СМНМИЎнинг натижавий хатолиги аддитив ва мультипликатив хатоликлар йиғиндисига тенг ва қуйидагидан аниқланади

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_{Ta}^2 + \sigma_{3H}^2} = \sqrt{0,14^2 + 0,217^2} = 0,258.$$

СМНМИУ хатолигининг энтропия қиймати:

$$\gamma_{\text{ТП}} = K_3 \sigma_3 = 2,07 \cdot 0,258 = 0,53\%.$$

Диссертациянинг туртинчи бобда “Суюқ материаллар намлигини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларини лойиҳалаш ва амалий қўллаш” суюқ материаллар намлигини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларнинг лойиҳалаштириш масалалари, конструкциясини ва оптимал элементларини танлаш услубиятлари, асосий элементларини танлаш, морфологик жадвалга мувофиқ иситиш элементини танлаш усуллари келтирилган.

Оптимал параметрли лойиҳалаш натижасида II ва III боблардаги тадқиқотлар асосида энг мақбул параметрлар топилди: $U_M(a_1)$, $K(a_2)$, $P_{\text{ГД}}(a_3)$, $R_{\text{ГЧЭ}}(a_4)$, $d, (a_5)$ $V(a_6)$ бу умумий ҳолатда СМНМИУ нинг асосий параметрларини ташкил этади, бу ерда U_M -кўприк кучланиши, K -кўприк ўлчаш схемасининг симметрия коэффициенти, $R_{\text{ГЧЭ}}$ - иситиш элементининг қуввати, $R_{\text{ГД}}$ -иссиқликка сезгир элементнинг қаршилиги, d - зонд диаметри, V - йўналиш тезлиги,

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

Оптималлаштириш натижасида СМНМИУ нинг шундай параметрларини топиш керакки, бунда оптималлик мезонининг $I(\bar{a})$ оптимал қийматига эришилади, яъни

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

бу ерда $\text{opt} I(\bar{a})$ - $I(\bar{a})$ нинг оптимал қиймати; $D\bar{a}$ - йўл қўйилган ечимлар доираси.

Агар П-ни излаш доираси деб белгиласак, унда

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

бу ерда: b ва c - a_i нинг минимал ва максимал қийматлари.

СМНМИУни лойиҳалашда статик характеристикасининг сезгирлиги ва чизиклилиги мезонлари бўйича параметрларнинг оптимал вектори топилади

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

натижасида

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

СМНМИУнинг статик характеристикасини чизиклилигини ошириш масаласи унинг чизиклилигини статик характеристиканинг чизикли боғланиши аппроксимацияси билан ҳал қилинади.

$$U_{\text{бых}} = AW_{\text{ex}} + B.$$

Квадратик интеграл мезонидан фойдаланиб, бизда

$$\text{Min} I = \int_{W_{\text{exmin}}}^{W_{\text{exmax}}} \{U_{\text{бых}} - AW_{\text{ex}} - B\} dW_{\text{ex}},$$

ёки

$$\text{Min} I = \int_{W_{\text{exmin}}}^{W_{\text{exmax}}} \{f[W_{\text{ex}}, \bar{a}(\bar{y})] - AW_{\text{ex}} - B\} dW_{\text{ex}},$$

ушбу масалани ечиб, қуйидагини топамиз



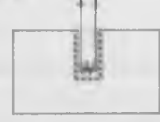
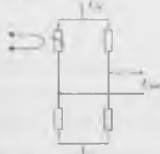



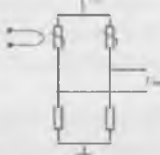

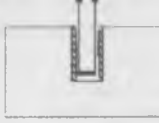
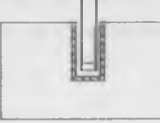
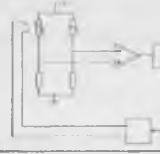


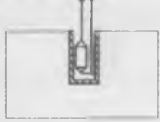
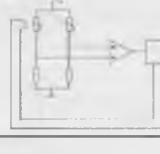
$$A = A[W_{\text{ex}}, \bar{a}(\bar{y})], \quad B = B[W_{\text{ex}}, \bar{a}(\bar{y})],$$

максимал сезгирлик учун

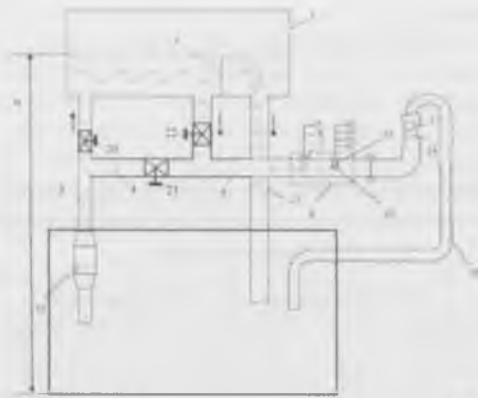
$$\text{Max}A[W_{\text{ax}}, \bar{a}(\bar{y})], a \in \text{oa}, W_{\text{ax}} \in [W_{\text{axmin}}, W_{\text{axmax}}].$$

1-жадвал

Суюқ материаллар намлиги микдорини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргич элементларининг морфологик жадвали (нефт ва нефт маҳсулотлари)

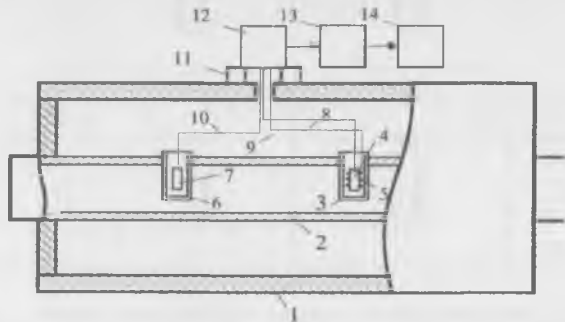
Тў шакли	НЭ кўриниши	ТСЭ кўриниши	Ўлчаш схемасини кўриниши
1.1 	2.1 	3.1 	4.1 
1.2 	2.2 	3.2 	4.2 
1.3 	2.3 	3.3 	4.3 
1.4 	2.4 	3.4 	4.4 

4-расмда экспериментал қурилма кўрсатилган бўлиб, унда намлик микдори $W = 0-15\%$ бўлганда ўлчаш схемаси сув билан бўлган иссиқлик зондли ўтказгичнинг конструкцияси илгари ўрганилган ва тадқиқот услубияти ишлаб чиқилган.



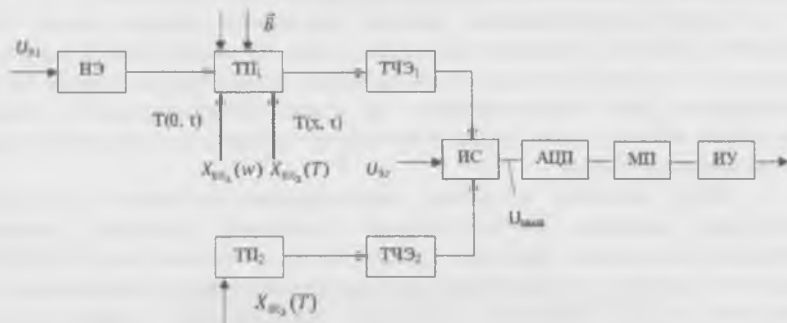
4-расм. Суюқ материаллар намлиги миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргичларни тадқиқот қилиш учун экспериментал қурилма: 1- бак; 2- тўсиқ; 3- таъминот қувири; 4- бириктирувчи қувур; 5- чиқиш ўлчаш қувири; 6- ўлчаш участкаси; 7- қўшимча терморезисторли зонд; 8,9- терморезисторнинг чиқишлари; 10- асосий терморезисторли зонд; 11- иситиш элементи; 12,13,14 ва 15- асосий терморезистор ва иситиш элементининг чиқишлари; 16,17- қалқовучли ротаметр; 18- ўлчаш участкасининг чиқиш қувири; 19-насос; 20,21- вентиллар; 23- суюқлик чиқариш қувири.

Иссиқлик ўзгартиргичларининг конструкциясини ва экспериментал қурилмани ишлаб чиқишда I ва II бобларда олинган барча натижалар ҳисобга олинди, бу ерда қуйидаги вазифалар қўйилган эди: биринчи навбатда, иссиқлик ўзгартиргич конструкциясининг ишлаш қобилиятини яхшилаш, иккинчидан, илгари олинган математик моделлар мослигини текшириш.



5-расм. Суюқ материалнинг намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргич тезлигини барқарорлаштирувчи конструкцияси: 1- корпус; 2- иссиқлик ўзгартиргич найчасини ўлчаш участкаси; 3- асосий цилиндрсимон зонд; 4- ҳароратга сезгир элемент; 5- иситиш элементи; 6- қўшимча цилиндрсимон зонд; 7- компенсацион ҳароратга сезгир элемент; 8-

қаршилиги $R_{н3}$ бўлган ҳароратга сезгир элементнинг чиқиш симлари; 9- ҳароратга сезгир элемент R_{72} нинг чиқиш симлари; 10- ҳароратга сезгир элемент R_{71} нинг чиқиш симлари; 11- вилка улагичи; 12-ўлчаш схемаси; 13- ўлчаш маълумотларини қайта ишлаш блоги; 14-қурулма индикатори.



6-расм. Суюқ материаллар намлиги миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларнинг функционал схемаси.

$U_{Э1}$ - иситиш элементининг манба кучланиши; $T(0,\tau)$ – $x=0$ га тенг бўлганда иссиқлик ўтказгичининг бошидаги ҳарорат; $T(x,\tau)$ –ҳароратнинг иссиқлик ўтказгичи бўйлаб тақсимланиши; НЭ – иситиш элементи; ТП₁– иситиш ва асосий ҳароратга сезгир элементи жойлашган асосий иссиқлик ўтказгичи; ТП₂–қўшимча ҳароратга сезгир элементи жойлашган қўшимча иссиқлик ўтказгичи; ТЧЭ₁–асосий ҳароратга сезгир элемент; ТЧЭ₂ –қўшимча ҳароратга сезгир элемент; ИС– ўлчаш схемаси; АЦП– аналог-рақамли ўзгартиргич; МП– микропроцессор; ИУ – индикатор (кўрсаткич) қурилмаси; X –узунасига координата; τ –вақт; $X_{ак1}(w)$ –суюқ материалнинг намлик миқдори бўйича кириш катталиги; $X_{ак2}(T)$ –материал ҳарорати бўйича кириш катталиги; T –суюқ материал ҳарорати; $U_{Э2}$ – ўлчаш схемасининг манба кучланиши; $U_{Эвв}$ – ўлчаш схемасининг чиқиш катталиги (кучланиш); \bar{B} – турли хил ноинформатив таъсирлар.

Диссертация ишининг олинган натижалари тадқиқот натижаларининг ишончлилигини тасдиқлади ва уларни суюқ материаллар намлиги миқдорини автоматик назорат қилиш учун кўп функцияли қурилмада қўллаш самарадолигини бошқа соҳаларда кўрсатди. Диссертация ишининг ушбу натижалари кимё, озиқ-овқат ва бошқа sanoъат тармоқларида суюқ материалларнинг намлигини аниқлашда иссиқлик ўзгартгичларни ишлаб чиқиш ва амалий қўллаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

ХУЛОСА

Суюк материаллар намлиги миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик ўзгартиргичларининг юқорида келтирилган тадқиқотлари асосида диссертацияда қуйидаги илмий ва амалий натижаларга эришилди.

1. Суюк материалларнинг намлик миқдорини назорат қилиш учун иссиқлик усули ва ўзгартиргични тадқиқ этиш ва ишлаб чиқиш зарурияти асосланди, бу уларни тузилиш тамойилларини таҳлил қилиш, уларни асосий элементларга кўра тизимлаштириш ва суюк материалларнинг намлик миқдорини янги иссиқлик ўзгартиргичларини яратиш методикасини ишлаб чиқиш имконини берди.

2. Зонд типдаги иссиқлик тизимларининг математик моделлари ўрганилди, иссиқлик турткутблицлари назарияси ёрдамида уларнинг математик моделлари яратилди. Экспериментал тадқиқотлар СМНМИЎ чиқиш сигналининг суюк материалдаги намлик миқдорига боғлиқлигини ақс эттирувчи ишлаб чиқилган математик моделларнинг самаралилигини кўрсатди.

3. Суюк материалларнинг намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларининг асосий характеристикалари ўрганилди. СМНМИЎнинг статик характеристикалари учта мумкин бўлган иш режимлари учун ўрганилди: доимий иситиш қуввати $P_{нэ} = const$ да; доимий температуралар фарқи $\Delta T = const$ да; иситиш элементининг дискрет (алоҳида-алоҳида) ёқиш ва ўчиришда. Суюк материалларнинг намлигини автоматик бошқариш тизимлари учун жуда мос бўлган $P_{нэ} = const$ да содда ва ишончли иш режими содир бўлиши кўрсатилган.

4. Суюк материалларнинг намлик миқдорини назорат қилишда иссиқлик ўзгартиргичларни ишончлилиги, ўзгартиргичларнинг 1,0% дан кўп бўлмаган хатолиги билан бекарорлаштирувчи омилларни ҳисобга олган ҳолда, аста-секин ишдан чиқишга нисбатан $P = 0,966$ га тенг эканлиги кўрсатилган. Суюк материалларнинг намлик миқдорини назорат қилишда, иссиқлик ўзгартиргичининг хатолигини баҳолаш энтропия хатолиги $\Delta_s = 0,53\%$ эканлигини кўрсатади. СМНМИЎнинг экспериментал хатолиги 1,0%дан ошмайди.

5. СМНМИЎ асосий элементларининг морфологик жадваллари ишлаб чиқилган бўлиб, уларнинг асосида СМНМИЎнинг оптимал тузилиши қуйидаги сифат кўрсаткичлари бўйича танланади: сезгирлик, аниқлик, ишончлилик, тезкорлик ва бошқалар.

6. Синовдан ўтган натижалар асосида суюк материалларнинг намлик миқдорини аниқлаш учун иссиқлик ўзгартиргичи ишлаб чиқилиб, "Жиззах Нефтбаза" МЧЖ корхоналарида йилига 144 млн.сўм иқтисодий самараси билан жорий этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АВЕЗОВА НАЗОКАТ ИБАДУЛЛАЕВНА

**ТЕПЛОВОЙ МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ**

05.03.01 - «Приборы. Методы измерения и контроля»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан № В2022.2.PhD/Т599.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и в Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Исмагуллаев Патхулла Рахматович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Улжаев Эркин
доктор технических наук, профессор
Абдуллаев Махмуд Мухаммадиевич
кандидат технических наук, доцент

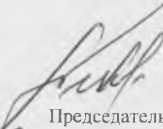
Ведущая организация: Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится « 21 » 01 2023 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871)246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

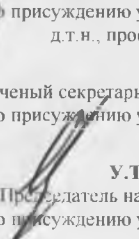
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № 295) (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (998971) 207-14-70)

Автореферат диссертации разослан « 06 » 01 2023 года.
(реестр протокола рассылки № 24 от « 28 » 11 2022 года)




Н.Р. Юсубеков
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф. Мамиров
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент


У.Т. Мухамедханов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется созданию и модернизации измерительной техники и контролю качества для производства высококачественной продукции с наименьшими затратами энергии, сырья и времени. При этом важное значение имеет повышение чувствительности, точности и быстродействия преобразователей системы управления в технологических процессах, связанных с контролем потока жидких материалов, уменьшением погрешности измерения влажности этих потоков, повышением их долговечности в экстремальных условиях эксплуатации и уменьшением массы, габаритов. Одной из важнейших задач является определение таких характеристик средств измерений, проведение по ним научных исследований, создание конструкций, основанных на новых методах и средствах.

В мире особое внимание уделяется разработке систем высокоскоростного анализа качества выпускаемой продукции, моделей определения показателей качества и характеристик конечного продукта, синтезу анализаторов качества конечного продукта. В настоящее время в химической, нефтехимической и пищевой промышленности для обеспечения качества продукции важное значение приобретает применение методов и устройств автоматического контроля влажности жидких материалов, использование при таких измерениях средств измерений, соответствующих современным требованиям. Одной из важнейших задач, занимающих все более ведущие позиции во всем мире, является автоматическое управление технологическими процессами, имеющимися в различных отраслях народного хозяйства, совершенствование технических средств и методов управления, включая совершенствование алгоритмов и методов управления, а также технических характеристик их элементов и устройств, расширение их функциональных возможностей и совершенствование конструкций.

В нашей республике многое предпринимается для внедрения инновационных технологий в промышленность, реализации высокоэффективных систем контроля качества полуфабрикатов и готовой продукции, в том числе для создания виртуальных анализаторов конечной продукции. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, определены задачи, включая "... дальнейшее развитие экспортного потенциала местных отраслей промышленности, в полной мере используя существующие возможности...".¹ Для достижения этих важных задач одним из важных является разработка концепций, которая эффективно решает задачи внедрения виртуальных анализаторов технологических процессов контроля качества выпускаемой продукции.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, определенных Указами Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О новой стратегии развития Узбекистана на

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

2022-2026 годы», № ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями № ПК-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сферы на 2017-2021 годы», № ПК-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно-правовых документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики III. «Развитие энергетики, транспорта, машин и оборудования, современной электроники, микроэлектроники, фотоники и электронного оборудования».

Степень изученности проблемы. По результатам мировых исследований значительный вклад в развитие методов и приборов контроля влагосодержания материалов и его практическую реализацию внесли зарубежные ученые Tianming Chen², Jingbo Tong¹, E.C.Кричевский⁴, O.M.Большунова⁵, M.A.Берлинер⁶, И.А.Кострикина⁷ и др. В теорию и практику тепловых первичных преобразователей для контроля влажности материалов значительный вклад внесли отечественные ученые: Р.К.Азимов⁸, Б.М.Ахмедов⁹, П.Р.Исматуллаев¹⁰, Э.Улжаев¹¹, Н.Р.Юсупбеков¹² и др. Таким образом, существует много зарубежных и отечественных публикаций, посвященных измерению влажности различных материалов.

Однако, из-за недостатка оперативных и энергосберегающих устройств контроля влагосодержания жидких материалов, и не имея возможности

² Tianming Chen, Analysis of a concentric coplanar capacitive sensor for nondestructive evaluation of multi-layered dielectric structures (2010) IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 17 (4), 1307-1318

³ Jingbo Tong MEASUREMENT AND MODELING OF HUMIDITY SENSORS* (2014). Theses and Dissertations-Electrical and Computer Engineering. 59. https://uknowledge.uky.edu/ece_etds/59

⁴ Кричевский E.C. Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов. - М.: Энергия. 1980. - 240 с.

⁵ Большунова O.M. Исследование приборов для контроля влажности при транспортировке жидких и сыпучих материалов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.В. Павлов. 2016. Издательство: Санкт-Петербургский горный университет (Санкт-Петербург). -С.18-21.

⁶ Берлинер M.A. Измерения влажности - М.: Энергия, 1973 - 400 с.

⁷ Кострикина И.А. Методы и средства измерений электрических параметров материалов для оценивания влажности. Автореф. дисс. тех. наук. -Пенза,-2004 -20 с

⁸ Азимов Р. К. и др. Общий обзор существующих принципов построения влагомеров //Интернаука. – 2021. – №. 11-1. – С. 71-74.

⁹ Ахмедов Б.М. и др. Теоретические основы аналитических измерений в технологических отраслях. - Ташкент, Изд-во ООО «Нашр ХА», 2006. – 83 с.

¹⁰ Исматуллаев П.Р. и др. О применении информационных технологий в современной метрологии – Standart, 2009. №4-9с.

¹¹ Улжаев Э. Емкостной преобразователь цилиндрической формы и расчет его параметров //Кимёвий технология, назорат ва бошқарув. – 2013. – С. 41-45.

¹² Юсупбеков Н. Р. и др. Информационные технологии автоматизации производственных процессов //Химическая технология. Контроль управления. – 2007. – №. 1. – С. 50

использования устройств в данном конкретном аспекте для построения автоматизированных систем контроля технологических процессов, мы использовали другие методики и решения в исследуемой работе.

Несмотря на значительные достижения в области развития научных и технических основ влагометрии жидких материалов, научная и техническая основа влагометрии для жидких продуктов остается нерешенной. В этой связи возникла необходимость разработки новых научно-технических и конструкторских решений, обеспечивающих требуемую точность и достоверность результатов измерений.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках следующих научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета по темам: в рамках Erasmus+ международный проект 609715-EPP-1-2019-1-UZ-EPPKA2-CBHE-JE. «Новая учебная программа по космическим системам и связи» запланированным на 2019-2022 годы.

Целью исследования является разработка теплового преобразователя для контроля влагосодержания жидких материалов, (нефть и нефтепродукты) имеющих простую конструкцию и низкую стоимость.

Задачи исследования:

провести анализ существующих методов и преобразователей применяющихся при контроле влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов;

обоснование перспективности теплового метода и устройства для разработки прибора контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов;

разработка математических моделей тепловых преобразователей влагосодержания зондового типа;

исследование основных характеристик тепловых зондовых преобразователей для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов;

анализ источников погрешностей тепловых зондовых преобразователей для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов;

создание и внедрение новых конструкций на основе теплового преобразователя для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов.

Объектом исследования являются тепловые методы и устройства для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов.

Предмет исследования являются методы и приборы на основе тепловых первичных преобразователей для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы теория измерений, анализ и обработка экспериментальных данных, теория информационно-измерительных систем, методы организации

эксперимента и физические основы получения измерительной информации с применением первичных преобразователей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель теплового преобразователя на основе теории тепловых четырёхполюсников, отражающей зависимость выходного сигнала измерительной схемы от количества влаги в жидких материалах;

построены статические и динамические характеристики теплового преобразователя влагосодержания жидких материалов в реальных условиях эксплуатации на основе теплопроводности и распределения температуры вдоль теплопровода с нормированными метрологическими свойствами;

разработана конструкция и схема измерения бинарного зондового теплового преобразователя с высокой чувствительностью для контроля количества воды в жидких материалах, отличающаяся от существующих расширенными функциональными возможностями;

усовершенствованы методы улучшения метрологических характеристик первичного преобразователя, позволяющие расширить интервал измерения влажности в целях установления детерминированной математической связи между коэффициентом теплопередачи и коэффициентом теплопроводности жидких материалов на основе критерия Нуссельта.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований, разработано и внедрено тепловое устройство для оперативного контроля влагосодержания жидких(нефть и нефтепродукты) материалов;

разработаны измерительная схема и конструкция теплового первичного преобразователя для контроля влагосодержания жидких(нефть и нефтепродукты) материалов;

программное обеспечение разработано с учетом специфики исследуемого объекта и использовано при градуировке и калибровке теплового первичного преобразователя влагосодержания жидких(нефть и нефтепродукты) материалов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается согласованностью итогов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием образцовых средств измерения, а также с положительными результатами измерений.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется совершенствованием метрологических и технических характеристик тепловых методов и устройств для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные программные, методические и технические обеспечения контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов позволяет повысить технико-экономические показатели за счет повышения точности

системы контроля технологического процесса.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов по совершенствованию тепловых методов и устройств для автоматического контроля влагосодержания жидких материалов (нефть и нефтепродукты) для систем контроля и управления, выполнен следующий объем работ:

устройство контроля влажности жидких материалов получило патент на изобретение от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (IAP 06479 от 30.04.2021). В результате созданный прибор позволил измерять влажность жидких материалов (нефти и нефтепродуктов) на 15 % достоверно по сравнению с существующими;

конструкция и измерительная схема теплового преобразователя влагосодержания жидких материалов внедрено в ООО “Жиззах нефтни қайта ишлаш” (справка АО “O‘zbekneftgaz” №03-17-5/25 от 18 февраля 2022 года). В результате экономический эффект от внедрения предлагаемого прибора реализуется за счёт повышения точности измерений и эффективности технологического процесса, осуществления экспресс-контроля, использования неразрушающего метода контроля, не нарушающего влажность, и за счет добавленных к нему затрат энергии и труда.

Апробация результатов исследования. Результаты настоящего исследования прошли апробацию на 2-ми международных и 4-х республиканской научно-практических конференциях и научных семинарах.

Публикация результатов исследования. Всего по теме исследования опубликовано 14 научных работ, в том числе 1 патент на изобретение, 4 журнальных статей в зарубежных и в республиканских научно-технических журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, в 2 зарубежных и 2 республиканских журналах, а также получено 1 свидетельство о регистрации программного продукта для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «Анализ существующих методов и устройств для контроля влагосодержания жидких материалов» приведена

систематизация информации о влагосодержании жидких материалов, о существующих методах и приборах для получения информации о влагосодержании жидких материалов. Составлена классификация методов контроля влагосодержания жидких материалов по следующим показателям: по принципу действия, по оперативности получения данных о влагосодержании жидких материалов, по степени автоматизации метода и приборов. Показана наибольшая пригодность и перспективность применения в устройствах оперативного контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов когда обладают методы, основанные на различных преобразователях зондирующего типа. К указанным методам относятся диэлектрические, радиоволновые, оптоэлектронные, акустические, тепловые и другие. Среди указанных методов недостаточно исследованы и разработаны тепловые методы и преобразователи для автоматического контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов. Тепловые преобразователи влагосодержания жидких материалов являются перспективными, с точки зрения простоты конструкции, оперативности контроля и стоимости. В работе рассмотрены принципы построения тепловых преобразователей на основе трубчатых и зондовых теплопроводов. Однако у теплового преобразователя на основе трубчатого теплопровода невысокая точность из-за больших потерь тепла из нагревателя в окружающую среду и большая динамическая погрешность тепловой инерции. Лучшей характеристикой по точности и быстродействию обладает тепловой преобразователь, в котором в радиальных отверстиях трубопровода расположены поперек направления жидкого материала зонды с термочувствительными и нагревательными элементами. Стабилизация расхода жидкого материала в измерительном участке трубопровода теплового преобразователя с помощью специальных устройств позволяет при постоянной комсисентности жидкого материала однозначно контролировать влажность жидкого материала. Устройства для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов на основе тепловых преобразователей имеют расширенные функциональные возможности благодаря наличию зондовой в конструкции преобразователя нагревательных и термочувствительных элементов, что позволяет контролировать кроме влагосодержания жидкого материала, температуру материала, а также наличие или отсутствие жидкого материала. Указанные выше достоинства тепловых преобразователей позволяют соответствовать большинству требований предъявляемых к преобразователям влагосодержания жидких материалов со стороны систем контроля и управления влажностью различных жидких материалов.

Во второй главе «Математические модели тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов» исследованы математические модели тепловых преобразователей влагосодержания жидких материалов, математические модели тепловых преобразователей с цилиндрическим теплопроводом с

сосредоточенным и распределенным источником тепла.

Анализ теплового метода контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов показывает, что для его эффективного применения необходимо иметь обоснованные значения зависимости теплофизических характеристик жидкого материала от влагосодержания.

Среди различных жидких материалов наиболее полно этому требованию отвечают бинарные жидкие материалы, основной особенностью которых в отличие от других материалов является возможность установления математической связи между основной теплофизической величиной - теплопроводностью λ и влажностью W жидкого материала. Примерами бинарных систем являются растворы, которые широко применяются в химической, пищевой и других отраслях промышленности. В данной работе для разработки и исследования тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов (ТПВЖМ) использовался бинарный жидкий материал, а далее статические характеристики были получены с другими жидкими материалами, а именно нефтепродуктом - трансформаторным маслом и пищевым продуктом - хлопковым маслом.

Основные физические модели тепловых преобразователей влагосодержания для построения их математических моделей приведены на рис.1

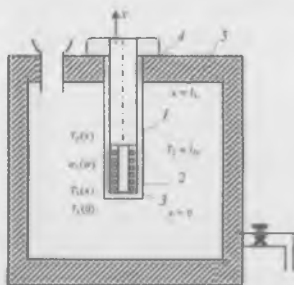


Рис. 1. Физические модели тепловых преобразователей с цилиндрическим теплопроводом, распределенным источником тепла: 1 – теплопровод; 2 – термочувствительный элемент; 3 – нагревательный элемент.

При решении задачи создания математических моделей тепловых преобразователей влагосодержания целесообразно рассматривать их тепловые системы как тепловые четырехполюсники, где в качестве входных и выходных величин использовано распределение температуры $T(x)$.

В ТПВЖМ изменение влагосодержания W жидкого материала сопровождается изменением интенсивности процесса теплообмена между нагретым теплопроводом 1 (рис.2.) и жидким материалом. Наибольшие изменения коэффициента теплоотдачи α между нагретым теплопроводом 1 и жидким материалом имеют место в диапазоне малых скоростей V при ламинарных режимах движения жидкого материала. В работе при

обеспечении постоянной скорости $V=0,05$ м/с и диаметре теплопровода $d=4 \cdot 10^{-3}$ м был обеспечен ламинарный режим с числами Рейнольдса (Re) в диапазоне $Re < 1000$, что позволило для решения задач процессов теплообмена использовать рекомендуемые критериальные формулы.

Для физической модели со сосредоточенным источником тепла (рис 2.а) матричное уравнение имеет вид (1)

$$|T(x, p)| = \begin{vmatrix} A(x, p) & B(x, p) \\ C(x, p) & D(x, p) \end{vmatrix} |T(0, p)|, \quad (1)$$

$$A(x, p) = ch\gamma(p)x; B(x, p) = Z(p)sh[\gamma(p)x]; C(x, p) = \frac{1}{Z(p)} [sh[\gamma(p)x],$$

$$D(x, p) = ch[\gamma(p)x,$$

$$\gamma(p) = \sqrt{r(cp + g)}; Z(p) = \sqrt{\frac{r}{(cp + g)}}$$

где $g = \pi d$ – удельная тепловая проводимость на единицу длины; $\pi = 3,14$; $r = \frac{1}{\lambda F}$ удельное тепловое сопротивление на единицу длины; d – диаметр теплопровода; λ – теплопроводность материала теплопровода; F – площадь теплопровода; p – оператор.

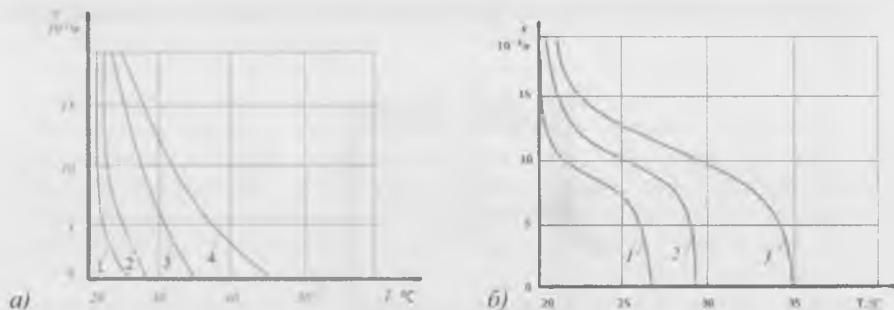


Рис.2. Графики распределения температуры $T(x)$ вдоль цилиндрического медного теплопровода диаметром $4 \cdot 10^{-3}$ м с сосредоточенными (а) и распределенными (б) источниками тепла при различных мощностях нагревательного элемента при исследованиях с жидком материалом нефти и нефтепродуктов.

На основе матричного уравнения (1) получены выражения распространения температуры $T(x, p)$ вдоль теплопровода I

$$T(x, p) = T(0, p)ch[\sqrt{r(cp + g)}x] - \frac{r}{\sqrt{(cp + g)}} sh[\sqrt{r(cp + g)}x], \quad (2)$$

и

$$\Phi(x, p) = -\frac{T(0, p)}{\sqrt{(cp + g)}} sh[r(cp + g)x] + \Phi(0, p)ch[r(cp + g)x]. \quad (3)$$

Переходя от изображения по Лапласу к оригиналу, можно получить формулу для оценки динамики изменения распределения температуры во времени

$$T(x, \tau) - T(0) = P_H \sqrt{\frac{r}{g}} \left[e^{-\sqrt{gr}x} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2} \sqrt{\frac{cr}{\tau}} - \sqrt{\frac{g}{c}} \tau \right) - e^{\sqrt{gr}x} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2} \sqrt{\frac{cr}{\tau}} + \sqrt{\frac{g}{c}} \tau \right) \right] \quad (4)$$

Для стационарного режима распределение $T(x)$ имеет вид при $\tau \rightarrow \infty$

$$T(x) - T(0) = P_H \sqrt{\frac{r}{g}} \exp(-\sqrt{gr}x). \quad (5)$$

Для физической модели теплового преобразователя с распределенным источником тепла (рис. 2.б) матричное уравнение для определения $T(x, p)$ имеет вид

$$T(x, p) + \begin{bmatrix} T_q(x, p) \{ ch[\gamma(p)x] - 1 \} + \frac{r}{\gamma(p)} \Phi_q(x, p) sh[\gamma(p)x] \\ \frac{\theta_q(x, p)}{z(p)} sh[\gamma(p)x] + \Phi_q(x, p) \{ 1 - ch[\gamma(p)x] \} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(x, p) B(x, p) \\ C(x, p) D(x, p) \end{bmatrix} T(0, p) \quad (6)$$

На основании (6) в стационарном режиме для участка с распределенным источником тепла ($0 \leq x \leq l_H$) получено выражение

$$T_r(x) = T_1(0) ch[\sqrt{rg}x] + \frac{q}{\alpha n d} (1 - ch[\sqrt{rg}x]) = \left[T_1(0) - \frac{q}{g} \right] ch[\sqrt{rg}x] + \frac{q}{g}, \quad (7)$$

а для участка $l_H \leq x \leq l_1$

$$T_2(x) = T_2(l_H) ch[\sqrt{rg}x] - \sqrt{\frac{r}{g}} \Phi_2(l_H) sh \left[\sqrt{\frac{r}{g}} x \right] = T_2(l_H) \exp \left[- \left(\sqrt{\frac{r}{g}} x \right) \right] \quad (8)$$

где $T(0, p)$, $T(x, p)$ -температура; $\Phi(0, p)$, $\Phi(x, p)$ -тепловой направления; $\gamma_{жм}$ - коэффициент теплопроводности жидкого материала; $P_{HЭ}$ - мощности нагревательного элемента; g -проводимость; g -сопротивление теплопровода; c -емкость теплопровода; sh -гиперболические синус; ch - гиперболические косинус.

На основании математических выражений (2)-(8) получены графики распределения $T_1(x)$ и $T_2(x)$ вдоль медного теплопровода диаметром $d=4 \cdot 10^{-3}$ м для теплопроводов с нагревательными элементами для жидкого материала.

В третьей главе диссертации «Основные характеристики тепловых преобразователей для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов» приведены результаты исследования основных характеристик тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов: статические характеристики, динамические характеристики, надежность и анализ погрешностей с оценкой суммарной погрешности теплового преобразователя.

В работе показано, что в качестве термочувствительных элементов выбраны полупроводниковые термометры сопротивления, включённые в мостовые измерительные схемы, выходы которых подключаются к входам электронных усилителей.

В мостовой измерительной схеме изменяется сопротивление термочувствительного элемента R_{T1} на величину $R_{T1}\epsilon_1$ которое станет равным $R_{T1}(1 + \epsilon_1)$, при этом формула мостовой схемы примет вид

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{R_{T1}(1 + \epsilon_1) R_4 - R_2 R_3}{[R_{T1}(1 + \epsilon_1) + R_2](R_3 + R_4)} \quad (9)$$

После преобразований уравнение (9) примет вид

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K \epsilon_1}{(K+1)(K+1 + \epsilon_1)}, \quad (10)$$

где $K = R_{11}/R_2 = R_3/R_4$ коэффициент симметрии мостовой измерительной схемы; $\varepsilon_1 = \Delta R_{T1}/R_{T1}$, ε_1 — относительное приращение сопротивления.

Статическая характеристика теплового преобразователя, соответствующая формуле (10) при измерении влагосодержания жидкого материала, приведена на рис. 3 при режиме работы $P_{HЭ} = const$.

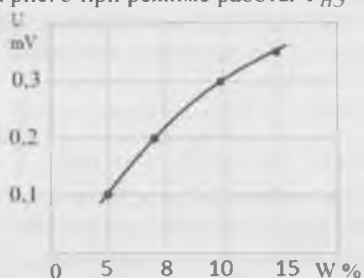


Рис. 3. Статическая характеристика ТПВЖМ при режиме постоянной мощности нагрева $P_{HЭ} = 1,6$ Вт, при контроле влагосодержания жидкого материала. (нефть и нефтепродукты)

В работе также были получены статические характеристики при контроле влагосодержания нефтепродукта трансформаторное масло-вода в режиме переменной мощности нагрева и при контроле влагосодержания пищевого продукта хлопковое масло-вода в режиме работы с дискретным включением и отключением нагревательного элемента.

Передаточная функция теплового преобразователя влагосодержания жидкого материала (ТПВЖМ) представлена в виде

$$W(p)_{ТПВЖМ} = W_{ТП}(p) \cdot W(p)_{HЭ} \cdot W(p)_{TЧЭ},$$

где $W_{ТП}(p)$ — передаточная функция теплопровода преобразователя; $W(p)_{HЭ}$ — передаточная функция нагревательного элемента; $W(p)_{TЧЭ}$ — передаточная функция термочувствительного элемента.

В работе показано, что существенную роль в динамических характеристиках тепловых преобразователей принадлежит $W_{ТП}(p)$, которая определяется из выражения

$$W_{ТП}(p) = \frac{K_{ТП}}{p \frac{C_p F}{\alpha \pi d} + 1}$$

где $K_{ТП}$ — коэффициент передачи теплопровода; C_p — удельная теплоемкость теплопровода; F — площадь сечения теплопровода; α — коэффициент теплоотдачи; $\pi = 3.14$; d — наружный диаметр теплопровода.

При анализе надёжности ТПВЖМ удобно рассматривать вероятность $P(S)$ того, что чувствительность S будет находиться в допустимых пределах

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

где \bar{S} — среднее значение чувствительности; σ_s — среднее квадратическое отклонение чувствительности; ΔS — допустимое отклонение

чувствительности.

Из статической характеристики можно определить, что чувствительность является функцией следующих величин:

$$S = f(P_{H3}, U_M, \kappa, \varepsilon). \quad (11)$$

Чувствительность теплового преобразователя является функцией величин и параметров, входящих в формулу (11). Разлагая формулу (11) в ряд Тейлора в окрестности точки λ_{max} , где λ все величины и параметры принимают номинальные значения и ограничиваются линейными членами разложения, получаем

$$S_{max} = H \left\{ \frac{\partial S_{max} C}{\partial P_{H3}} \right\}_{P_{H3}=P_{H3M}} + \left\{ \frac{\partial S_{max} C}{\partial U_M} \right\}_{U_M=U_{MН}} + \left\{ \frac{\partial S_{max} C}{\partial \kappa} \right\}_{\kappa=\kappa_H} + \left\{ \frac{\partial S_{max} C}{\partial \varepsilon} \right\}_{\varepsilon=\varepsilon_{Hmax}}$$

Полная надёжность ТПВЖН равна

$$P = \Phi \left\{ \frac{\Delta S_{max}}{\sigma_S} \right\} - \Phi \left\{ -\frac{\Delta S_{max}}{\sigma_S} \right\} = \Phi \left\{ \frac{1}{0,45} \right\} - \Phi \left\{ -\frac{1}{0,45} \right\} = 0,966.$$

Погрешность результата измерения влагосодержания W жидкого материала в основном зависит из следующих факторов: от точности измерения температур T_1 и T_2 в ТПВЖМ; точности P_{H3} и измерительной схемы ИС.

$$dU_{вых} = \frac{\partial U_{вых}}{\partial W} dW + \frac{\partial U_{вых}}{\partial T_1} dT_1 + \frac{\partial U_{вых}}{\partial T_2} dT_2 + \frac{\partial U_{вых}}{\partial P_{H3}} dP_{H3} + \frac{\partial U_{вых}}{\partial \text{ис}} d\text{ис}. \quad (12)$$

Формула (12) дает значение максимальной погрешности, когда все слагаемые имеют известные знаки и величины. Однако на практике не все знаки и величины хорошо известны и поэтому суммарную погрешность ТПВЖМ необходимо определять на основе вероятностной оценки.

Оценку суммарной погрешности целесообразно произвести на основе информационного подхода, согласно которому погрешность измерительного устройства однозначно определяется значением энтропийный погрешности Δ_3

$$\Delta_3 = \kappa_3 \cdot \sigma_\Sigma,$$

где κ_3 – энтропийный коэффициент; σ_Σ – суммарная среднеквадратическая погрешность элементов теплового преобразователя влагосодержания.

Основной полупроводниковый термометр сопротивления R_{T_2} подключается к мостовой измерительной схеме и имеет аддитивную погрешность, нормируемую предельным значением $\gamma_{RT_2} = 0,2\%$, мостовая схема имеет аддитивную погрешность $\gamma_{MC} = 0,1\%$. Нагревательный элемент также может иметь аддитивную погрешность $\gamma_{H3} = 0,1\%$. Аналогично $\gamma_{RT_1} = 0,2\%$.

С целью анализа все погрешности теплового преобразователя разделены на аддитивные и мультипликативные, примем для них соответствующий закон распределения и найдем их среднеквадратические погрешности.

Закон распределения погрешностей можно принять нормальным и энтропийный коэффициент будет $\kappa_3 = 2,07$.

Суммарная аддитивная средняя квадратическая погрешность теплового преобразователя равна значению:

$$\sigma_{Ia} = \sqrt{\gamma^2_{RT_1} + \gamma^2_{RT_2} + \gamma^2_{n_1} + \gamma^2_{uc}} = 0,14,$$

а энтропийное значение аддитивной погрешности равно

$$\gamma_{ЭА} = \sigma_{Ia} \cdot K_{Э} = 0,14 \cdot 2,07 = 0,28.$$

Результирующая погрешность ТПВЖМ равна сумме аддитивной и мультипликативной погрешностей и равна

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2_{Ia} + \sigma^2_{\Sigma H}} = \sqrt{0,14^2 + 0,217^2} = 0,258.$$

Энтропийное значение погрешности ТПВЖМ равно

$$\gamma_{ТП} = K_{Э} \sigma_{\Sigma} = 2,07 \cdot 0,258 = 0,53\%.$$

В четвертой главе диссертации «Проектирование и практическое применение тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов» приведены вопросы проектирования тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов, методики выбора оптимальных элементов и конструкций, выбор основных элементов, выбор нагревательного элемента, который выполняется согласно морфологической таблице.

В результате оптимального параметрического проектирования на основании исследований в главах II и III, необходимо найти оптимальные параметры: $U_M (a_1)$, $K (a_2)$, $P_{HЭ} (a_3)$, $R_{TЧЭ} (a_3)$, $d (a_4)$, $V (a_6)$, которые в общем случае составляют основные параметры ТПВЖМ, где U_M - напряжение моста, K - коэффициент симметрии мостовой измерительной схемы, $P_{HЭ}$ - мощности нагревательного элемента, $R_{TЧЭ}$ - сопротивление термочувствительного элемента, d_0 - диаметр зонда, V_0 - скорости направления

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

В результате оптимизации необходимо найти такие параметры ТПВЖМ, при которых достигается оптимальное значение критерия оптимальности $I(\bar{a})$, т.е.

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

где $\text{opt} I(\bar{a})$ оптимальное значение $I(\bar{a})$; $D\bar{a}$ - область допустимых решений.

Если, обозначить Π - область поиска, то

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

где b и c - минимальные и максимальные значения a_i .


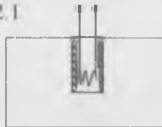

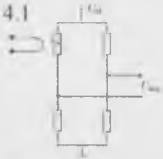

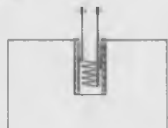

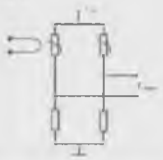
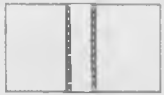


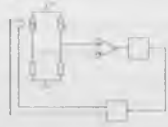



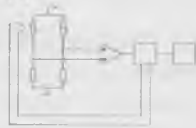
При проектировании ТПВЖМ по критериям чувствительности и линейности статической характеристики находят оптимальный вектор параметров

$$I[\bar{a}(\bar{y})] = \text{opt} I[\bar{a}(\bar{y}), W_{вх}].$$

Чтобы

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

Морфологическая таблица элементов теплового преобразователя
 влагосодержания жидких(нефть и нефтепродукты) материалов

Форма ТП	Вид НЭ	Вид ТЧЭ	Вид измерительной схемы
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 

Задача повышения линейности статической характеристики ТПВЖМ решается путем аппроксимации нелинейности статической характеристики ТПВЖМ линейной зависимостью статической характеристики

$$U_{\text{ВЫХ}} = AW_{\text{ВХ}} + B.$$

Используя квадратичный интегральный критерий, имеем

$$\text{Min} I = \int_{W_{\text{вхmin}}}^{W_{\text{вхmax}}} \{U_{\text{ВЫХ}} - AW_{\text{ВХ}} - B\} dW_{\text{ВХ}},$$

или

$$\text{Min} I = \int_{W_{\text{вхmin}}}^{W_{\text{вхmax}}} \{f[W_{\text{ВХ}}, \bar{a}(\bar{y})] - AW_{\text{ВХ}} - B\} dW_{\text{ВХ}},$$

решив данную задачу, находим

$$A = A[W_{вх}, \bar{a}(\bar{y})], \quad B = B[W_{вх}, \bar{a}(\bar{y})],$$

для максимальной чувствительности будет

$$\text{Max} A[W_{вх}, \bar{a}(\bar{y})], \quad a \in \text{да}, \quad W_{вх} \in [W_{вх\text{min}}, W_{вх\text{max}}].$$

На рис.4 показана экспериментальная установка, на которой были исследованы конструкции тепловых зондовых преобразователей и разработана методика исследования ТПВЖМ.

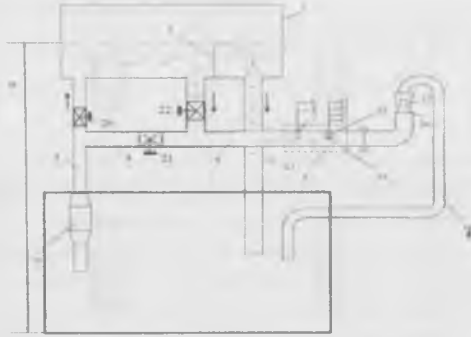


Рис.4 Экспериментальная установка для исследования тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов: 1-бак; 2-перегородка; 3-подводящий трубопровод; 4- соединительный трубопровод; 5-отводящий измерительный трубопровод; 6-измерительный участок; 7-зонд с дополнительным терморезистором; 8,9-выводы терморезистора; 10-зонд с основным терморезистором; 11-нагревательный элемент; 12,13,14 и 15 выходы основного терморезистора и нагревательного элемента; 16,17-ротаметр с поплавком; 18- трубопровод, отводящий от измерительного участка; 19-насос; 20, 21,22-вентили; 23- трубопровод для сброса жидкого материала заборный бак.

При разработке экспериментальной установки и конструкции тепловых преобразователей учитывались все результаты полученные в главах I и II, где ставились задачи: во-первых, улучшить работоспособность конструкции теплового преобразователя и во-вторых провести проверку адекватности ранее полученных математических моделей.

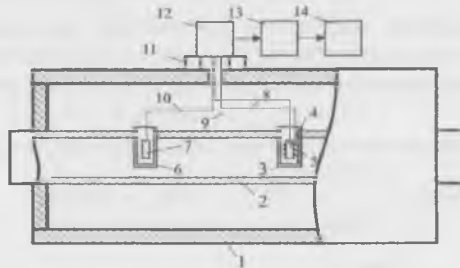


Рис 5.Блок схема теплового влагомера жидкого материала: 1- корпус; 2- измерительный участок трубки теплового преобразователя; 3- основной

цилиндрический зонд; 4 –термочувствительный элемент; 5-нагревательный элемент;6- дополнительный цилиндрической зонд; 7-компенсационный термочувствительной элемент; 8-выводные провода нагревательного элемента с сопротивлением $R_{н2}$; 9- выводные провода термочувствительного элемента $R_{т2}$; 10- выводные провода термочувствительного элемента $R_{т1}$; 11-штепсельный разъем; 12 – измерительная схема; 13-блок обработки сигналов измерительной информации; 14 - индикаторное устройство.

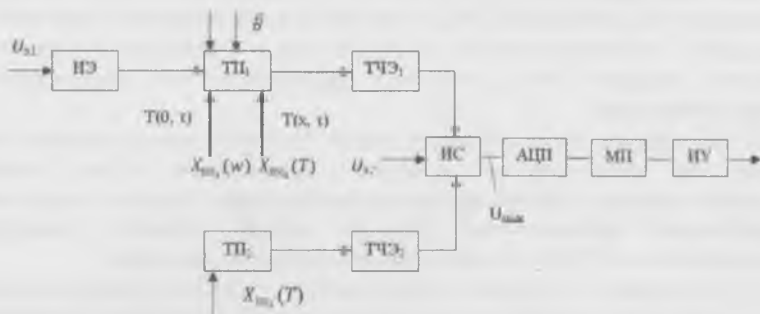


Рис 6. Функциональная схема теплового преобразователя влагосодержания жидких материалов (нефть и нефтепродукты).

$U_{Э1}$ - напряжение питания нагревательного элемента; $T(0, \tau)$ –температура в начале теплопровода при $x=0$; $T(x, \tau)$ –распределение температуры вдоль теплопровода; НЭ – нагревательный элемент; ПП₁– основной теплопровод, в котором расположены нагревательный и основной термочувствительный элемент; ПП₂–дополнительный теплопровод, в котором расположен дополнительный термочувствительный элемент; ТЧЭ₁ – основной термочувствительный элемент; ТЧЭ₂–дополнительный термочувствительный элемент; ИС– измерительная схема; АЦП– аналого-цифровой преобразователь; МП– микропроцессор; ИУ – индикаторное устройство; X – продольная координата; τ –время; $X_{вх1}(w)$ –входная величина по влагосодержанию жидкого материала на основном зонде; $X_{вх2}(T)$ –входная величина по температуре материала на дополнительных зондах; T – температура жидкого материала; $U_{Э2}$ – напряжение питания измерительной схемы; $U_{вых}$ – выходная величина (напряжение) измерительной схемы; \bar{B} – различные неинформативные воздействия.

Полученные результаты диссертационной работы подтвердили достоверность результатов исследования и показали эффективность их использования в многофункциональном устройстве для автоматического контроля влажности жидких материалов. Указанные результаты диссертационной работы являются основой для разработки и практического применения тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов на предприятиях химической, пищевой и в других отраслях промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе проведенных исследований тепловых методов и преобразователей для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов получены следующие научные и практические результаты:

1) Обоснована необходимость исследований и разработки теплового метода и преобразователя для контроля влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов, что позволило проанализировать принципы их построения, систематизировать их по основным элементам и разработать методику создания новых тепловых преобразователей влагосодержания жидких материалов.

2) Исследованы математические модели тепловых систем зондового типа, созданы их математические модели с применением теории тепловых четырехполюсников. Экспериментальные исследования показали адекватность разработанных математических моделей, которая отражает зависимость выходного сигнала ТПВЖ от влагосодержания жидкого материала.

3) Исследованы основные характеристики тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов. Статические характеристики ТПВЖМ исследованы для трех возможных режимов работы: - при постоянной мощности нагрева $P_{нэ}=\text{const}$; - при постоянной разности температур $\Delta T=\text{const}$; при дискретных включениях и отключениях нагревательного элемента. Показано, что более простой и надежный режим работы имеет место при $P_{нэ}=\text{const}$, который весьма пригоден для систем автоматического управления влагосодержания жидких материалов.

4) Показано, что надежность тепловых преобразователей влагосодержания жидких (нефть и нефтепродукты) материалов в отношении постепенных отказов, с учетом дестабилизирующих факторов при погрешности не более 1,0%, равна $P=0.966$. Оценка погрешности теплового преобразователя влагосодержания жидкого материала показывает, что энтропийная погрешность составляет значение $\Delta \Xi=0,59\%$, а экспериментальная погрешность не превышает 1,0 %.

5) Разработаны морфологические таблицы основных элементов ТПВЖМ, на основе которых берется оптимальная структура по предоставленным показателям качества, таким как: чувствительность, точность, надежность, быстроедействие и другие.

6) На основе опробованных результатов разработан тепловой преобразователь для определения влагосодержания жидких материалов и внедрен на предприятиях ООО «Джизак Нефтебаза» с экономическим эффектом 144 млн. сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

AVEZOVA NAZOKAT IBADULLAEVNA

**THERMAL METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATIC CONTROL OF
MOISTURE CONTENT OF LIQUID MATERIALS**

05.03.01 – Devices. Methods of measurement and control

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

Tashkent– 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.2.PhD/T599.

The dissertation was carried out at the Tashkent State Technical University.

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

Supervisor: **Ismatullaev Patkhulla Rakhmatovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Uljaev Erkin**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Abdullayev Makhmud Mukhammadiyevich
Candidate of technical sciences, docent

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

Defense of dissertation will take place in « 01 » 01 2023 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.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 2955) (Address 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 207-14-70).

The abstract of dissertation distributed « 06 » 01 2023 year
(mailing report № 24, on « 28 » 11 2022 year).



N.R.Yusupbekov
Chairman of Scientific council
for awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, Professor, Academician

U.F.Mamirov
Scientific secretary of Scientific Council
for awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, docent

U.T.Mukhamedkhanov
Chairman of the Academic seminar under the
Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work. The aim of the study is to develop a thermal converter for controlling the moisture content of liquid materials (oil and petroleum products) with a simple design and low cost.

The object of research is thermal methods and devices for monitoring the moisture content of liquid (oil and oil products) materials.

Scientific novelty of the research is as follows:

developed a mathematical model of the thermal converter moisture content of liquid materials, characterizing the dependence of its output voltage on changes in thermal conductivity and other parameters of the controlled liquid material;

the main characteristics of the thermal moisture content converter of liquid materials have been investigated and built, which clearly show the dependence of the change in the moisture content of the material on its thermal conductivity and temperature distribution along the heat pipe;

the design and measuring scheme of the thermal converter of moisture content of liquid materials with extended functionality and improved metrological characteristics were developed;

the dependence of the coefficient of thermal conductivity of oil and oil products was studied, which made it possible to expand the range of measurement of the moisture content of oil and oil products with an increase in the coefficient of thermal conductivity.

Implementation of the research results. Based on the results obtained on the improvement of thermal methods and devices for automatic control of the moisture content of liquid materials (oil and petroleum products) for monitoring and control systems, the following scope of work has been performed:

a patent for the invention of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan was obtained for the device for controlling the humidity of liquid materials, designed to measure the humidity of liquid materials based on a heat exchanger (IAP 06479, 30.04.2021). As a result, the created device made it possible to measure the moisture content of liquid materials (oil and oil products) by 15% reliably compared to existing ones;

a device that controls the amount of moisture in liquid materials has been introduced of "Жиззах нефт база" LLC ("O'zbekneftgaz" JSC reference No. 03-17-5/25 dated February 18, 2022). As a result, the economic effect of the introduction of the proposed device allows to increase the accuracy of measurements and the efficiency of the technological process, express control, the use of a control method that does not damage the amount of moisture, and it can be realized at the expense of energy and labor costs added to it.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 111 pages.

ЭЪЛОНҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Усманова Х.А., Тургунбаев А. Устройство для контроля влагосодержания жидких материалов. Патент на изобретение. Положительное решение о выдачи патента по заявке. № IAP 06479 G01N25/56 18.01/2019.
2. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Азимов Р.К., Бабаев Г.Г. Разработка устройства для контроля влагосодержания жидких материалов // Журнал "Приборы" Россия, 2019, № 7. – С. 1-5. (05.00.00 №63).
3. Авезова Н.И., Бобоев Г.Г. Основные методические подходы к повышению эффективности поверочных работ в сельском хозяйстве // Вестник ТашГТУ, ISSN 1684-789X. Ташкент, 2017, № 1. – С. 120-123. (05.00.00 №16).
4. Матякубова П.М., Авезова Н.И. Усовершенствование интеллектуальных датчиков физических величин // Вестник ТашГТУ, ISSN 1684-789X. Ташкент, 2019, № 1. стр.9-13. (05.00.00 №16).
5. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Basic Characteristics of thermal converters for controlling of humidity of liquid materials. Chemical Technology, Control and Management. 2020year.230-234p. (05.00.00 №12).
6. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Бабаев Г.Г. Экспериментальные исследования тепловых преобразователей влагосодержания жидких материалов. Журнал "Приборы"//. Россия. 2020. стр.17-20. №7. (05.00.00 №63).

II бўлим (II часть; II part)

7. Исмагуллаев П.Р., Матякубова П.М., Авезова Н.И. Анализ методов определения влажности нефтепродуктов и веществ // «Актуальные вопросы развития химии, химической технологии, нефтегазовой и легкой промышленности в Республике Узбекистан. Нукус-2019, стр. 298-300.
8. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р. Метрологическое обеспечение измерений состава и свойств сырой нефти //«Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химической и пищевой продукции Материалы – Республиканской научно-технической конференции» Тошкент, 2019. 17 май. стр. 164-165.
9. Авезова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Бабаев Г.Г. Multifunctional heat converter moisture content of liquid materials // ICISCT 2019. 4-6 november 2019. Session 2. (Scopus)

10. Аvezова Н.И., Матякубова. П.М., Бабаев Г.Г. Ways to develop innovative processes in grain production // "Scopus" ICISCT 2019 conference on 4-6 november 2019. Session 4. 1-4p. (Scopus)
11. Аvezова Н.И., Матякубова П.М., Султонова Ю.А. Научные основы метрологического обеспечения измерений состава и свойств нефти // «Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химической и пищевой продукции Материалы –Республиканской научно-технической конференции» Ташкент. 2020. стр. 479-481.
12. Аvezова Н.И., Исмагуллаев П.Р., Матякубова П.М., Кадирова Ш.А. Mathematical model of a heat converter with a cylindrical heat pipeline and with a focused heat source // Journal of Physics. №7 2020.1-6p.
13. Аvezова Н.И., Исмагуллаев. П.Р., Матякубова. П.М., Бабаев. Г.Г. Scientific bases of metrological support of measurements of composition and properties of oil // Journal of Critical Reviews, ISSN- 2301-2303. VOL 7, ISSUE 10, 2020.
14. АvezоваН.И., Исмагуллаев П.Р., Махмуджанов М.М., Матякубова. П.М. Анализ погрешностей и оценки суммарной погрешности тепловых преобразователей влагосодержания жидких материалов. // Журнал «Инновации, а нефтегазовой отрасли». Ташкент. 2021. ТОМ 1, НОМЕР 2 стр. 18-22.

Автореферат «Техника fanlari va innovatsiya» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Ракамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 1/23.

Гувоҳнома № 851684.

«Тірограф» МЧЖ босмахонасида чоғ этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.