

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МАШАРИПОВ ШОДЛИК МАШАРИПОВИЧ

**ПАХТА НАМЛИГИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДА СИҒИМЛИ
БИРЛАМЧИ ЎЗГАРТКИЧЛАР АСОСИДАГИ УСУЛЛАР ВА
АСБОБЛАР**

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

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

Тошкент – 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Машарипов Шодлик Машарипович

Пахта намлигини назорат қилишда сифимли бирламчи ўзгарткичлар асосидаги усуллар ва асбоблар.....3

Машарипов Шодлик Машарипович

Методы и приборы на основе емкостных первичных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца.....21

Masharipov Shodlik Masharipovich

Methods and instruments based on capacity primary converters for control of humidity of cotton-raw material.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МАШАРИПОВ ШОДЛИК МАШАРИПОВИЧ

**ПАХТА НАМЛИГИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДА СИҒИМЛИ
БИРЛАМЧИ ЎЗГАРТКИЧЛАР АСОСИДАГИ УСУЛЛАР ВА
АСБОБЛАР**

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

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

Тошкент – 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/Т80 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Матяқубова Парахат Майлиевна**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Ахмедов Барат Махмудович**
техника фанлари доктори, доцент

Ўлжаев Эркин
техника фанлар номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **«Пахтасаноат илмий маркази» АЖ**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «__» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@edu.uz).

Диссертацияси билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (88 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (+99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ куни тарқатилди.

(2019 йил «__» _____ даги ____ рақамли реестр баённомаси)

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

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

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларининг сифатига бўлган талаб ошиб, кўпгина технологик жараёнларда намликни тезкор назорат қилиш воситаларига бўлган янги талабларни илгари сурмоқда. Агросаноат мажмуининг замонавий технологик жараёнларида юқори аниқликдаги ўлчаш, қўшимча параметрларни назорат қилиш имконияти билан параметрларни самарали бошқариш учун тезкор, путур етказмайдиган, контакtsiz ва энергия тежамкор технологиялар талаб қилинади. Ривожланган мамлакатлар пахта маҳсулотлар ишлаб чиқарувчи йирик саноат корхоналари томонидан замонавий ўлчаш техникаси талабларига мувофиқ бўлган пахтанинг асосий сифат кўрсаткичларидан бири бўлган намлигини назорат қилиш қурилмаларини яратиш ва жорий қилиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда пахта намлигини назорат қилиш қурилмаларини аниқлиги ва тезкорлигини ошириш, функционал имкониятларини кенгайтиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан, пахта намлигини назорат қилишда юқори аниқлигини, сезгирлигини, тезкорлиги ва яхшиланган метрологик тавсифларини оширишни таъминлайдиган сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари асосидаги қурилмаларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш тадқиқотлари муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикасида пахта саноатини техник қайта жиҳозлаш ва модернизациялаш, пахта параметрларини назорат қилиш учун илғор ахборот-ўлчаш техникасини қўллаш бўйича ишлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, "...юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш"¹ вазифалари белгилаб қўйилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда пахта намлигини назорат қилишнинг техник қурилмалари ва замонавий усулларини таҳлил қилиш бўйича мақсадли илмий-тадқиқотлар, ўлчаш соҳасининг ривожланиш йўналишларини аниқлаш, пахта намлигини назорат қилишнинг назарияси ва амалиётини такомиллаштириш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 28 ноябрдаги ПҚ - 3408-сон «Пахтачилик тармоғини бошқариш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ва 2012 йил 21 майдаги ПҚ-1758 «2012-2016 йилларда қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини янада модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан қайта жиҳозлаш дастури тўғрисида» ги ҳамда 2006 йил 29 августдаги ПҚ-456-сон «Пахта толасини сотиш ва унинг учун ҳисоб-китоб қилиш механизмининг тартибга солиш тўғрисида» ги

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

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 ривожланиши-нинг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон миқёсида сиғимли ўзгарткичлар асосидаги усуллар ва асбоблар ривожланишига Jingbo Tong, Tianming Chen, Mathew G.Pelettier, Michael E.Gvili, Houri Johari (АҚШ), Stuard Gordon, Andrej Krajewski, Ferry N. Toth (Австралия), Hamid Farahani, Rahman Wagiran, Mohd Nizar Hamidon (Малайзия), Esa Leskelä, Jukka Voutilainen (Финляндия), Burak Okcan (Туркия), В.В.Молочников, С.В.Годлевская, И.К.Пожиток, Н.И.Мухуров, В.В. Лисовский (Белоруссия), А.К.Хурцилава, Н.Г.Кантеладзе, Т.Д.Джапаридзе. (Грузия), Ю.П.Секанов, Е.С.Кричевский, В.С.Ройфе, Ю.Г.Подкин, П.М.Пугачев, С.Н.Шведов, В.С.Афонин, П.В.Мапошин (Россия) каби хорижий олимлар улкан ҳисса қўшишган.

Пахта намлигини путур етказмасдан назорат қилишнинг сиғимли бирламчи ўзгарткичлари назарияси ва амалиётига мамлакатимизнинг Н.Р.Юсупбеков, П.Р.Исмагуллаев, Р.К.Азимов, Х.З.Игамбердиев, М.М.Мухитдинов, Б.М.Ахмедов, В.В.Казанский, А.Х.Абдуллаев, Э.Ўлжаев, П.М.Матякубова, А.Турғунбоев, В.Е.Устюгин, П.И.Қаландаров, Ю.Г.Шипулин, Ш.М.Гулямов, В.Н.Дроздов, Р.И.Саитов ва бошқа олимлари ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшишган.

Бироқ сўнги йилларда пахта намлигини назорат қилишнинг тезкор ва энергия тежамкор воситаларининг камлиги сабабли пахтани қабул қилиш ва қайта ишланинг замонавий технологик жараёнларида қўллаш имконини бермайдиган стандарт усул асосидаги намуна олиш ва таҳлил ўтказиш усули қўлланилмоқда. Шу билан биргаликда, пахта намлигини сиғимли усулда назорат қилишнинг янги илмий-техник ва конструкторлик ечимларига, шунингдек қурилма сифатида амалга оширилишининг мавжуд имкониятларидан фойдаланишда етарли даражада эътибор қаратилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари қуйидаги режаларига мувофиқ ЁФ–2-9 - «Турли маҳсулотларнинг сифатини назорат қилиш учун микропроцессорли бирламчи ўлчаш ўзгарткичларини қуриш ва лойиҳалашнинг назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2016-2017 й.) мавзусидаги фундаментал лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усулини бирламчи ўлчаш ўзгарткич асосидаги қурилмавий амалга оширишни такомиллаштириш, бунинг асосида яхшиланган метрологик ва функционал тавсифларга эга бўлган сиғимли қурилмани ишлаб чиқиш ва жорий этишдан

иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

пахта намлигини назорат қилиш усуллари ва воситаларни назарияси ва амалиётининг метрологик, функционал, шунингдек фойдаланиш мезонлари асосидаги замонавий ҳолатини таҳлили;

пахта намлигини назорат қилиш усулини қурилмавий амалга оширишни энг истиқболлисини танлаш ва асослаш, шунингдек танланган усулни метрологик тавсифларини такомиллаштиришга йўналтирилган ва қўлланилаётган ёндашувларни ривожланиш тенденцияларини баҳолаш;

сиғимли усулда намликни юқори аниқлик, сезгирлик ва тезкорликда назорат қилишдаги хатолик манбалари таснифи ва нобарқарорлаштирувчи омилларни бартараф қилиш усулларида иборат бўлган услубий таъминотини ишлаб чиқиш;

сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичи асосидаги қурилмани сезгирлиги, аниқлиги, тезкорлиги, статик тавсифлари ҳамда бошқа метрологик кўрсаткичларини яхшилаш усулини қурилмавий амалга оширишни конструкцияси ва техник ечимини яратиш;

пахта намлигини назорат қилиш учун сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткич асосидаги янги конструкцияли қурилмани яратиш ҳамда аниқлиги, сезгирлиги ва функционал имкониятларини ошириш усулларида техник ечимини ишлаб чиқиш;

яратилган қурилмани пахта саноати тармоғида тажриба-саноат синовидан ўтказиш ва таклиф қилинаётган қурилмани техник-иқтисодий кўрсаткичлари ва жорий этиш самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти пахта намлигини путур етказмасдан назорат қилишнинг сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари асосидаги усуллари ва воситалари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети пахта намлигини назорат қилиш учун сиғимли бирламчи ўзгарткичлар асосида усуллар ва воситалар ташкил қилади.

Тадқиқот усуллари. Диссертация ишини бажариш давомида тизимлар назариясининг умумий усуллари, ўлчашлар назарияси, тажриба маълумотларига ишлов бериш ва таҳлил қилиш, ахборот-ўлчаш тизимлари назарияси, тажрибани ташкил қилиш усуллари ва бирламчи ўзгарткичлар билан ўлчаш ахборотини олишнинг физик асослари усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усулини қурилмавий амалга оширишнинг умумий тамойиллари ва илмий-назарий асослари ишлаб чиқилган ва асосланган;

муҳандислик башоратлари усули ёрдамида пахта намлигини сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичининг математик модели тузилган;

пахта намлигининг ўлчаш аниқлигини оширувчи ва қурилмани функционал имкониятларини кенгайтирувчи усул ишлаб чиқилган;

эллипс шаклидаги сиғимли электродлар ва схемада ҳароратни ўзгаришини автоматик компенсациялайдиган термодатчик қўллаш асосида намликни ўлчовчи қурилмани ўлчаш чегараси кенгайтирилган ва аниқлиги оширилган;

ташқи таъсир қилувчи омиллар шароитида сиғимли усулда материаллар намлигини ўлчашда чиқиш сигналани йиғинди хатолигининг асосий манбаларини бартараф қилиш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари. Бажарилган тадқиқот натижалари асосида пахта намлигини тезкор назорат қилишнинг рақамли ўлчаш асбоби яратилган ва жорий қилинган. Пахта намлигини назорат қилишга мўлжалланган барқарор, минимал энергия истеъмолли сиғимли ўзгарткич ишлаб чиқилган ва тажрибавий тадқиқ қилинди.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги намунавий ўлчаш воситаларидан фойдаланишда бажарилган назарий ва тажрибавий натижалар мувофиқлиги, шунингдек ўлчаш натижаларининг ижобийлиги билан тасдиқланади. Тадқиқотнинг барча босқичларида назарий ва тажрибавий натижаларнинг солиштирилиши амалга оширилди. Натижаларнинг ишончилигини таъминлаш мақсадида назарий ва паралелл равишда тажрибавий текширишлар ўтказилди. Тажрибавий тадқиқотлар юқори аниқлик ва ишончиликка эга замонавий ўлчаш воситалари ёрдамида бажарилди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усул ва воситаларини такомиллаштирилганлиги билан белгиланади. Таклиф қилинган янги услубий ва конструктив ечимлар намликни назорат қилиш қурилмасини аниқлиги ва функционал имкониятларини ошириш имконини берган. Ҳарорат таъсирини бартараф қилиш ва ўлчаш натижаларига ишлов бериш жараёнини автоматлаштириш эвазига сиғимли бирламчи ўзгарткичларнинг аниқлигини ошириш усули такомиллаштирилди.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти пахта намлигини назорат қилишнинг таклиф қилинган дастурий, услубий ва техник таъминотлари аниқлик, тезкорликнинг ошиши ва технологик жараёнларнинг энергия тежамкорлиги эвазига техник-иқтисодий кўрсаткичларнинг ўсишига имкон берганлиги билан белгиланади. Сиғимли усул асосидаги пахта намлигини назорат қилишнинг илмий ечимларидан агросаноат маҳсулотларини параметрларини назорат қилишга мўлжалланган ахборот-ўлчаш тизимлари ва қурилмаларини ишлаб чиқиш, даражалаш, калибрлаш ва такомиллаштириш учун қўлланилиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пахта намлигини назорат қилишда сиғимли бирламчи ўзгарткичлар асосида усуллар ва асбобларни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

толали материаллар ва дисперс муҳит намлигини ва ҳароратини ўлчовчи қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№ IAP 05156, 23.12.2015 й.). Натижада қурилмани

функционал имкониятлари кенгайтирилган ва ўлчаш аниқлигини 12 % га ошириш имконини берган;

пахта намлигини сақлаш ва бирламчи қайта ишлашнинг асосий жараёнларида назорат қилишга мўлжалланган қурилма «Боғот пахта тозалаш» АЖ нинг ва «Янгиариқ пахта тозалаш» АЖ га жорий қилинган («Ўзпахтасаноат» АЖ нинг 2018 йил 4 январдаги 0218/09-сон маълумотомаси). Натижада ўлчаш аниқлигини ва технологик жараённи самарадорлигини, назорат қилиш тезкорлигини ошириш, путур етказмасдан намликни назорат қилиш, сарф қилинадиган меҳнат ва энергия сарфини камайтириш имконини берган;

сиғимли бирламчи ўзгарткичда ўлчаш аниқлигини ошириш учун ишлаб чиқилган усуллар ва уларнинг техник ечимлари, шунингдек пахта маҳсулотларини намлигини назорат қилишда эксперимент натижаларини қайта ишлаш алгоритмлари ва пахта намлигини ўлчашда ҳарорат таъсирини автоматик ростлаш учун ишлаб чиқилган дастурий маҳсулот «Боғот пахта тозалаш» АЖ нинг ва «Янгиариқ пахта тозалаш» АЖ га жорий қилинган («Ўзпахтасаноат» АЖ нинг 2018 йил 4 январдаги 0218/09 маълумотномаси). Натижада тадқиқ қилинаётган пахта намлиги бўйича ўлчаш асбобининг кўрсаткичига ҳарорат таъсирини автоматик равишда ростлаш орқали ўлчаш аниқлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари, 3 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Бажарилган тадқиқот натижалари бўйича 22 та илмий ишлар, жумладан, 1 та ихтирога патент олинган, Ўзбекистон Республикаси ОАК тавсия қилган журналларда 11 та мақола хорижда ва республика журналларида нашр қилинган, шунингдек ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш ҳақидаги 4 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва 7 та иловалардан иборат. Диссертация иши 119 саҳифа асосий матн ташкил топган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

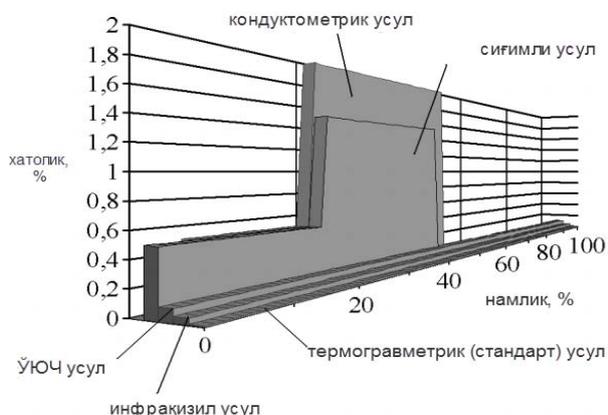
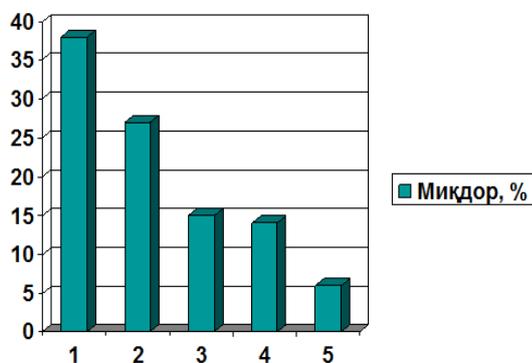
Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари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

Диссертациянинг «Пахта намлигини назорат қилишда бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг метрологик тавсифларини сиғимли усуллар бўйича такомиллаштириш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати

ва ривожланиш тенденциялари» деб номланган биринчи бобида пахта намлигини назорат қилишнинг аҳамияти ва босқичлари, пахта намликни назорат қилиш усулларининг замонавий ҳолати, намликни назорат қилиш объектини электрофизик тавсифлари, шунингдек намлигики ўлчаш воситаларининг техник ва метрологик тавсифлари таҳлил қилинган.

Пахта намлигини назорат қилишнинг назарияси ва амалиётини замонавий ҳолати таҳлил қилинган ҳамда уларнинг келгусида ривожланиш ва такомиллашиш тенденциялари аниқланган, шунингдек тадқиқот предмети соҳасида сўнги 15 йиллик патент адабиётларини таҳлил қилиш усули ёрдамида замонавий влагометрияда пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усули кенг тарқалганлиги аниқланган. Асосан «G 01 N 27/22 – ўлчашнинг сиғимли усули» классификаторини ва 130 дан ортиқ патентларни қайд этиб ўтиш мумкин.

Фойдаланилган ахборот манбалари, қурилмаларни миллий ва хориж пахта саноатида жорий қилиниш амалиёти таҳлили, маълумотларга статистик ишлов бериш асосида сиғимли усул 38 % кўрсаткич билан энг истиқболли усул эканлиги аниқланган. Сиғимли қурилмаларнинг хатолиги 1,5 % гача нисбий хатоликдаги меъёрланган метрологик тавсифга эга. Мос равишда кондуктометрик (26,3 %), инфрақизил (14,9 %), термогравметрик (6 %) усулларни жорий қилиниш ва қўлланилиш даражалар 1-расмда кўрсатилган. 2-расмда термогравметрик, инфрақизилли, ўта юқори частотали, сиғимли ва кондуктометрик усулларда намликни назорат қилиш қурилмаларини метрологик тавсифлари таҳлили келтирилган.



1-расм. Пахта материалларининг намлигини назорат қилиш воситаларини жорий қилиниш ва қўлланилиш даражаси:

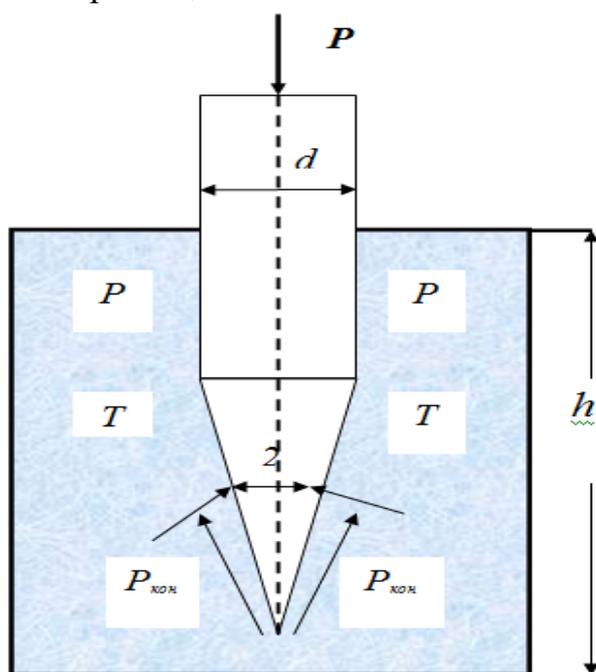
- 1 – сиғимли усул; 2 – кондуктометрик усул;
- 3 – инфрақизилли усул; 4 – термогравметрик усул;
- 5 – ўта юқори частотали (ўЮЧ) усул.

2-расм. Намликни назорат қилиш усуллари хатоликларининг солиштирма

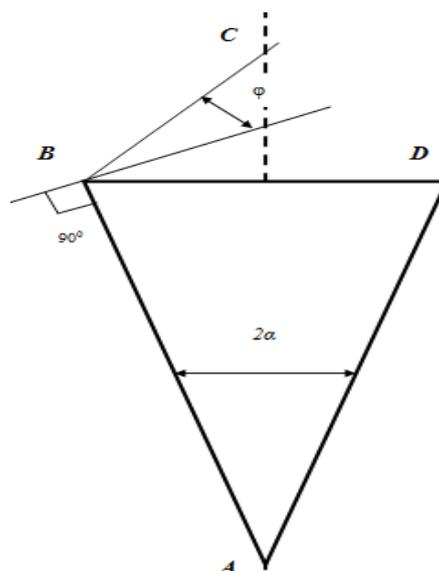
Диссертациянинг «**Пахта намлигини назорат қилишда сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичдан юқори аниқликдаги ўлчаш ахборотини олиш жараёнлари**» деб номланган иккинчи бобида намликни назорат қилишда сиғимли ўзгарткичлар асосидаги асбобларни яратишнинг умумий

тамойиллари ва илмий-назарий асосларини ишлаб чиқиш асослари, юқори частотали электромагнит майдонининг нам материал билан ўзаро таъсири, толали нам тизимларнинг диэлектрик сингдирувчанлигини математик моделлаштириш ҳамда намликнинг сиғимли бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг параметрларини оптималаштириш ва ҳисоблаш услубияти баён қилинган.

Ўзгарткичларнинг конструктив ва метрологик параметрларини асословчи аналитик ифодалар ишлаб чиқилган. 3-расмда конусли электроднинг оптимал геометрик ўлчамларини аниқлаш мақсадида ўзгарткични пресланган материал билан ўзаро таъсири ва кучлар схемасини таъсири баҳоланган.



3-расм. Бирламчи ўлчаш ўзгарткичи ва материал ўртасидаги кучлар схемаси



4-расм. Ўзгарткичнинг конусли қисмини геометрик ўлчамлари: φ - ишқаланиш бурчаги; А, В, D – конус учлари; α – конус учи бурчаги.

Кучлар тизимининг мувозанат тенгламаси қуйидагича ифодаланган:

$$P = P_{\text{кон}} + P_{\text{ишк}} . \quad (1)$$

Сиғимли электроднинг конусли қисми қаршилик кучи киритиш қаршилик кучи T ва материалда конус ишқаланишидан қаршилик кучи $F_{\text{ишк}}$ дан иборат.

$$P_{\text{ишк}} = T + F_{\text{кон}} . \quad (2)$$

(1) да ўзгарткични босиб киритишдаги қаршиликнинг ҳақиқий қиймати $T = \sigma_0 \cdot S \cdot \sin \alpha$, конус ишқалинишидан қаршилик кучи: $F_{\text{ишк}} = F_1 \cdot \cos \alpha = \sigma_0 \cdot S \cdot f \cdot \cos \alpha$; бу ерда: σ_0 – пахта ёки уни маҳсулотини конусдаги солиштирма қаршилик; S – конус сатҳи юзаси; α – бурчак; f – ишқаланиш коэффиценти.

Сиғимли электроднинг конусли қисми юзасини кесиб, электрод диаметри орқали ифодаланган:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \sin \alpha} \quad (3)$$

бу ерда d – диаметр. (2) ифодани қайта ишлаш асосида қуйидаги натижа олинган:

$$P_{\text{ишк}} = \sigma_0 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (1 + f \cdot \text{ctg} \alpha) \quad (4)$$

(4) тенгламадан маълумки, сиғимли электроднинг конус қисми қаршилиқ кучи ўзгарткич конусини пахтага киритишда солиштирма қаршилигига, сиғимли электроднинг цилиндр қисми диаметри, ишқаланиш коэффициентига ва электрод конусининг котангенс бурчагига тўғри пропорционалдир.

Ўзгарткичнинг цилиндр юзасидаги материалнинг ишқаланиш кучини қуйидаги тенгламадан аниқланган:

$$P_{mp} = f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot \int_0^h dh = f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot h \quad (5)$$

бу ерда σ_1 – электроднинг цилиндр қисмига кўрсатиладиган солиштирма нормал босим; h – материал қатламанинг қалинлиги.

Сиғимли ўзгарткични пахтага киритиш учун зарур бўлган куч қуйидагича аниқланган:

$$P = \sigma_0 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (1 + f \cdot \text{ctg} \alpha) + f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot h. \quad (6)$$

Сиқилган пахта ҳажми $V_{\text{кон}}$ A, B, D учбурчакнинг AC ўқи бўйича айланиш ҳажмига мос келади (4 -расм) :

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot AC. \quad (7)$$

Тригонометрик ўзгаришлардан кейин, (7) ифода қуйидаги кўринишга келтирилган:

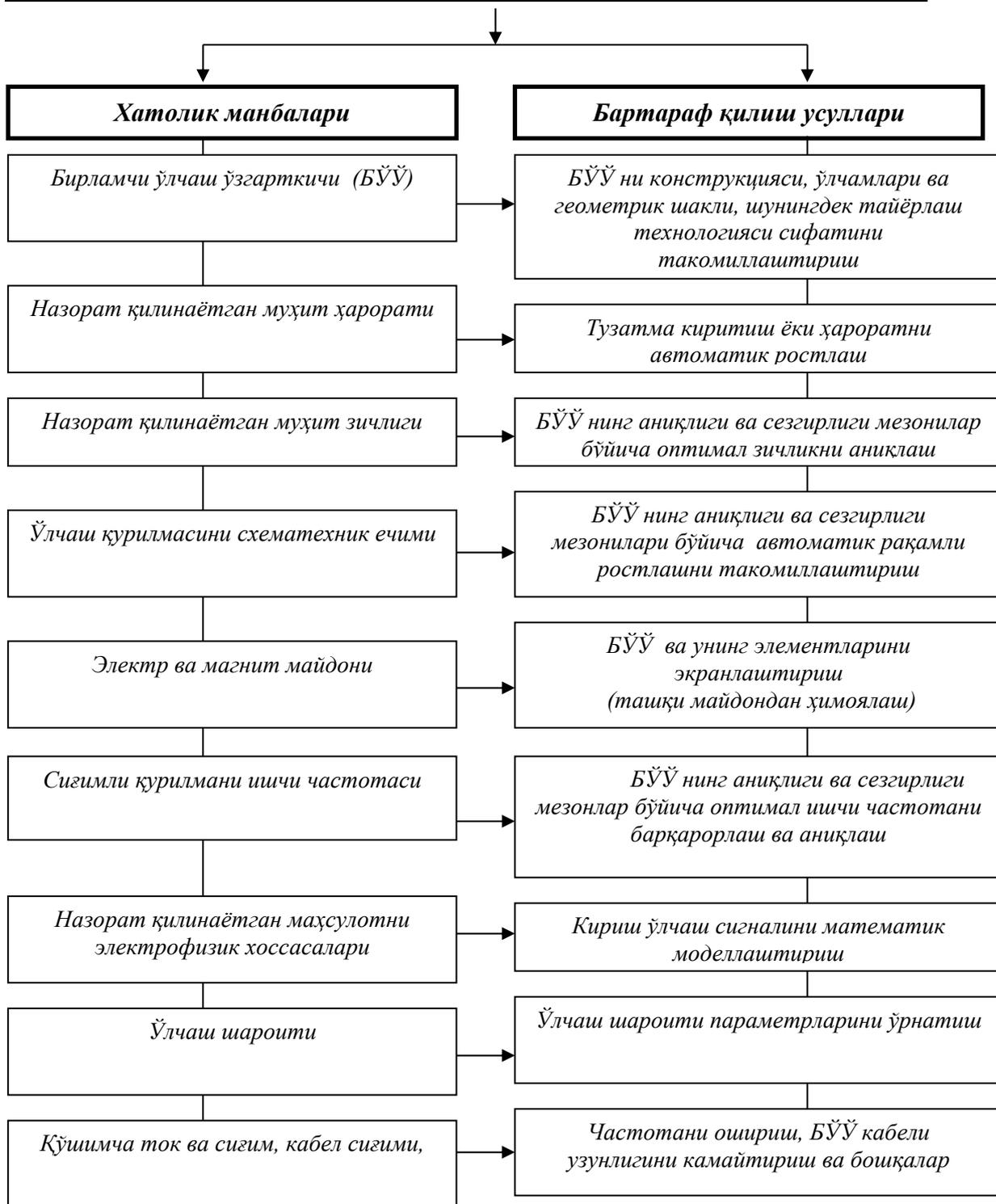
$$V_{\text{кон}} = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot [\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi)] \quad (8)$$

бу ерда φ – ишқаланиш бурчаги; S – конус сатҳи юзаси бўлиб, қиймати $S = \pi \cdot r \cdot l$. Бундан деформацияни қиймати қуйидагига тенглиги аниқланган:

$$\delta = \frac{V_k}{S \cdot \cos(\alpha + \varphi)} = \frac{r \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi))}{3 \cos(\alpha + \varphi)} \quad (9)$$

(9) ифода таҳлил қилиниб, ўзгарткичнинг конструктив, метрологик ва фойдаланиш тавсифлари бўйича конус бурчагини 30° дан ошириш мақсадга мувофиқ эмаслиги аниқланган. δ нинг энг кичик қиймати 10° бурчакда кузатилиши, лекин конусни бу қийматдаги ўткир бурчагида талаб қилинган зичлик ҳосил бўлмаслиги кўрсатилган. Бу эса ўзгарткичнинг сезгирлигини пасайишига олиб келади. Шунга асосан, конусли электрод бурчагини $(25 - 35)^\circ$ оптимал қиймат бўлиши аниқланган.

**СИҒИМЛИ УСУЛДА НАМЛИКНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДАГИ ХАТОЛИК
МАНБАЛАРИ ТАСНИФИ ВА УЛАРНИ БАРТАРАФ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ**



5-расм. Сиғимли усулда материаллар намлигини назорат қилишда хатолик манбалари таснифи ва уларни бартараф қилиш усуллари

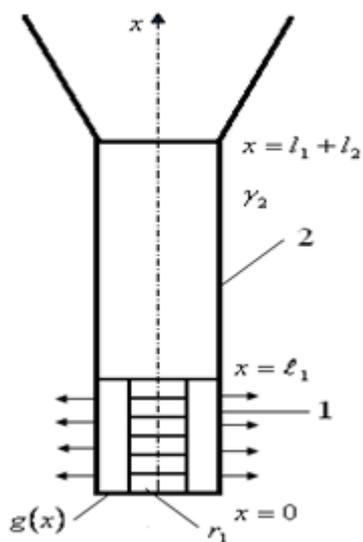
5-расмда тажриба ва тадқиқот натижалари асосида намликни назорат

қилишнинг сиғимли ўлчаш тизимларида умумий хатоликнинг 9 тадан иборат асосий манбалари таснифи таклиф қилинган.

Пахта намлиги ҳақида талаб қилинган аниқликдаги ишончли ўлчаш ахборотини таъминлайдиган сиғимли усул танланган ва илмий асосланган. Қурилмани яратишнинг техник, структуравий, дастурий-алгоритмий усуллари 6 та комплекс тамойиллари, шунингдек сиғимли намлик ўлчаш тизимини яратишда қарор қабул қилишнинг асосий блоklarининг структураси ишлаб чиқилган.

Ўзгарувчан электр сиғимли бирламчи ўзгарткичларни статик тавсифларини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган. Дастур ёрдамида сиғимли бирламчи ўзгарткичларни асосий тавсифларини ҳисоблаб, ўлчаш ўзгарткичини лойиҳалашни дастлабки босқичларида хатоликни эҳтимолий манбаларини ва ўзгарткич сиғим элементларининг конструкцияларини ишлаб чиқиш мумкинлиги кўрсатилган. Шунингдек, дастур ёрдамида турли схемотехник ечимлар учун чиқиш сигналини ўлчаш ва қайта ишлаш амалга оширилган. Дастурий маҳсулот Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигида рўйхатдан ўтказилган (№ DGU 04227, 13.02.2017 й.).

“Пахта намлигини назорат қилишда сиғимли усул асосидаги бирламчи ўлчаш ўзгарткичли қурилманинг статик иш режимидаги тавсифларини тадқиқ қилиш ва ноаниқликни баҳолаш услубиятини ишлаб чиқиш” деб номланган учинчи бобида сиғимли ўзгарткични статик тавсифларига ҳарорат таъсири, частота-намлик тавсифларини тажрибавий тадқиқоти, сиғимли ўзгарткични метрологик тавсифларига пахта зичлигини таъсири баҳоланган ҳамда O'z DSt 644:2006 давлат стандарти ва GUM (Ўлчашлар ноаниқлигини ифодалаш бўйича қўлланма) талаблари асосида пахта намлигини ўлчашдаги ноаниқликни баҳолаш услубияти ишлаб чиқилган.



6-расм. Қаршилик термометрининг назорат қилинаётган муҳитнинг ҳарорат нисбатан физик модели:

- 1- қаршилик термометрининг қизиш ҳудуд;
- 2-қизиш бўлмаган ҳудуд.

6-расмда кўп функцияли қурилма таркибида 1 ва 2 турли ҳудудлардан иборат бўлган қаршилик термометрининг физик модели ва статик тавсифи кўрсатилган. 1-ҳудудда қаршилик термометри иссиқлик олади, 2-ҳудудда эса

иссиқлик ўтказгич қаршилиқ термометрисиз жойлашган.

Юқоридагиларга асосан қуйидаги ифодалар олинган:

$$T_2(\ell) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left[\frac{q}{g_1} - T_1(0) \right] sh \gamma_2 \ell_1 e^{\gamma_2 \ell_1} \quad (10)$$

$$T_2(x) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left[\frac{q}{g_1} - T_1(0) \right] sh \gamma_1 \ell_1 e^{-(x-\ell_1)\gamma_2} \quad (11)$$

$$T_1(0) = \frac{q}{g_1} \left[1 - \frac{1}{ch \gamma_1 \ell_1 + \gamma_1 sh \frac{\gamma_1}{\gamma_2}} \right] \quad (12)$$

$$T_1(x) = \frac{q}{g_1} \left[1 - \frac{ch \gamma_1 x}{ch \gamma_1 \ell_1 + \gamma_1 sh \frac{\gamma_1 \ell_1}{\gamma_2}} \right] \quad (13)$$

бу ерда g, r – иссиқлик ўтказувчанлик ва қаршилиқнинг узунлик бирлигига тўғри келган солиштирма қийматлари; q – қаршилиқ термометрининг қизишидан иссиқлик манбасининг узунлик бирлигига солиштирма қиймати; g_1, g_2, r_1, r_2 – мос равишда 1 ва 2 худудлар учун солиштирма иссиқлик ўтказувчанлик ва қаршилиқлар:

$$\gamma_1 = \sqrt{g_1 r_1}; \quad \gamma_2 = \sqrt{g_2 r_2}; \quad g = \alpha \pi d; \quad r = \frac{1}{\lambda S}; \quad S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

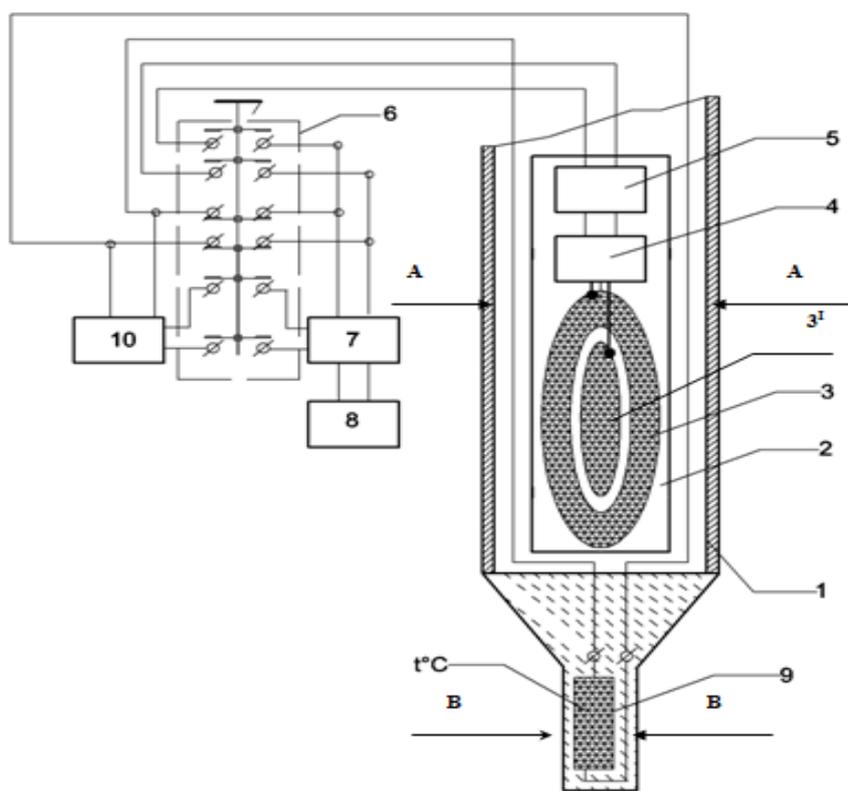
бунда α – қаршилиқ термометрининг иссиқлик узатиш коэффиценти; S, d – қаршилиқ термометрининг кесим юзаси ва диаметри. Муҳитнинг ҳарорати $T_{\text{мрх}} = 14^\circ\text{C}$ бўлганда қаршилиқ термометрининг хатолиги $\Delta = 1,0^\circ\text{C}$.

Пахта маҳсулотларини намлигини ўлчашда тажриба маълумотларига ишлов бериш дастури ишлаб чиқилган. Дастурий маҳсулот Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигида рўйхатдан ўтказилган (ЭХМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома № DGU 02748, Тошкент ш., 08.04.2013 й.). Пахта намлигини назорат қилиш учун ишлаб чиқилган ўлчаш воситани қурилмавий хатолиги $P = 0,95$ ишончли эҳтимоллик билан Стьюдент коэффицентини ҳисобга олган ҳолда баҳоланган.

О‘з DSt 644:2006 бўйича пахта намлигини ўлчаш ноаниқлигини ифодалаш ва баҳолаш услубияти ишлаб чиқилган. Ўлчашлар ноаниқлигини ифодалаш бўйича Халқаро қўлланма (GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, JCGM 100:2008 Ўлчаш маълумотларини баҳолаш. Ўлчашлар ноаниқлигини ифодалаш бўйича қўлланма). Дастурий маҳсулот Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигида рўйхатдан ўтказилган (№ DGU 04228, Тошкент ш., 13.02.2017 й.).

Диссертациянинг «Сигимли бирламчи ўлчаш ўзгарткич конструкцияси асосидаги пахта намлигини назорат қилиш қурилмасини ишлаб чиқиш ва даражалаш тавсифларини тадқиқ қилиш» деб номланган тўртинчи бобида сигимли бирламчи ўзгарткич конструкцияси асосидаги пахта намлигини назорат қилиш қурилмасини ишлаб чиқиш ва унинг тавсифлари, техник амалга оширишнинг дастурий-алгоритмик таъминоти, пахта намлигини ўлчашда метрологик таъминот, сигимли намлик ўзгарткични даражалаш тавсифларини тадқиқ қилиш ва қурилмавий хатоликни баҳолаш масалалари кўриб чиқилган.

Таркибида корпус, генератор ва детекторга эга бўлган ўлчаш схемасига диэлектрик асосдаги электродлар бўлган пахта намлиги ва ҳароратини ўлчаш қурилмаси (7-расм) корпуси ичи бўш параллелепипед кўринишда бажарилган бўлиб, унинг ичида бир томондан фолга билан қопланган иккита гетинакс пластиналарда эллипс ичидаги эллипс кўринишида бажарилган ва ўлчаш схемасига параллел уланган ҳажмли электродлар жойлаштирилган, бунда ўлчаш схемаси аналог-рақамли ўзгарткичга уланган, корпуснинг пастки таг қисми кесик конус кўринишда бажарилган бўлиб, конус шаклидаги учлик билан таъминланган цилиндрга эга, унинг цилиндрсимон қисмининг ичида термоқаршилиқ жойлашган бўлиб, у суюқ кристалли индикатор билан боғланган аналог-рақамли ўзгарткичнинг киришига уланган автоматик ҳарорат компенсациялаш схемасига эга.



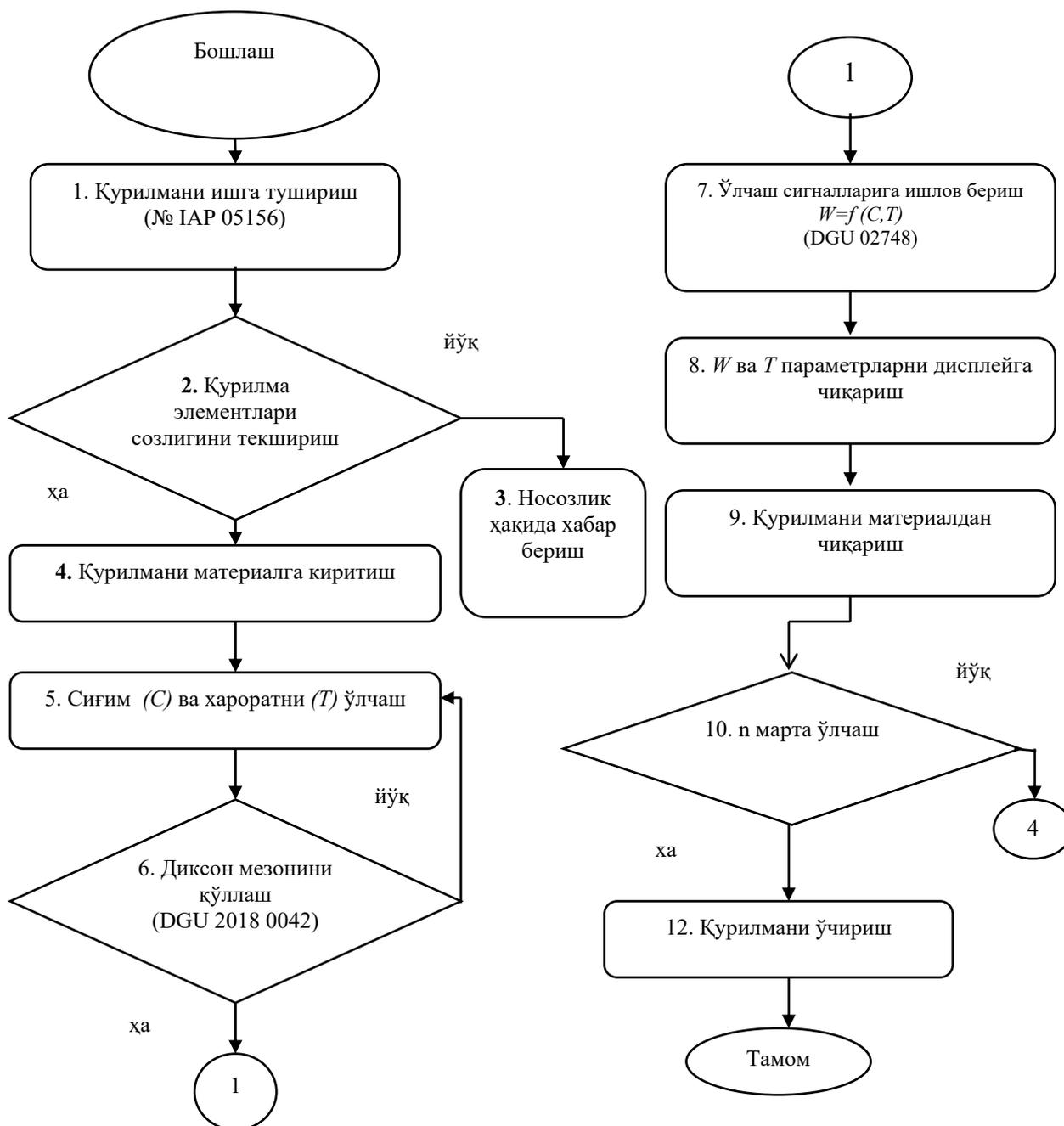
7-расм. Пахта намлиги ва ҳароратини назорат қилиш қурилмаси

Корпусда вертикал ўқ бўйича сиғимли эллипсоид электродларни қўлланилиши, сиғим ўзгарткичининг элементлари орасидаги зарядлар қутбланишини, яъни ён самара жараёнларини бартараф қилиш имконини бериб, материаллар намлигини ўлчашнинг асосан қуйи ораликларида ўлчаш аниқлиги ва сезгирлигини ошириш имконини беради. Қурилма конструкцияси ўлчанаётган муҳитга путур етказмасдан муҳитнинг намлиги ва ҳароратини бир вақтда ўлчаш имкони бериши эвазига қурилманинг функционал имкониятлари кенгайган. Шу билан бирга, умумий конструкцияга термоқаршилиқни киритилиши, уни термосозлаш элементи сифатида фойдаланиш имконини бериб, муҳит ҳарорати кенг диапазонда ўзгариши ҳолатида ўлчаш аниқлигини ошириш имконини берган.

7-расмда қурилма конструкциясининг бўйлама кесим кўриниши берилган. Қурилма диэлектрик асосли ясси параллелепипед шаклда бажарилган корпусдан (7-расм) иборат. Корпус 1 ичида иккита фалгирланган гетенакс пластиналар 2 ўрнатилади, бунда 3' эллипс шаклида бажарилган ва параллел равишда ўлчаш схемасига уланган. Ўлчаш схемаси намунавий қаршилиқлар ва импульс генератори 4, иккиламчи детектор 5, жуфт контактлар 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6 дан ташкил топган ўзгарткичларни чиқиш сигналларини улагич 6, аналог-рақамли ўзгарткич 7, термоқаршилиқ 9, ҳароратни автоматик компенсациялаш схемаси 10, даражалаш суюқ кристалли индикатор 8 дан иборат.

Корпус 1 нинг учли қуйи қисми ўлчанаётган маҳсулотга киритилади. Бошланғич ҳолатда улагич 6 контактлари 6-3 ва 6-4 уланиб, термоқаршилиқ 9 катталигининг ўзгариши бўйича муҳит ҳароратини ўлчайди. Бунда кўприк схеманинг сигнали кучланиш шаклида аналог-рақамли ўзгарткич 7 га узатилиб, рақамли шаклга ўзгартирилиб, суюқ кристалли индикаторда кўрсатилади. Улагич 6 ни босишда 6-1, 6-2, 6-5, 6-6 контактлар уланиб, нам маҳсулот билан сиғимли электродлар 3 ва 3' нинг ўзаро таъсири натижасида электр сиғими ўзгаради, натижада генератор тебраниш контурининг реактив қаршилиқга ўзгариб, электр сигнали ҳосил бўлади, бунда термоқаршилиқ 9 билан ҳароратни автоматик компенсациялаш схемаси 10 уланган бўлади. Генераторнинг тебраниш контури сигнали маҳсулот намлигига боғлиқ бўлиб, детектор 5 га уланган, кейинчалик қайд этилган сигнал эса аналог-рақамли ўзгарткич 7 да ўзгартирилади ва суюқ кристалли индикатор 8 га визуал тасвирлаш учун узатилади.

Намлик ўзгарткичини ўлчанаётган муҳитга киритишда генератор балансдан чиқарилиб, электр сигнал ҳосил қилинади ва иккиламчи интеграллаш билан детектор 5 га узатилади ва унда сигнални доимий ташкил қилувчиси ажратиб олинади. Кейинчалик сигнал аналог-рақамли ўзгарткич 8 га узатилиб, сигнал суюқ кристалли индикатор 8 билан ўлчанади.



8-расм. Пахта назорат қилинаётган намлигини аниқлаш алгоритми

Намликни аниқлашнинг тавсифланган усулини алгоритми 8-расмда келтирилган.

Маҳсулотларни ҳароратини ўлчаш схемаси кўприк схема асосида тузилган бўлиб, резисторлардан ва термоқаршиликлардан иборат. Термоқаршилик (9) ўлчанаётган муҳитга туширилади, унинг қаршилиги ўзгаради ва кўприк схемада кучланиш пайдо бўлади. Кейинчалик фойдали сигнал ва ўлчанаётган муҳитга боғлиқ бўлган кучланиш аналог-рақамли ўзгарткич 7 га ўтиб, визуал тасвирлаш учун суюқ кристалли индикатор 8 га узатилади. Ўлчаш схемаси 9 В кучланишли барқарор манбага уланган.

Бажарилган назарий тадқиқотлар ва тажрибавий ишлар натижалари асосида электрон блокнинг ишлаши учун пахта намлигини унинг диэлектрик сингдирувчанлик ва ишчи частотата асосида аниқловчи кўп функцияли қурилманинг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган. Дастурий маҳсулот Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигида рўйхатдан ўтказилган (№ DGU 03095, Тошкент ш., 31.03.2015 й.).

ХУЛОСА

“Пахта намлигини назорат қилишда сиғимли бирламчи ўзгарткичлар асосидаги усуллар ва асбоблар” мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Тадқиқот предмети соҳасидаги сўнги 15 йиллик патент адабиётларини таҳлил қилиш усули ёрдамида замонавий влагометрияда пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усулини ривожлантириш ва такомиллаштириш тенденциялари аниқланган. Бу пахта намлигини назорат қилиш ўлчаш воситаларини лойиҳалаш, конструкциялаш ва ишлаб чиқишда сиғимли бирламчи ўзгарткичларга замонавий талабларни шакллантириш имконини беради.

2. Пахта намлигини назорат қилувчи замонавий қурилмаларга пахта саноати томонидан қўйиладиган метрологик, фойдаланиш ва функционал талаблар шакллантирилган, сиғимли ўзгарткичнинг математик модели ишлаб чиқилган. Бу пахта намлиги сиғимли ўзгарткичларининг параметрларини ҳисоблаш аниқлиги ва самарадорлигини ошириш имконини беради.

3. Пахта намлигини ўлчаш аниқлигини оширувчи ва қурилмани функционал имкониятларини кенгайтирувчи усул ишлаб чиқилган. Намликни ўлчаш аниқлигини эллипс шаклда ясалган, сиртки чегараларида зарядлар қутбланиши камайтирилган сиғимли конденсатор туфайли эришилган. Қурилмани функционал имкониятларини кенгайтириш ўлчаш схемасининг таркибига ҳароратни ўзгаришини компенсацияловчи термодатчикни киритиш орқали эришилган. Бу сиғимли усулни техник амалга оширишни метрологик ва функционал тавсифларини такомиллаштириш имконини беради.

4. Хатолик манбаларининг биринчи марта 9 та гуруҳдан иборат таснифи, шунингдек ушбу омиллар таъсирини бартараф қилиш ёки камайтиришга йўналтирилган усулларида ташкил топган услубий таъминот ишлаб чиқилган. Бу пахта намлигини назорат қилишнинг сиғимли усули асосида амалга ошириладиган ўлчаш воситаларига қўйилган метрологик талабларни асослаш имконини беради.

5. Ишлаб чиқилган қурилмани турли зичлик қийматлари ва ишчи частоталардаги тавсифлари, шунингдек меъёрланган метрологик хоссалари аниқланган. Пахта намлигини ўлчаш диапазонида боғлиқ равишда $W \in [0 \dots 20]$ % диапазонда $\pm 0,8$ %, $W \in [20 \dots 35]$ % диапазонда $\pm 1,5$ % йўл қўйиладиган хатолик чегаралари ўрнатилган. Бу ўлчаш воситасини статик тавсифларини аниқлигини ошириш имконини беради.

6. Ўтказилган тадқиқот натижалари асосида сиғимли қурилмани талаб қилинган аниқликда ўлчовчи ишчи частотаси аниқланган. Зичлик ρ ни ошириши билан назорат қилинаётган материал намлиги W параметрлари орасидаги боғлиқлик барқарорлаши, шунингдек тавсия қилинадиган зичликнинг оптимал қиймати $\rho = 250 \text{ кг/м}^3$ эканлиги аниқланди. Бу таклиф қилинаётган ўлчаш воситаси ёрдамида олинадиган натижаларнинг аниқлиги ва ишончилигини ошириш имконини беради.

7. Таклиф қилинган қурилманинг метрологик тавсифларини таҳлили, жумладан, нисбий хатолиги намликнинг $W \in [0 \dots 35]$ % диапазонида аналог қурилмаларга нисбатан 1,2...1,5 мартагача камайганлигини кўрсатилган. Қурилманинг илмий янгилиги ваколатли орган – Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти (№ IAP 05156) билан ҳимояланган. Бу сиғимли ўлчаш асбобларини метрологик тавсифларини яхшилаш имконини беради.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАШАРИПОВ ШОДЛИК МАШАРИПОВИЧ

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ ЕМКОСТНЫХ ПЕРВИЧНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА-
СЫРЦА**

05.03.01 - «Приборы. Методы измерения и контроля (по отраслям)»

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

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан № В2017.1.PhD/T80

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель: **Матякубова Парахат Майлиевна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Ахмедов Барат Махмудович**
доктор технических наук, доцент

Улжаев Эркин
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **АО «Пахтасаноат илмий маркази»**

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

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 88). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2019 года.

(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2019 года.)

Н.Р. Юсупбеков

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

У.Ф.Мамиров

Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Х.З.Игамбердиев

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире возрастают требования к качеству сельскохозяйственной продукции, выдвигаются новые требования к средствам экспрессного контроля влажности в большинстве технологических процессов. В современных технологических процессах агропромышленного комплекса требуются экспрессные, неразрушающие, бесконтактные и энергосберегающие технологии для эффективного управления параметрами, с большой точностью измерения, возможностью контроля дополнительных параметров. В этой связи, в развитых странах в крупных промышленных предприятиях, производящих хлопковую продукцию, особой задачей является создание и внедрение приборов, соответствующих требованиям современной измерительной техники и контролирующих влажность хлопка-сырца, являющейся одним из основных показателей качества хлопка-сырца.

В мире осуществляются научные исследования, направленные на повышения точности и оперативности, расширение функциональные возможности приборов для контроля влажности хлопка-сырца. В связи с этим особое значение уделяется исследованиям, посвященным разработке и совершенствованию приборов на основе емкостных первичных измерительных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца, обеспечивающих повышенную точность, чувствительность, быстродействие и улучшенные метрологические характеристики.

В Республике Узбекистан осуществляется работа по модернизации и техническому переоснащению хлопковой промышленности, внедрению передовой информационно-измерительной техники для контроля параметров хлопка-сырца. В стратегии развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлена ответственная задача: «...дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»¹. Для достижения поставленных задач существенно важным вопросом является осуществление целенаправленных научных исследований, проведение анализа современных методов и технических устройств контроля влажности хлопка-сырца и выявление тенденций дальнейшего развития влагометрии и совершенствование теории и практики для контроля влажности хлопка-сырца.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3408 от 28 ноября 2017 года, «О мерах по кардинальному совершенствованию системы управления хлопковой

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнейшему Развитию Республики Узбекистан» УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

отраслью», №ПП-1758 от 21 мая 2012 года «О программе дальнейшей модернизации, технического и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на 2012-2016 годы», и Постановлении Президента Республики Узбекистан 29 августа 2006 года, «Об упорядочении механизма реализации и расчетов за хлопковое волокно», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. По результатам мировых исследований значительный вклад в развитие методов и приборов на основе емкостных преобразователей внесли зарубежные ученые Jingbo Tong, Tianming Chen, Mathew G.Pelettier, Michael E.Gvili, Hourri Johari (США), Stuard Gordon, Andrej Krajewski, Ferry N. Toth (Австралия), Hamid Farahani, Rahman Wagiran, Mohd Nizar Hamidon (Малайзия), Esa Leskelä, Jukka Voutilainen (Финляндия), Burak Okcan (Турция), В.В.Молочников, С.В.Годлевская, И.К.Пожиток, Н.И.Мухуров, В.В.Лисовский (Белоруссия), А.К.Хурцилава, Н.Г.Кантеладзе., Т.Д.Джапаридзе. (Грузия) Ю.П.Секанов, Е.С.Кричевский, В.С.Ройфе, Ю.Г.Подкин, П.М.Пугачев, С.Н.Шведов, В.С.Афонин, П.В.Машошин (Россия) и др.

В теорию и практику неразрушающих емкостных первичных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца значительный вклад внесли отечественные ученые: Н.Р.Юсупбеков, П.Р.Исматуллаев, Р.К.Азимов, Х.З.Игамбердиев, М.М.Мухитдинов, Б.М.Ахмедов, В.В.Казанский, А.Х.Абдуллаев, Э.Ўлжаев, П.М.Матякубова, А.Тургунбаев, В.Е.Устюгин, П.И.Каландаров, Ю.Г.Шипулин, Ш.М.Гулямов, В.Н.Дроздов, Р.И.Саитов и др.

Однако, в последние годы из-за недостатка оперативных и энергосберегающих устройств контроля влажности хлопка-сырца, применяют отбор проб и проведение анализа, на основе стандартных методов, что не может быть использовано в современных технологических процессах при приемке и переработке хлопка-сырца. Вместе с тем не уделяется достаточного внимания созданию и совершенствованию новых научно-технических и конструкторских решений емкостного метода контроля влажности хлопка-сырца и не исчерпывает в полной мере потенциальных возможностей своей приборной реализации.

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: ЁФ-2-9 «Разработка теоретических основ построения и проектирования первичных измерительных преобразователей с

микропроцессорными комплектами для контроля качества различных продуктов» (2016-2017).

Цель диссертационной работы заключается в совершенствовании приборной реализации емкостного метода контроля влажности хлопка-сырца с первичными измерительными преобразователями, построении и внедрении на этой основе емкостного прибора с улучшенными метрологическими и функциональными характеристиками.

Задачи исследования:

анализ современного состояния теории и практики методов и приборов для контроля влажности хлопка-сырца по метрологическим, функциональным, а также эксплуатационным критериям;

обоснование и выбор наиболее перспективного для приборной реализации метода контроля влажности хлопка-сырца, а также оценка тенденции развития применяемых подходов по направленным на совершенствование метрологических характеристик выбранного метода;

разработка методического обеспечения, включающее в себя классификацию источников погрешностей и методов по устранению дестабилизирующих факторов при контроле влажности емкостным методом с высокой точностью, чувствительностью и быстродействием;

создание конструкции и технического решения для приборной реализации емкостного первичного измерительного преобразователя с улучшенной чувствительностью, точностью, быстродействием, статической характеристики и других метрологических характеристик;

создание новой конструкции прибора на основе емкостного первичного измерительного преобразователя для контроля влажности хлопка-сырца и разработка технического решения по повышению точности, чувствительности и функциональных возможностей;

опытно-промышленные испытания разработанного прибора в отраслях хлопковой промышленности и оценка технико-экономического показателя и эффективности внедрения предлагаемого прибора.

Объектом исследования в работе являются методы и средства емкостного контроля влажности хлопка-сырца на основе неразрушающих емкостных первичных измерительных преобразователей.

Предмет исследования составляют методы и приборы на основе емкостных первичных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы методы общей теории систем, теория измерений, анализ и обработка экспериментальных данных, теории информационно-измерительных систем, методы организации эксперимента и физические основы получения измерительной информации с использованием первичных преобразователей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны и обоснованы общие принципы и научно-теоретические основы приборной реализации емкостного метода для контроля влажности хлопка-сырца;

методами инженерного прогнозирования составлена математическая модель емкостного преобразователя влажности хлопка-сырца;

разработан метод для расширения функциональных возможностей и повышения точности прибора при измерении влажности хлопка-сырца;

на основе применения эллипсоидных емкостных электродов, в том числе путем автоматической компенсации изменения посредством датчиков в схеме расширен предел измерения и увеличена точность прибора при измерении влажности;

разработано способы устранения основных источников суммарной погрешности выходного сигнала при измерении влажности материалов емкостным методом в условиях воздействия внешних факторов.

Практические результаты исследования. На основе проведенных исследований разработан и внедрен цифровой прибор для экспрессного контроля. Разработаны и экспериментально исследованы, стабильные емкостные преобразователи с минимальным энергопотреблением, предназначенные для контроля влажности хлопка-сырца.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается согласованностью итогов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием образцовых средств измерения, а также положительными результатами измерений. При выполнении исследования применялись как теоретические, так и проводимые параллельно экспериментальные проверки точности методов и технических решений в целях обеспечения надежности результатов. Экспериментальные исследования выполнены с использованием современной измерительной техники с высокой точностью и надежностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования. *Научная значимость* результатов исследования определяется совершенствованием емкостных методов и приборов для контроля влажности хлопка-сырца. Предложены новые методические и конструктивные решения, чтобы повысить точность и функциональные возможности устройства для контроля влажности. Усовершенствован метод повышения точности преобразователей путем компенсации температурного воздействия и автоматизации процесса обработки результатов измерения.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные программные, методические и технические обеспечения контроля влажности позволили повысить технико-экономические показатели за счет повышения точности, экспрессности и энергосбережения технологических процессов. Разработаны научные решения контроля влажности, который может быть использован при разработке, градуировке, калибровке и совершенствовании информационно-измерительных систем и устройств, предназначенных для контроля параметров продукции агропромышленного комплекса.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке методов и приборов на основе емкостных первичных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца, выполнен следующий

объем работ:

получен патент на устройство для измерения влажности и температуры волокнистых материалов и дисперсных сред выданное Агентством интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ IAP 05156, 23.12.2015 г.). В результате расширены функциональные возможности прибора и точность измерения повысилась на 12 %;

прибор предназначенных для контроля влажности в основных процессах хранения и первичной обработки хлопк-сырца внедрен в АО «Богот пахта тозалаш» и АО «Янгиарик пахта тозалаш» (Справка АО «Узпахтасаноат» 0218/09 от 4 января 2018 г.). Внедрения результатов позволяет повышения точности измерения и эффективности технологических процессов, экспрессного контроля, неразрушающего контроля влажности и уменьшает расходуемых энергетических и трудовых затрат;

разработанные методы и их технические решения для повышения точности измерений емкостного первичного преобразователя, а также алгоритмы обработки результатов экспериментальных данных при контроле влажности хлопковых материалов и разработанный программный продукт автоматической коррекции показаний для прибора измерения влажности хлопка-сырца внедрены на предприятиях АО «Богот пахта тозалаш» и АО «Янгиарик пахта тозалаш» (Справка АО «Узпахтасаноат» 0218/09 от 4 января 2018 г.). В результате достигнута повышения точности при измерении влажности исследуемого хлопка-сырца благодаря автоматической коррекции влияния температуры на показаний прибора.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования апробированы на 3 международных и на 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По результатам исследования опубликованы 22 научные работы, в том числе 1 патента на изобретения, 11 журнальных статей в зарубежных и республиканских научно-технических журналах рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, а также получено 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и 7 приложений. Объем диссертации составляет 119 страницы машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, раскрываются цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, 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, сведений по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «Современное состояние и тенденции развития теории и практики совершенствования метрологических характеристик первичных измерительных преобразователей по емкостным методам при контроле влажности хлопка-сырца» рассмотрено значение и этапы контроля влажности хлопка-сырца, современное состояние методов контроля влажности хлопка-сырца, электрофизические характеристики объекта контроля влажности, а также проанализированы метрологические и технические характеристики влагомеров.

Проанализированы современное состояние теории и практики экспрессного контроля влажности хлопка-сырца и выявлены тенденции их дальнейшего развития и совершенствования, и с помощью методов анализа патентной литературы по предмету исследования за последние 15 лет показано, что в современной влагометрии одним из наиболее соответствующих тенденции развития и совершенствования является емкостный метод контроля влажности хлопка-сырца. В основном, можно отметить классификатор «G 01 N 27/22 – емкостный метод измерения» и более 130 патентов.

По результатам использованных источников информации в практике внедрения приборов в национальной и зарубежной хлопковой промышленности, статистической обработкой информации определен наиболее перспективный емкостный метод с показателем 38 %. Нормированные метрологические характеристики емкостных устройств составляют до 1,5 % относительной погрешности. На рис.1 показано внедрение и применение кондуктометрических (26,3 %), инфракрасных (14,9 %), термогравметрических (6 %), СВЧ (5,3 %) методов. На рис.2 приведены результаты анализа метрологических характеристик приборов, функционирующих по термогравметрическим, инфракрасным, СВЧ, емкостным и кондуктометрическим методам.

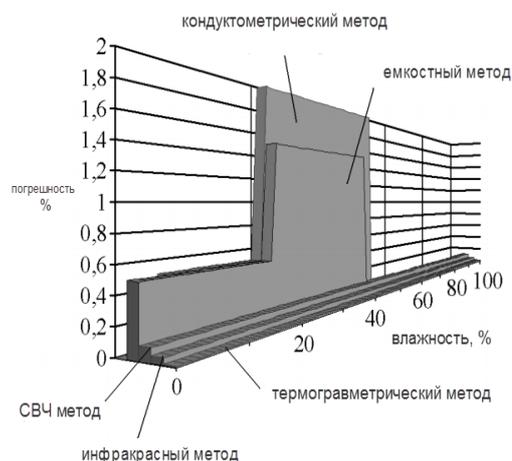
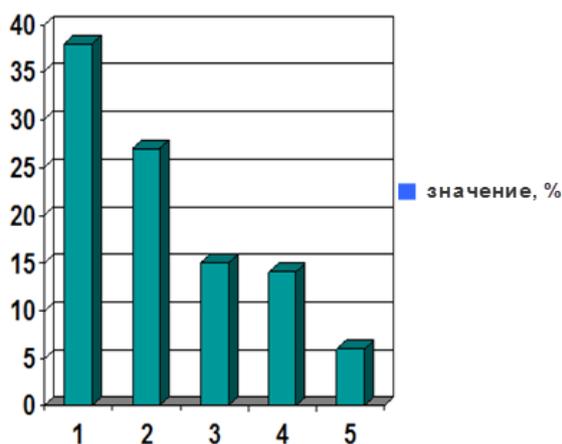


Рисунок 1. Уровень внедрения и применения приборов для контроля влажности хлопковых материалов:

1 – емкостный метод; 2 – кондуктометрический метод; 3 – инфракрасный метод; 4 – термогравметрический метод; 5 – СВЧ метод

Рисунок 2. Сравнительные значения погрешностей методов контроля влажности

Во второй главе диссертации «Процессы получения измерительной информации высокими точностями емкостного первичного измерительного преобразователя при контроле влажности хлопко-сырца» излагаются основы разработки общих принципов и научно-теоретические основы создания приборов емкостным методом при контроле влажности, взаимодействие влажного материала с электромагнитным полем, математическое моделирование диэлектрической проницаемости влажных волокнистых систем и методика оптимизации и расчета параметров емкостных первичных измерительных преобразователей влажности.

Разработано аналитическое выражение, обоснующее конструктивные и метрологические параметры преобразователей влажности хлопко-сырца. На рис.3 в целях определения оптимальных геометрических размеров конусного электрода оценивается взаимодействие и схемы сил преобразователя с прессованным материалом.

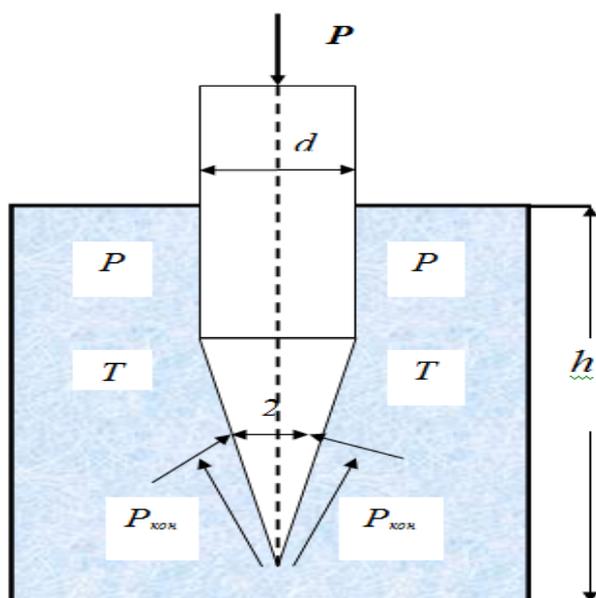


Рисунок 3. Схема сил между первичным измерительным преобразователем и материалом

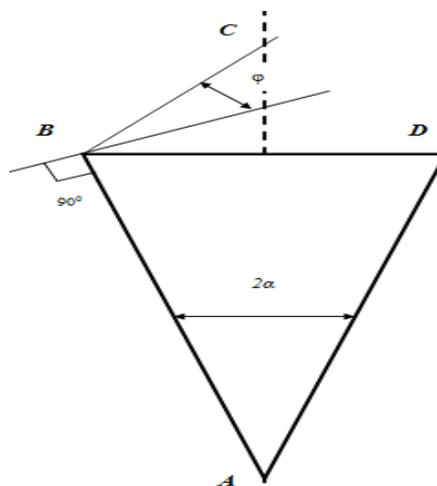


Рисунок 4. Геометрические размеры конусной части преобразователя
 φ - угол трения; А, В, D – кончики конуса; α – угол между образующими конуса

Рисунок 4. Геометрические размеры конусной части преобразователя

Уравнение равновесия системы действующих сил выражается следующим образом:

$$P = P_{кон} + P_{тр}. \quad (1)$$

Сила сопротивления конической части емкостного электрода состоит из сопротивления T и силы сопротивления от трения конуса $F_{тр}$

$$P_{ши} = T + F_{кон}. \quad (2)$$

В уравнении (1) действительное значение сопротивления вдавливания определяется как $T = \sigma_0 \cdot S \cdot \sin \alpha$; сила сопротивления от трения конуса - $F_{тр} = F_1 \cdot \cos \alpha = \sigma_0 \cdot S \cdot f \cdot \cos \alpha$, где σ_0 - удельное сопротивление вдавливания конуса хлопко-сырца и продуктов его переработки; S - площадь поверхности конуса; α - угол между образующими; f - коэффициент трения.

Выразим площадь поверхности конусной части емкостного электрода:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \sin \alpha}, \quad (3)$$

где d - диаметр.

После преобразования выражения (2) получаем следующий результат:

$$P_{mp} = \sigma_0 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha). \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что сила сопротивления конической части емкостного электрода прямо пропорциональна зависит от удельного сопротивления вдавливания конуса хлопка-сырца, диаметра цилиндрической части емкостного электрода, коэффициента трения и котангенса угла конусности электрода.

Сила трения поверхности цилиндра преобразователя определяется следующим образом:

$$P_{mp} = f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot \int_0^h \partial h = f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot h, \quad (5)$$

где σ_1 - удельное нормальное давление влияющее на цилиндрическую часть электрода; h - толщина слоя материала.

Определяем силу, необходимую для погружения емкостного преобразователя хлопка-сырца:

$$P = \sigma_0 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha) + f \cdot \sigma_1 \cdot \pi \cdot d \cdot h. \quad (6)$$

Объем выдавливаемого хлопка-сырца $V_{кон}$ соответствует объему вращения равнобедренного треугольника A, B, D вокруг оси AC и равен (рис. 4):

$$V_{кон} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \kappa^2 \cdot AC, \quad (7)$$

После тригонометрических преобразований выражение (9) выражается следующим образом:

$$V_{кон} = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot [\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)], \quad (8)$$

где φ - угол трения; S - площадь поверхности конуса, а его значение равно $S = \pi \cdot r \cdot l$. При этом значение деформации определяется следующим образом:

$$\delta = \frac{V_k}{S \cdot \cos(\alpha + \varphi)} = \frac{r \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi))}{3 \cos(\alpha + \varphi)}. \quad (9)$$

Как видно из (9), из конструктивных, метрологических и эксплуатационных соображений использовать в преобразователе конус с углом конусности более 30° нецелесообразно. Наименьшее значение δ наблюдается при угле конусности в 10° , однако, в зоне преобразователя с таким острым углом вокруг конуса не будет образовываться требуемый уровень уплотнения. При таком угле уменьшается чувствительность преобразователя. Таким образом, установлено, что наиболее оптимальные углы конусного электрода находятся в интервале $(25 - 35)^\circ$.

**ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ КОНТРОЛЕ ВЛАЖНОСТИ
ЕМКОСТНЫМ МЕТОДОМ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**



Рисунок 5. Классификация источников погрешностей и способы их устранения при контроле влажности материалов емкостным методом

На рис.5 предложена классификация, состоящая из 9 основных групп и источников суммарной погрешности емкостных измерительных систем при контроле влажности по результатам экспериментов и исследований.

Выбран и научно обоснован емкостный метод для обеспечения достоверных результатов измерения с высокими точностями при получении информации о влажности хлопка-сырца. Разработана структура основных блоков принятия решений по созданию емкостных измерительных систем влажности, а также 6 комплексных принципов создания технических, структурных, программно-алгоритмических методов прибора.

Разработан алгоритм для расчета статических характеристик емкостных первичных преобразователей с изменяющейся электрической емкостью. Особенность программы расчетов основных характеристик емкостных измерительных преобразователей заключается в том, что с помощью неё можно успешно решить проблему разработки конструкции и преобразующих емкостных элементов и определить возможные источники погрешностей и их значения на ранних стадиях проектирования измерительного преобразователя. Программа также позволяет уточнить схемотехнические решения для измерения и обработки выходного сигнала. Программный продукт зарегистрирован Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ DGU 04227, Зарегистрирован в г. Ташкенте. 13.02.2017 г.)

В третьей главе «Исследование характеристики прибора с емкостным первичным измерительным преобразователем при контроле влажности хлопка-сырца в статическом режиме работы и разработка методики по оцениванию неопределенности» приведено влияние температуры на статические характеристики емкостного преобразователя, экспериментальное исследование частото-влажностной характеристики, оценивается влияние плотности хлопка-сырца на метрологические характеристики, а также разработана методика по оцениванию неопределенности результатов измерения влажности хлопка-сырца с учетом требований государственного стандарта O'z DSt 644:2006 и GUM.

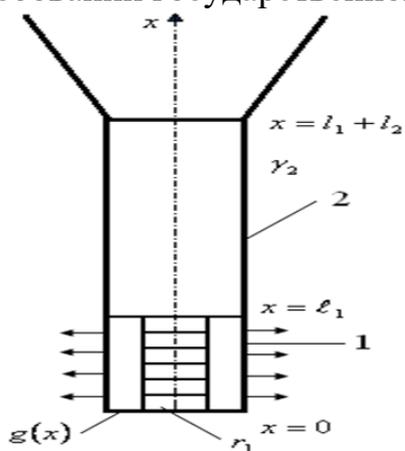


Рисунок 6. Физическая модель термометра сопротивления относительно температуры контролируемой среды

1-участок с нагревом от термометра сопротивления; 2-участок без нагрева.

На рис.6 а показана физическая модель и графики изменения температуры перегрева термометра сопротивления относительно температуры контролируемой среды, состоящей из двух разнородных участков 1 и 2. На участке 1 расположен теплопровод с термометром сопротивления, а на участке 2 теплопровод без термометра сопротивления.

На основании вышеизложенного которого получено:

$$T_2(\ell) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left[\frac{q}{g_1} - T_1(0) \right] sh\gamma_2\ell_1 e^{\gamma_2\ell_1}; \quad (10)$$

$$T_2(x) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left[\frac{q}{g_1} - T_1(0) \right] sh\gamma_1\ell_1 e^{-(x-\ell_1)\gamma_2}; \quad (11)$$

$$T_1(0) = \frac{q}{g_1} \left[1 - \frac{1}{ch\gamma_1\ell_1 + \gamma_1 sh \frac{\gamma_1}{\gamma_2}} \right]; \quad (12)$$

$$T_1(x) = \frac{q}{g_1} \left[1 - \frac{ch\gamma_1 x}{ch\gamma_1\ell_1 + \gamma_1 sh \frac{\gamma_1\ell_1}{\gamma_2}} \right], \quad (13)$$

где g, r – удельные (на единицу длины) тепловая проводимость и сопротивление; q – удельный (на единицу длины) источник тепла от нагрева термометра сопротивлением; измерительным током g_1, g_2, r_1, r_2 – соответственно удельные тепловые проводимости и сопротивления для участков 1 и 2.

$$\gamma_1 = \sqrt{g_1 r_1}; \quad \gamma_2 = \sqrt{g_2 r_2}; \quad g = \alpha \pi d; \quad r = \frac{1}{\lambda S}; \quad S = \frac{\pi d^2}{4},$$

где α – коэффициент теплоотдачи от термометра сопротивлением; S, d – площадь сечения и диаметр термометра сопротивлением. В целом при температуре среды $T_{cp} = 14^\circ\text{C}$ погрешность измерения температуры термометром сопротивлением соответственно $\Delta = 1,0^\circ\text{C}$.

Разработана программа для обработки экспериментальных данных при измерении влажности хлопковых материалов. Программный продукт зарегистрирован Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ DGU 02748, Зарегистрирован в г. Ташкенте, 08.04.2013 г.). Проведена оценка инструментальной погрешности контроля влажности хлопка-сырца разработанным устройством для доверительной вероятности $P = 0,95$ с учетом коэффициента Стьюдента.

Разработана методика оценивания и выражение неопределенности измерения влажности хлопка-сырца по O'z DSt 644:2006. Предлагаемая методика разработана с учетом требований Международного руководства по выражению неопределенности измерений (GUM - Руководство по выражению неопределенности измерений.). Предлагается решить проблему с помощью программного обеспечения, позволяющего полностью автоматизировать процесс вычисления оценок неопределенности. Программный продукт зарегистрирован Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. (№ DGU 04228, Зарегистрирован в г.

Ташкенте, 13.02.2017 г.)

В четвертой главе диссертации «Разработка прибора на основе конструкции емкостного первичного измерительного преобразователя для контроля влажности хлопка-сырца и исследование градуировочных характеристик» приведены результаты разработки прибора на основе емкостного преобразователя для контроля влажности и их характеристик, программно-алгоритмическое обеспечение технической реализации, метрологическое обеспечение измерения влажности хлопка-сырца, исследование градуировочных характеристик емкостного преобразователя влажности и вопросы оценивания инструментальной погрешности прибора.

Устройство (рис.7) для измерения влажности и температуры хлопка-сырца, содержащее корпус, электроды на диэлектрическом основании, подключенные к измерительной схеме, содержащей генератор и детектор, при этом корпус выполнен в виде полого параллелепипеда, внутри которого на двух односторонних фольгированных гетинаксовых пластинах расположены емкостные электроды, выполненные в виде эллипсов и подключенные параллельно к измерительной схеме с импульсным генератором, причем измерительная схема подключена к аналого-цифровому преобразователю (АЦП), нижний торец корпуса выполнен в виде усеченного конуса с цилиндром, снабженным конусным наконечником, внутри цилиндрической части которого расположено термосопротивление, входящее в схему автоматической температурной компенсации, которая подключена к входу АЦП, связанного с жидкокристаллическим индикатором.

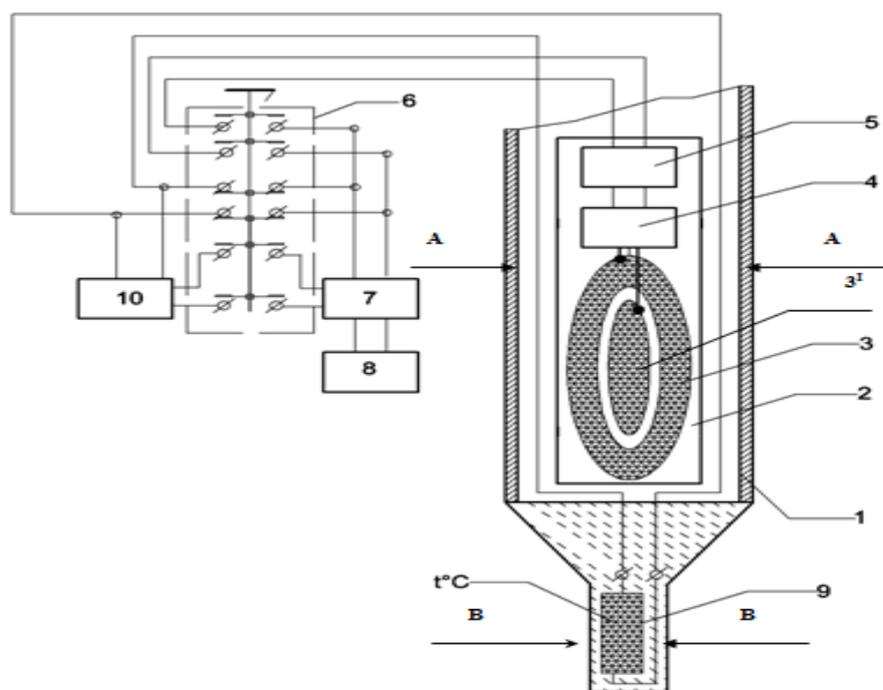


Рисунок 7. Устройство для контроля влажности и температуры хлопка-сырца

Использование по вертикальной оси корпуса емкостных эллипсоидных электродов позволяет исключить процесс краевого эффекта, т.е. поляризации зарядов между составляющими элементами емкостного преобразователя, что приводит к увеличению чувствительности и точности измерения, особенно при низких диапазонах влажности материалов. Конструкция устройства позволяет одновременно определять влажность и температуру в измеряемой среде, не разрушая измеряемый объект, что расширяет функциональные возможности устройства. Вместе с тем введение в общую конструкцию устройства термосопротивления позволяет использовать его в качестве термокорректирующего элемента, особенно, когда температура измеряемой среды изменяется в широких пределах, что повышает точность измерения.

На рис.7 представлен продольный разрез конструкции устройства. Устройство содержит корпус 1 (рис.7.), выполненный в виде полого параллелепипеда из диэлектрического материала. Внутри корпуса 1 установлены две односторонние фальгированные гетанаксные пластины 2 (рис.7), на которых размещены емкостные электроды 3', при этом 3' и 3 выполнены в виде эллипса и подключаются параллельно в измерительной схеме, состоящей из образцовых резисторов R_1 , R_2 и импульсного генератора 4, двойного детектора 5, переключателя выходных сигналов преобразователей 6, состоящего из парных контактов 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с двойным интегрированием 7, термосопротивления 9, схемы автоматической температурной компенсации 10, жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) 8.

Корпус 1 заостренным нижним торцом вводится в измеряемый материал. При исходном отжатом положении переключателя 6 замкнуты контакты 6-3 и 6-4, и измеряется температура среды по изменению величины термосопротивления 9. При этом сигнал разбаланса мостовой схемы (рис.3.1.4.) в виде тока подается к АЦП 7, и после преобразования в цифровую форму на ЖКИ. При нажатом положении переключателя 6 замыкаются контакты 6-1, 6-2, 6-5, 6-6 и в результате взаимодействия влажного материала с емкостными электродами 3' и 3 изменяется их электрическая емкость, и, следовательно, реактивное сопротивление с одновременным возбуждением колебательного контура импульсного генератора 4, где происходит формирование электрического сигнала при разбалансе колебательного контура генератора 4, при этом включается схема автоматической температурной компенсации 10 с термосопротивлением 9. Сигнал разбаланса колебательного контура генератора, зависящий от влажности материала, включается детектор 5, далее детектированный сигнал преобразуется в АЦП 7, и передается на ЖКИ 8 для визуального отображения.

При погружении преобразователя влажности в измеряемую среду формируется электрический сигнал разбаланса генератора и подается к детектору 5 с двойным интегрированием, где происходит разделение

постоянного составляющего сигнала. Далее сигнал поступает к АЦП 7, связанного с жидкокристаллическим индикатором 8.

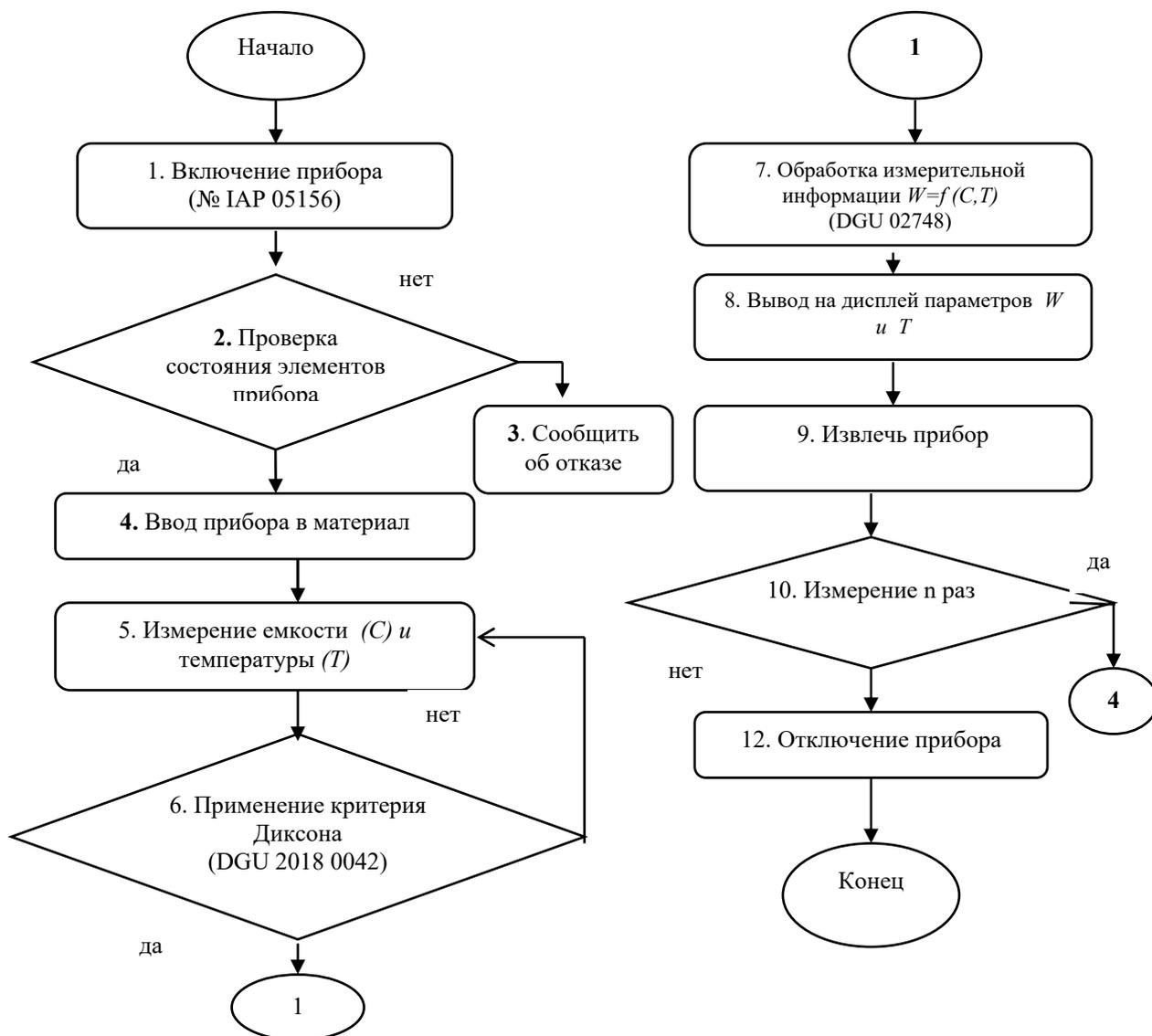


Рисунок 8. Алгоритм определения контролируемой влажности хлопко-сырца

Алгоритм описанного способа приведен на рисунке 8.

Схема для измерения температуры материалов представляет собой классическую мостовую схему, состоящего из резисторов и термосопротивления R (9). При погружении термосопротивления 9 в измеряемую среду меняется его сопротивление и формируется ток, приводящий к разбалансу мостовой схемы. Далее ток разбаланса, зависящий от сопротивления R_t , и, следовательно, температуры измеряемой среды, поступает к АЦП 7, и передается на ЖКИ 8 для визуального отображения. Измерительные схемы питаются от стабилизированного источника тока с

постоянным напряжением 9 В (U_0).

Для функционирования электронного блока по результатам проведенных теоретических исследований и экспериментальных работ разработаны программные обеспечения многофункционального устройства для определения влажности хлопка-сырца по его диэлектрической проницаемости и рабочей частоты. Программный продукт зарегистрирован Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. (№ DGU 03095, г. Ташкенте, 31.03.2015 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований диссертационной работы на тему: «Методы и приборы на основе емкостных первичных преобразователей для контроля влажности хлопка-сырца» получены следующие результаты:

1. Проанализированы современное состояние теории и практики экспрессного контроля влажности хлопка-сырца и выявлены тенденции их дальнейшего развития и совершенствования, и с помощью методов анализа патентной литературы по предмету исследования за последние 15 лет показано что в современной влагометрии тенденцией развития и совершенствования обладает емкостный метод контроля влажности хлопка-сырца. Это дает возможность сформулировать современные требования к емкостным первичным преобразователям при проектировании, конструировании и разработке измерительных приборов для контроля влажности хлопка-сырца.

2. Сформулированы метрологические, эксплуатационные и функциональные требования, предъявляемые со стороны хлопковой промышленности к современным приборам для контроля влажности хлопка-сырца, разработано математический модель емкостного преобразователя. Это дает возможность увеличить точность и эффективности расчета параметров емкостных преобразователей влажности хлопка-сырца.

3. Разработано способ увеличение точности и расширение функциональных возможностей прибора при измерении влажности хлопка-сырца. Повышение точности измерений достигается благодаря тому, что емкостный конденсатор выполненные в виде эллипса и использование эллипсоидные электроды позволяет уменьшить процесса краевого эффекта. Расширение функциональных возможностей достигается путем автоматической компенсации изменения температуры посредством датчиков в схеме. Это дает возможность совершенствование метрологические и функциональные характеристики при техническом реализации емкостного метода.

4. Впервые разработана классификация источников погрешностей, включающих в себя 9 групп и методическое обеспечение, направленное на устранение или уменьшение влияния дестабилизирующих факторов по совершенствованию приборной реализации емкостного метода для контроля

влажности хлопка-сырца. Это даёт возможность обосновать метрологические требования, предъявляемые к измерительным приборам, реализованным емкостным методом для контроля влажности хлопка-сырца.

5. Определены статические характеристики разработанного прибора в разных значениях плотности и рабочей частоты, а также нормированные метрологические свойства. Определены предельно допускаемые погрешности устройства в зависимости от диапазона измерений влажности хлопка-сырца: в диапазоне $W \in [0 \dots 20]$ % составляют $\pm 0,8$ %; в диапазоне $W \in [20 \dots 35]$ % составляют $\pm 1,5$ %. Это даёт возможность повысить точность исследования статических характеристик измерительного прибора.

6. На основе проведенных исследований определено рабочая частота при измерении с требуемой точностью. С увеличением плотности ρ и влажности контролируемого материала W зависимость между этими параметрами становится более устойчивой. Определена оптимальная плотность хлопка-сырца - $\rho = 250$ кг/м³. Это даёт возможность повысить точности и надежности полученных данных с помощью предлагаемого измерительного прибора.

7. Проведённый метрологический анализ предлагаемого прибора показал, что относительная погрешность измерений влажности в диапазоне $W \in [0 \dots 35]$ % уменьшена по сравнению с известными методами в 1,2...1,5 раза. Научная новизна данного прибора защищена патентом (№ IAP 05156) уполномоченным органом – Агентством Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Это даёт возможность улучшить метрологические характеристики емкостных измерительных приборов.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

MASHARIPOV SHODLIK MASHARIPOVICH

**METHODS AND INSTRUMENTS BASED ON CAPACITY PRIMARY
CONVERTERS FOR CONTROL OF HUMIDITY OF COTTON-RAW
MATERIAL**

05.03.01 – «Devices. Methods of measurement and control (by industry)»

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

TASHKENT– 2019

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T80

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tdtu.uz andan the webside of “ZiyoNet”Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific adviser: **Matyaqubova Paraxat Meyliyevna**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Axmedov Barat Maxmudovich**
Doctor of technical sciences, associate professor

Uljayev Erkin
Candidate of technical science, associate professor

Leading organization: **Joint-Stock Company «Paxtasanoat Ilmiy Markazi »**

The defense will take place “_____” _____ 2019 at _____ at the meeting of Scientific council DSc.27.06.2017.T.03.02 at Tashkent State Technical University (Address: 100095, Tashkent city, Street. University, 2. Tel./fax: (+99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Technical University (is registered under 88). Address: 100095, Tashkent city, Street. University, 2. Tel.: 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on “_____” _____ 2019 y.
(mailing report №. _____ on “_____” _____ 2019 y.).

N.R. Yusupbekov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academian

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

H.Z.Igamberdiev
Chairman of the scientific seminar of the scientific council
on awarding academic degrees,
doctor of technical sciences, professor, academian

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to improve the instrumental implementation of the capacitive method for controlling the humidity of raw cotton with primary measuring transducers, building and implementing on this basis a capacitive device with improved metrological and functional characteristics.

The object of the research work are methods and means of capacitive control of the moisture of raw cotton on the basis of non-destructive capacitive primary transducers.

The scientific novelty of the research is as follows:

general principles and scientific and theoretical foundations of the instrumental implementation of the capacitive method for controlling the moisture of raw cotton have been developed and substantiated;

engineering forecasting methods compiled a mathematical model of a cotton raw capacitive moisture converter; a method has been developed to extend the functionality and improve the accuracy of the device when measuring the humidity of raw cotton;

based on the use of ellipsoidal capacitive electrodes, including by automatically compensating for changes by means of sensors in the circuit, the measurement limit is expanded and the instrument accuracy is increased when measuring humidity;

methods have been developed to eliminate the main sources of the total error of the output signal when measuring the moisture content of materials by capacitive methods under the influence of external factors.

Implementation of the research results. The introduction of research results. Based on the obtained scientific results on the development of methods and devices based on capacitive primary transducers to control the humidity of raw cotton, the following scope of work was performed:

a patent was obtained for a device for measuring the humidity and temperature of fibrous materials and dispersed media issued by the Agency of Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan (No. IAP 05156, 12.23.2015). As a result, the functionality of the device has been expanded, and the measurement accuracy has increased by 12%;

the device and the developed methods and their technical solutions to improve the accuracy of measurements of a capacitive primary transducer, as well as algorithms for processing the results of experimental data when controlling the humidity of cotton materials and the developed software product of automatic correction of readings for the device for measuring the humidity of raw cotton are introduced at the enterprises of Bogot Paxta Tozalash and Yangiariq Paxta Tozalash JSC "(Reference of Uzpxatasanoat JSC 0218/09 dated January 4, 2018 y.). As a result, an increase in accuracy was achieved when measuring the humidity of the raw cotton under investigation due to the automatic correction of the effect of temperature on the instrument readings.

The outline of the thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references, 7 applications and contains 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Азимов Р.К., Рахманов А.Т., Машарипов Ш.М. Устройство для измерения влажности и температуры волокнистых материалов и дисперсных сред // Патент на изобретение № IAP 05156. Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан, в г. Ташкент 23.12.2015 г.

2. Masharipov SH.M., Miralieva A.Q., Rahmatullaev S.A., Fattoyev F.F. Analysis of the modern condition of the methods of control of humidity of agricultural materials // European Sciences review. Scientific journal (Austria, Vienna). - №1-2.-2019 (January-February).P.103-105.(05.00.00 №3).

3. Masharipov SH.M., Miralieva A.Q., Rahmatullaev S.A., Fattoyev F.F., Onbashi L.R. Normalization of characteristics of measurement means and classes of accuracy of measurement means // European Sciences review. Scientific journal (Austria, Vienna). - №1-2.-2019 (January-February).P.106-107.(05.00.00 №3).

4. Masharipov SH.M., Khudaykulov U.U. Control parameters of cotton-raw and its products in agro-industrial complex // European Sciences review. Scientific journal (Austria, Vienna). - №9-10.-2017 (September-October).P.113-115.(05.00.00 №3)

5. Матякубова П.М., Машарипов Ш.М. Методика расчета параметров емкостных датчиков для измерения диэлектрической проницаемости сыпучих материалов // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». - Ташкент, 2013, №6. - С.18-23. (05.00.00 №12)

6. Рахманов А.Т., Машарипов Ш.М. Обобщения источников погрешности при измерении влажности // Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2013, №2. - С.38-43. (05.00.00 №16)

7. Рахмонов А.Т., Машарипов Ш.М. Моделирование источников погрешности диэлькометрических влагомеров // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2014, №3. –С.31-36. (05.00.00 №16)

8. Азимов Р.К., Бабаев Г.Г., Машарипов Ш.М. Особенности получения измерительной информации емкостный первичный преобразователем // Журнал «Приборы». – Санкт-Петербург, 2015, №7(181).-С.33-35. (05.00.00 №63)

9. Азимов Р.К., Бабаев Г.Г., Машарипов Ш.М. Анализ взаимодействия влажных материалов с высокочастотным электромагнитным полем // Журнал «Приборы». – Санкт-Петербург, 2015, №10(184). –С.40-44. (05.00.00 №63)

10. Матякубова П.М., Машарипов Ш.М. Проблемы обеспечения единства измерений при контроле влажности сыпучих материалов // Международный научно-технический журнал «Химическая технология.

Контроль и управление». - Ташкент, 2015, №1. -С.48-53. (05.00.00 №12)

11. Машарипов Ш.М. Математическое моделирование диэлектрической проницаемости гетерогенных влажных систем // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2015, Специальный выпуск. – С.29-34. (05.00.00 №16)

12. Машарипов Ш.М. Анализ современных методов и технических средств измерения влажности хлопковых материалов // Журнал «Приборы». – Санкт-Петербург, 2016, №4(190). –С.31-37. (05.00.00 №63)

II бўлим (II часть; II part)

13. Машарипов Ш.М., Азимов Р.К. Многофункциональный информационно-измерительный комплекс для контроля параметров волокнистых материалов и дисперсных сред // Журнал «Метрология». – Москва, 2017. – №2. –С.53-61.

14. P.R.Ismatullaev, Sh.M.Masharipov. Automatic hygrometer to monitor humidity cotton // Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation «WCIS-2012». – Tashkent, 2012. –Volume II.-PP.173-175.

15. Матякубова П.М., Машарипов Ш.М. Измерение влажности волокнистых материалов // Инновационные технологии на производстве и в высшем образовании. Материалы Республиканской научно-практической конференции 16-17 мая 2013 года (1-том). Андижан. 2012. –С.116-119.

16. Машарипов Ш.М. Измерительный прибор для контроля параметров сельскохозяйственных материалов // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года). Том 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – С.73-76.

17. Машарипов Ш.М. Выбор рабочих частот емкостных преобразователей и приборы контроля влажности сыпучих материалов // Фан-техника, таълим ва технологиялар: долзарб муаммолар ва ривожланиш тенденциялари. Илмий-техник анжуман материаллари тўплами (2-қисм). – Жиззах: ЖизПИ, 2017.- С.197 -200.

18. Машарипов Ш.М., Усмонова Х.А. Рахмонов А.Т. Обработка экспериментальных данных при измерении влажности хлопковых материалов // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 02748, Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 08.04.2013 г.

19. Машарипов Ш.М., Усмонова Х.А. Программа для определения влажности хлопка-сырца по его диэлектрической проницаемости и рабочей частоты влагомера // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 03095, Зарегистрирован в

государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 31.03.2015 г.

20. Машарипов Ш.М., Бобоев Г.Г., Кенжаева З.С., Насимхонов Л.Н., Розиков С.С. Программа для расчета статических характеристик емкостных первичных преобразователей с изменяющейся электрической емкостью // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 04227, Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 13.02.2017 г.

21. Машарипов Ш.М., Бобоев Г.Г., Худайкулов У.У., Рахматуллаев С.А., Насимхонов Л.Н., Методика оценивания и выражения неопределенности измерения влажности хлопка-сырца // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 04228, Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 13.02.2017 г.

22. Машарипов Ш.М. Ёмкостный прибор для контроля влажности и температуры сельскохозяйственных материалов // Агропромышленный комплекс и сельскохозяйственные науки: сборник материалов I Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2017. – С.27-31

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 65.

Гувоҳнома реестр № 10-3719
«Тошкент кимё-технология институти» босмаҳонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.