

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**УСМАНОВА ХУЛКАР АСАДУЛЛАЕВНА**

**КЎП ФУНКЦИЯЛИ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН ЎТА ЮҚОРИ  
ЧАСТОТАЛИ ПАХТА МАТЕРИАЛЛАРИ НАМ ЎЛЧАГИЧНИНГ  
МЕТРОЛОГИК ТАЪМИНОТИНИ ТЕКШИРИШ ВА ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Усманова Хулкар Асадуллаевна**

Кўп функцияли автоматлаштирилган ўта юқори частотали пахта материаллари нам ўлчагичининг метрологик таъминотини текшириш ва ишлаб чиқиш.....3

**Усманова Хулкар Асадуллаевна**

Исследование и разработка метрологического обеспечения автоматического многофункционального сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов.....23

**Usmanova Hulkar Asadullaevna**

Research and development of metrological support for automatic multifunctional ultrahigh-frequency moisture meter of cotton materials..... 43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....46

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**УСМАНОВА ХУЛКАР АСАДУЛЛАЕВНА**

**КЎП ФУНКЦИЯЛИ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН ЎТА ЮҚОРИ  
ЧАСТОТАЛИ ПАХТА МАТЕРИАЛЛАРИ НАМ ЎЛЧАГИЧИНИНГ  
МЕТРОЛОГИК ТАЪМИНОТИНИ ТЕКШИРИШ ВА ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Мақкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т753 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.tdtu.uz) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим портали www.ziyounet.uz ларда жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Исматуллаев Патхулла Раҳматович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Абдувалиев Абдукаххор Абдулханиевич**  
техника фанлари доктори, доцент

**Ўлжаев Эркин**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

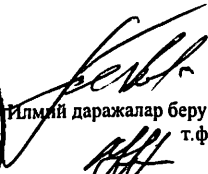
**«Пахтасаноат илмий маркази» АЖ**


Диссертация химияси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашининг 2018 йил 28 ноябр соат 12-00 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 (60 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2018 йил «14» 11 кунни тарқатилди.  
(2018 йил 30 октябрдаги 14 рақамли реестр баённомаси)



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

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

  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
кошидаги илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор, академик

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда sanoat ишлаб чиқариши ва sanoat иқтисодиёти бошқарувининг барча жабҳаларида илмий-техника тараққиётининг замонавий босқичида маҳсулот сифатини назорат қилувчи ўлчов асбобларини чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан sanoati ривожланган мамлакатларнинг пахта маҳсулотларини ишлаб чиқарувчи йирик sanoat корхоналари томонидан маҳсулот сифатини назоратлаб-ўлчовчи воситаларни ишлаб чиқариш катта аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан ишлаб чиқариш корхоналарида пахта маҳсулотлари сифатига таъсир қилувчи кўрсаткичлардан бири-пахта намлигини назорат қилувчи ўлчов воситалари (нам ўлчагичлар) ни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда турли маҳсулотлар сифатини назоратлаб-ўлчовчи асбобларни ишлаб чиқаришда уларнинг катталикларни тез ва аниқ ўлчовчи сифат кўрсаткичлари, аниқлиги, ишончилигини таъминловчи усул ва воситаларнинг илмий асосларини яратишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўлчов воситаларига қўйилган энг муҳим талаблардан бири ўлчашларнинг бир хиллигини таъминлашдан иборат бўлиб, ушбу йўналишда, жумладан юқори аниқликдаги ўлчов-назорат воситалари, шунингдек, пахта материаллари учун нам ўлчагичларни ишлаб чиқариш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга пахта тозалаш sanoatida нам ўлчагичларни ишлатиш имкониятини таъминлаш учун намлик бирликларини қайтадан тиклаш ва ишчи ўлчаш воситаларини ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг метрологик таъминоти муаммоларини замонавий талаблар даражасида ҳал қилиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда ҳозирги кунда sanoatга инновацион ғоя ва технологияларни жорий этиш, ярим тайёр ва тайёр маҳсулотлар сифатини юқори самарали назорат қилувчи тизимларни жорий қилишни амалга оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали sanoatни янада модернизация ва диверсификация қилиш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан юқори аниқликка эга ва ишончли ўлчов ва назорат воситаларини ишлаб чиқиш ҳисобига ишлаб чиқарилаётган маҳсулот ва ярим тайёр маҳсулотлар сифатини ошириш, илмий-техник ва тажриба-экспериментал тадқиқотларни ривожлантириш, пахтачилик тармоғига инновацион ғоя, ишланма ва технологияларни жорий этиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017-2012 йилларда янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сон «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 28 ноябрдаги ПҚ-3408-сон «Пахта саноатини бошқариш тизимини тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур соҳадаги бошқа меъриий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожлантирилишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳон миқёсида бажарилган тадқиқотлар натижаларига кўра нам ўлчаш воситалари ва усуллари, ўлчовларнинг бир хиллигини таъминлаш назарияси ва амалиётини тадқиқ қилиш муаммолари ечимларига чет эл олимларидан Kraszewski A.W., Meyer W., Kent M., Лыков А.В., Берлинер М.А., Бензарь В.Г., Кричевский Е.С., Романов В.Г., Секанов Ю. П., Сайтов Р.И. ва республикамиз олимларидан Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Исмагуллаев П.Р., Ахмедов Б.М., Мухитдинов М.М., Азимов Р.К., Хакимов О.Ш., Шипулин Ю.Г., Абдувалиев А.А., Ўлжаев Э.У. ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар.

Республикамиз ва чет эл олимлари (Исмагуллаев П.Р., Ахмедов Б.М., Хакимов О.Ш., Абдувалиев А.А., Ўлжаев Э.У., Берлинер М.А., Бензарь В.Г., Kraszewski A.W., Секанов Ю. П., Сайтов Р.И.) фикрига кўра намлик миқдорини ўлчаш учун мавжуд бўлган замонавий усуллардан пахта материалларининг намлигини ўлчашга дизелькометрик, хусусан, ўта юқори частотали усул ва нам ўлчагичлар мос келишлиги исботланган бўлиб, ушбу ўлчов воситалари учун метрологик таъминот масалаларидан тўла фойдаланилмаган. Ҳозирги рақобатбардош дунёда пахта материалларининг намлигини ўлчаш тайёр маҳсулотлар, хом ашё ва материалларнинг параметрлари, тавсифлари ва хусусиятлари ҳақида ишончли ўлчов маълумотларини олишдан иборат бўлиб, ўлчов маълумотларининг ишончилигининг кафолати улар метрологик таъминотининг асоси-ўлчашларнинг бир хиллигини таъминлашда муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шунинг учун пахта тозалаш саноатида ўта юқори частотали нам ўлчагичларни ишлатиш имкониятини таъминлаш учун метрологик таъминот масалалари, яъни намлик бирликларини қайтадан тиклаш ва ишчи ўлчаш воситаларига узатиш чораларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Диссертация тадқиқоти ушбу долзарб ва талаб қилинадиган вазифани ҳал этишга бағишланган бўлиб, унда ўта юқори частотали намликни

Ўлчашларда метрологик таъминот муаммоларининг илмий-услубий асосларини ишлаб чиқиш, пахта маҳсулотларининг кўп функцияли ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифларини текшириш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш муаммолари етарли даражада ўрганилган.

Диссертация таққотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг №21-08 «Пахта чигити учун кўп функцияли автоматик ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифларини тадқиқ қилиш» (2008-2009), №ЁФ 2-9 «Ҳар хил маҳсулотлар сифатини назорат қилиш учун микропроцессор жамламали бирламчи ўлчов ўзгарткичларини тузиш ва лойиҳалашнинг назарий асосларини яратиш» (2016-2017) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пахта материаллари учун сезгирлиги оширилган ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик таъминотини текшириш ва ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазибалари:

намликни ўлчашлардаги метрологик таъминотнинг структуравий ва ташкилий ҳолатларининг таҳлили ўта юқори частотали нам ўлчаш ўзгарткичлари учун назорат объектлари сифатида асослаш;

намунавий нам ўлчаш воситалари асосида ўта юқори частотали нам ўлчагични ишлаб чиқариш шароитида градуировкасини, яъни нам ўлчагич чиқиш сигналининг ўлчанаётган материал намлигига боғланишини ҳосил қилиш;

пахта материаллари ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифларини экспериментал тадқиқ қилиш;

ўта юқори частотали пахта материаллари нам ўлчагичини қиёслаш схемаси ва номинал градуировкали боғланишини тезкор қиёслаш элементларини ишлаб чиқиш;

ўта юқори частотали нам ўлчагичлар метрологик таъминотини мукамаллаштириш тизимларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ўта юқори частотали нам ўлчаш усули ва пахта хом ашёси намлигини ўлчовчи такомиллаштирилган микропроцессор жамламали универсал қурилма олинган.

Тадқиқотнинг предмети ўта юқори частотали нам ўлчагичлардаги метрологик таъминот даражасининг турли даражаларида айланадиган ўлчов маълумотларининг бир хиллигини таъминлаш усуллари ва алгоритмлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида диэлектриклар ва электродинамиканинг назариясидаги алоҳида позициялар, математик моделлаштириш усуллари, регрессияли ва дисперсияли таҳлилнинг статистик усуллари, ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик таъминотини такомиллаштириш ва экспериментларни режалаштириш

усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

ўта юқори частотали электромагнит майдонининг пахта материаллари билан ўзаро таъсири функцияси нам материалнинг уч (сув, курук модда ва ҳаво) қатламли модели асосида синтез қилинган;

пахта материаллари ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифлари (ўлчаш диапозони, ўлчаш хатолиги, намуна массаси ва ҳ.к.) асосида информатив ва ноинформатив ўлчов параметрларининг таъсирларини ҳисобга олган ҳолда аниқланган;

пахта материаллари ўта юқори частотали нам ўлчагичини қиёслаш схемаси ҳамда ўта юқори частотали нам ўлчагичининг номинал градуировкали боғланишини тезкор қиёслаш схемасининг элементлари ишлаб чиқилган;

ўта юқори частотали нам ўлчагичларининг метрологик таъминотини оптималлаштиришнинг принципи ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

пахта материаллари учун мўлжалланган ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг сезгирлигини оширадиган мажмуавий структураси ишлаб чиқилган;

ҳар қандай материаллар учун ўта юқори частотали нам ўлчашдаги асосий муаммоларни ҳал қилишга имкон берувчи умумлашган ўлчаш ўзгарткичлари мажмуаси блок-модул принципига мувофиқ ишлаб чиқилган;

пахта материалларининг намлигини ўлчашда намуна ҳарорати ва зичлиги бўйича ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг кўрсатишига киритиладиган тузатмалари аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий усуллар ва воситалардан фойдаланиб бажарилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларининг мувофиқлиги, шунингдек ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг саноат-синов апробацияси, мавжуд ва ишлаб чиқилган тизимларнинг илмий ва тажрибавий тадқиқоти ва синовлари натижаларининг ўзаро мослиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти пахта материаллари билан ўта юқори частотали элеткромагнит майдон таъсири нам материалнинг уч қатламли модели асосида назарий текширилганлиги, ўта юқори частотали нам ўлчагич структураси таянч ўлчаш каналига бошқариладиган фаза айлантргич блокнинг киритилиши орқали такомиллаштирилганлиги, ўта юқори частотали нам ўлчагичлари учун қиёслаш ҳамда номинал градуировка тавсифларини текшириш схемаларининг ишлаб чиқилгани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг мажмуавий структураси мукамаллаштирилганлиги, ҳар қандай материаллар учун ўта юқори частотали нам ўлчашдаги асосий муаммоларни ҳал қилишга имкон берувчи умумлашган ўлчаш ўзгарткичлари мажмуаси блок-модул принципига мувофиқ ишлаб чиқилганлиги, пахта материаллари



ўта юқори частотали нам ўлчагининг метрологик тавсифлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Пахта материаллари намлигини ўлчовчи микропроцессорли ўта юқори частотали нам ўлчагич структурасини такомиллаштириш ва метрологик таъминотини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

такомиллаштирилган ўта юқори частотали нам ўлчагич Янгийўл шаҳридаги «Қорасув пахтатозалаш» АЖГа жорий қилинган («Ўзпахтасаноат» АЖнинг 2018 йил 28 июнидаги 02-18/3901- сон маълумотномаси). Натижада нам ўлчагич аниқлиги ошиши имконини берган (хусусан, максимал нисбий хатолик 5-7 % дан ошмади);

ўта юқори частотали нам ўлчагич қиёслаш схемасининг элементлари «Қорасув пахтатозалаш» АЖГа жорий қилинган («Ўзпахтасаноат» АЖнинг 2018 йил 28 июнидаги 02-18/3901-сон маълумотномаси). Натижада пахта маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнларида намликни ўлчаш тизимини такомиллаштириш имкони яратилган;

метрологик таъминоти оптималлаштирилган ўта юқори частотали нам ўлчагич «Қорасув пахтатозалаш» АЖГа жорий қилинган («Ўзпахтасаноат» АЖнинг 2018 йил 28 июнидаги 02-18/3901-сон маълумотномаси). Натижада намлик бўйича олинаётган ахборотларнинг ишончлилиги, пахта материалларини қайта ишлаш жараёнида электр энергияни тежаш, контактсиз ўлчаш натижасида намуна сифатининг пасаймаслиги ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар сифатининг ошишига эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотлар натижалари 16 та, жумладан 6 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Бахарилган тадқиқот натижалари бўйича 20 та илмий иш, жумладан, 1 та монография, 13 та мақола (7 та республика ва 6 таси хорижий журналларда) нашр қилинган, шунингдек битта ихтиро патентига ижобий қарор, 2 та ЭХМ учун дастур маҳсулотлари рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат ва 122 саҳифадан иборат асосий матн, 20 та расм, 4 та жадвалдан ташкил топган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

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

келтирилган.

Диссертациянинг «Намликни ўлчашда метрологик таъминотнинг структураси ва уни ташкил қилиш» деб номланган биринчи бобида таҳлилий характерга эга бўлган танқидий позициялардан келиб чиққан ҳолда ҳал этилаётган илмий-техник муаммоларнинг замонавий ҳолати таҳлил қилинган. Метрологик таъминотни қабул қилишнинг умум қабул қилинган концепциялари ва пахта маҳсулотларининг турли тавсифлари ва хусусиятларини, автоматик ўлчаш бирлигини таъминлаш назарияси ва техникасини янада ривожлантириш ва такомиллаштириш тенденциялари келтирилган.

Маҳсулот сифатини яхшилашнинг энг муҳим шартларидан асосийси - тайёр маҳсулотлар, таркибий қисмлар, технологик жараёнлар, хом ашё ва материалларнинг параметрлари, тавсифлари ва хусусиятлари ҳақида ишончли ўлчов маълумотларини олишдир. Ўлчов маълумотларининг ишончилигининг кафолати ўлчовларнинг бир хиллигини таъминлашдан иборат. Метрологик таъминот деб аталган бир қатор чора-тадбирлар уни қўллаб-қувватлашга қаратилган.

Қиёслаш объекти сифатида нам ўлчагичларнинг асосий хусусиятларидан бири шундан иборатки, уларни қиёслашда нам ўлчагичи томонидан номинал градуировка характеристикасини қайта тиклаш ҳатолигини текшириш ва натижада нам ўлчагичнинг мўлжалланган мақсадга мувофиқлигини аниқлаш керак. Намликни ўлчашда ишлатиладиган модданинг хоссаси ўзгарган бўлса, нам ўлчагични қайта градуировка қилиш керак.

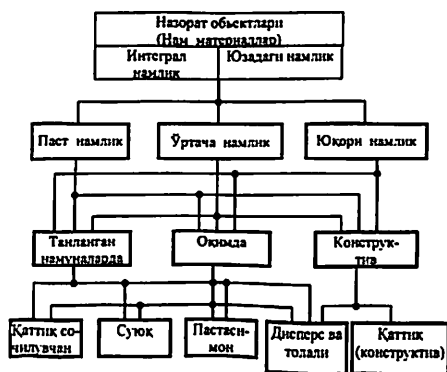
Адабиётлар таҳлиliga жалб қилинган фактик материалларни синтез қилиш ва умумлаштириш ҳамда қаралаётган муаммонинг ўрганилиш даражасини таҳлил қилиш асосида диссертация тадқиқотининг аниқлаштирилган асосий мақсад ва вазифалари аниқланди.

Диссертациянинг «Ўта юқори частотали майдоннинг пахта материаллари билан ўзаро таъсирини назарий текшириш» деб номланган иккинчи бобида пахта материалларида намлик ва уларнинг қайта ишлаш маҳсулотлари ўртасидаги муносабатлари, пахта материалларининг намлик миқдорини назорат қилиш воситалари ва усуллари ўрганилиб, толали ва сочилувчан материалларнинг намлик миқдорини аниқлаш учун ўта юқори частотали усулларнинг назарий асослари ўрганилди.

Намликни ўлчаш усуллари одатда бевосита ёки билвосита усулларга бўлинади. Ўлчанадиган хусусиятларни ҳисобга олган ҳолда М.А. Берлинер бевосита усулларни иккита йирик - электр ва электр бўлмаган гуруҳларга бўлишни таклиф қилган. Биринчиси материалнинг электр параметрларини бевосита ўлчашга асосланади, иккинчисида ўлчанадиган физик миқдор электр катталики эмас. Аммо ўлчашнинг маълум бир босқичида у ҳам одатда электр сигналига айлангирилади.

Нам материаллар мураккаб тузилишга эга бўлиб, одатда уларнинг кўпчилиги бир неча таркибий қисмлардан иборат бўлади. Шунинг учун намликни ўлчашнинг асосий вазифаларидан бири намликка нисбатан юқори

сезувчанликка эга бўлган ва бошқа таъсир этувчи омилларга эса нисбатан кам сезувчанликка эга бўлган модданинг битта физикавий параметрини мустақил танлашидир.



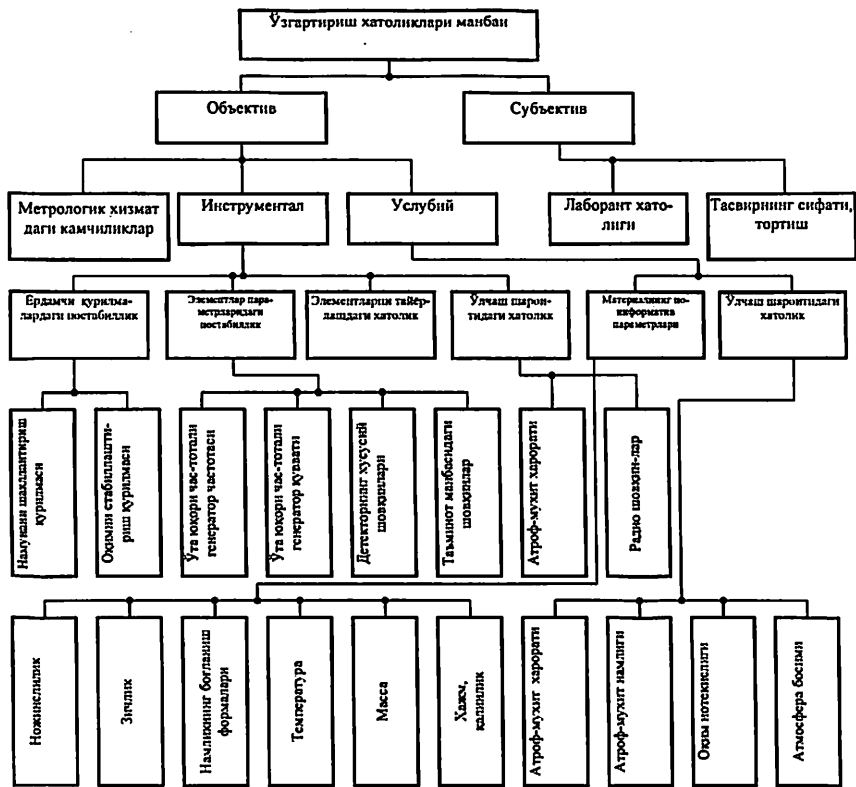
1-расм. Бирламчи ўлчаш ўзгарткичларига кўйилган талаблар асосида тузилган назорат объектиларининг таснифи.

жараёнлар окимидаги ва конструкциявий материалларга бўлинади, шунингдек, ушбу тақсимот бирламчи ўлчов ўзгарткичларини танлашни белгилайди. Нихоят, назорат объектиларини уларнинг физикавий, механикавий ва структуравий хусусиятларига кўра 5 та гуруҳга бўламиз: каттиқ ва сочилувчан, суюқ, пастасимон, толали ва конструктив (каттиқ) материаллар, уларнинг ҳар бири учун намликни ўлчашнинг мақбул усулини танлаш ва намлик таркиби ва ўлчаш шароити даражасини ҳисобга олган ҳолда муайян турдаги дастлабки ўлчаш ўзгарткичларини ишлаб чиқиш керак. Ўта юқори частотали нам ўзгарткичлар хатоликларининг манбаилари тизимли таҳлилини ўтказиш учун уларни таснифлашни амалга оширдик (2-расм). Тавсия этилган таснифга кўра, хатоликлар объектив ва субъектив хатоликларга бўлинади. Субъектив хатоликларни қараш ушбу тадқиқотларнинг вазифасига қирмайди. Объектив хатоликлар учта синфга бўлинади: метрологик, инструментал ва услубий. Биринчи иккита фактор орқали юзага келадиган хатоликлар радиотехниканинг ўта юқори частотали диапазонда қараб чиқилган ва улар, услубий хатоликларга нисбатан бир неча бор (1-2 даражада) кичикдир.

Ўта юқори частотали нам ўчагининг ишлаш принципини қараб чиқамиз (3-расм). Узатувчи антеннадан чиқаётган электромагнит тўлқин текшириладиган ва қалинлиги  $d$  га тенг бўлган диэлектрик материалга тушади. Тўлқин материал орқали ўтаётганда энергия ютилади ( $P_{\text{пот}}$ ). Абсорбция, яъни ютилиш материал диэлектрик параметрлари  $\epsilon$ ,  $\mu$  ва қалинлиги  $d$  нинг функцияси бўлиб ҳисобланади. Шу билан бирга, электромагнит майдон материалда мавжуд бўлган сув молекулалари билан таъсир қилиб, унинг электр хусусиятларини ўзгарттиради. Намликни ифодаловчи бу ўзгариш барча ўта юқори частотали ўлчаш усулларининг

1-расмда бирламчи нам ўзгарткичларига кўйиладиган талабларга жавоб берадиган турли хил хусусиятларга қараб, назорат объектиларининг шартли таснифи келтирилган бўлиб: намлик бўйича паст, ўрта ва юқори намликли материалларга бўлинади, яъни буларга мос келувчи диэлектрик сингдирувчанлик қиймати бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг тури ва конструкциясини аниқлайди.

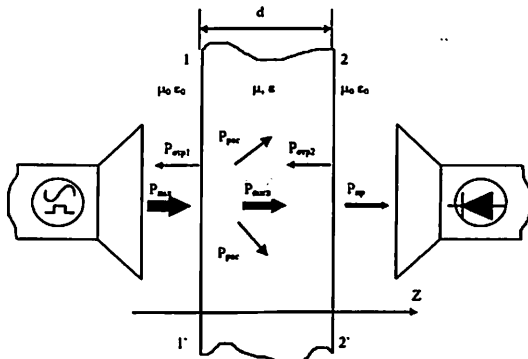
Ўлчаш шартларига кўра, назорат объектилари танланган намунадаги материалларга, технологик



2-расм. Ўта юқори частотали нам ўзгарткичларининг хатоликлари манбаилари таснифи.

асоси ҳисобланади. Биз қабул қилган уч қатламли модель бўйича нам материал сув, қурук модда ва ҳаводан ташкил топган деб қаралади. Баъзи бир мураккаб бўлмаган математик амалларни бажаргандан сўнг ушбу тизимнинг материал намлиги  $W$  га нисбатан қуйидаги ечимини ҳосил қиламиз:

$$W = \frac{1}{1 - \frac{\rho_{CH}}{\beta_C} \left[ \beta_B - (\beta - \beta_0 V_0) \frac{\alpha_B}{\alpha} \right]} \quad (1)$$



$P_{пад}$  – материалга тушаётган,  $P_{отрл}$  – материалда ютилган,  $P_{отр}$  – материалдан ўтган,  $P_{отр1}$  – 1-1 сатх чегарасидан қайтган,  $P_{отр2}$  – 2-2 сатх чегарасидан қайтган нурланиш кувватлари;  $\epsilon$  – диэлектрик киритувчанлик;  $\mu$  – магнит киритувчанлик.

3-расм. Ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг таъсир схемаси.

бу ерда  $\rho'_{сн}$  – куруқ моддаларнинг соф вазни;  $\alpha_B$ ,  $\beta_B$  – мос равишда, сувдаги сусайиш ва фаза коэффициентлари;  $\alpha, \beta$  – нам чигит материалдаги электромагнит тўлқиннинг сусайиш ва фаза коэффициентлари;  $\beta_C$  – куруқ моддадаги фаза коэффициенти;  $V_0$  – ҳавонинг ҳажмий концентрацияси;  $\beta_0$  – ҳаводаги фазавий ўзгариш коэффициенти. Ушбу манбалар учун  $V_0$  ни ҳисоблаш натижалари билан бир қаторда 1-жадвалда берилган маълумотлар билан таққослашга биноан, биз  $V_0$  нинг 6 % дан 24 % оралиғида

намликка боғлиқлиги кучсиз деган хулосага келишимиз мумкин. Унинг қиймати  $W > 16$  % оралиқда нисбатан озгина ошиши кузатилади. Ўртача қиймат  $V_{отр} = 0,46$  га тенг бўлиб, унинг четланиши 4 % дан ошмайди.

Шундай қилиб, (1) тенгламада  $\beta_0 V_0 \text{ const}$  деб қабул қилиш мумкин ва қолган катталиклар яхши маълум бўлгани учун материалнинг намлиги бутунлай ютилиш  $\alpha$  ва фаза  $\beta$  коэффициентлари билан аниқланади. Шу нуктага назардан, бизнинг фикримизча, «ўтиш» орқали ўлчашда амплитуда-фазали усул энг истиқболли бўлади.

1-жадвал

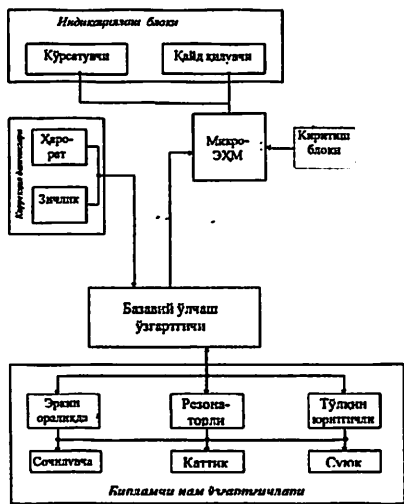
Чигит вазни, зичлиги ва эркин ҳаво ҳажмининг чигит намлигига боғлиқлиги

$W, \%$	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$\rho_n, \text{г/см}^3$	0,77	0,77	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,68	0,67
$\rho, \text{г/см}^3$	1,40	1,42	1,40	1,39	1,37	1,36	1,34	1,32	1,3
$V_0$	0,45	0,46	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48	0,49

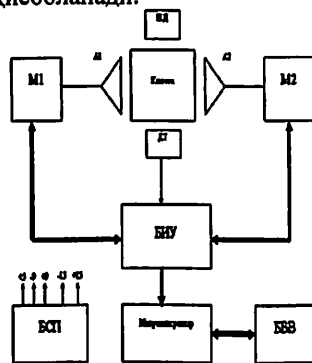
Шунингдек, ўта юқори частотали тўлқин ўлчанадиган параметрларининг материал намлигига, қалинлиги ва зичлигига боғлиқлиги ҳам қараб чиқилган. Ҳозирги вақтда нам материалларнинг зичлиги ва температурасининг ўта юқори частотали тўлқинларнинг параметрларига таъсир даражасини аналитик равишда ҳисобга олиш учун ҳар бир алоҳида ҳолатда экспериментал тадқиқотлар ўтказиш талаб қилинади.

Диссертациянинг «Пахта материалларининг ўта юкори частотали нам ўлчагичининг метрологик тавсифларини тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида пахта ва уни қайта ишлаш хомашёлари намлигининг миқдори ҳақида маълумот олиш ва улардан фойдаланиш билан боғлиқ бўлган кенг қамровли муаммоларни ҳал қиладиган ягона тизим тақриф этилди.

Биз томонимиздан тавсия этилган намликни ўлчаш асбоблари ягона тизимининг структураси 4-расмда келтирилган. Тизим пахта хом ашёси ва уни қайта ишлаш маҳсулотларининг намлик миқдори тўғрисида ўлчаш маълумотларини олиш билан боғлиқ барча вазифаларни ҳал қилиш учун мўлжалланган. Тизимнинг асосий қисмлари қуйидагилар: бирламчи намлик ўзгарткичлари комплекси; қўшимча қурилмалар ва интеграл микропроцессор билан жиҳозланган базавий ўлчаш ўзгарткичи; ўлчаш маълумотларини рўйхатга олиш ва тўплашни намойиш қилиш учун кириш, чиқиш воситаларидан иборат комплекс. Базавий ўлчаш ўзгарткичи айланувчи кюветали ўта юкори частотали нам ўлчагич ҳисобланади.



4-расм. Социлувчан ва толали материалларнинг намлигини ўлчаш учун умумлаштирилган универсал тизимнинг структуравий схемаси.



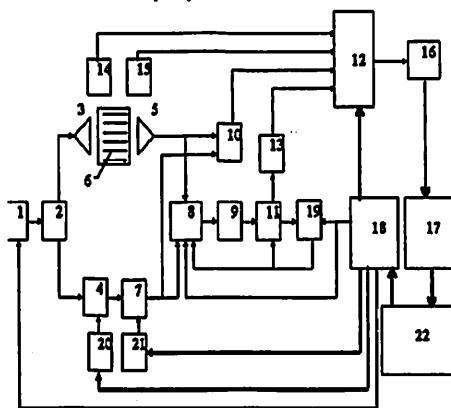
БСП-стабиллашган манбалар блоқи, БНУ-ўлчаш қурилмалари блоқи, БВВ-кириш ва чиқариш блоқи, Кювета-намуна солинган идиш, ДТ-харорат датчиги, ШД-қадамли двигателъ, А1 ва А2-рупорли таркатувчи ва қабул қилувчи антенналар, М1, М2-мос равишда ўта юкори частотали генератор ва детектор.

5-расм. Микропроцессор қурилмали ўта юкори частотали нам ўлчагичнинг структуравий схемаси.

Нам ўлчагичнинг структуравий схемаси 5-расмда, функционал схемаси эса 6-расмда келтирилган. Кюветанинг вертикал ўқ атрофида айланиши, нам ўлчагичнинг қопқоғида жойлашган калит билан бошқарилади. Асосий нам ўлчагич блок-модул принципага мувофиқ қурилган. Нам ўлчагичнинг ўта юкори частотали йўли қуйидагича: А1, А2 – узатувчи ва қабул қилувчи антенналар, М1, М2 – ўта юкори частотали модуллар (ФБДН-1Г и ФБДН-2Д,

мос равишда ўта юқори частотали генератор ва детектор) ва ҳарорат датчиги (ДТ) дан келган сигналлар базавий ўлчаш ўзгартгичининг асосий ўлчаш қурилмасига юборилади, бу ерда ўта юқори частотали тўлқиннинг камайиши –  $N_L$ , фаза силжиши –  $\phi$  ва намуна температураси –  $t$  сигналлари микроконтроллерга узатиш учун стандарт сигналларга айланади. Нам ўлчагичда асосий таъсир қилувчи катталиклар (ҳарорат, зичлик) таъсирида юзага келадиган хатоликларни ҳисобга олиш назарда тутилган.

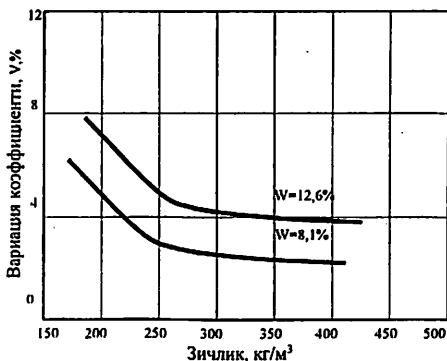
Микропроцессор (МП) нинг доимий хотирасига ўлчов параметрларининг градиуровкали характеристикалари (чиқиш сигналининг намликка боғлиқлиги), шунингдек материал намлиги билан математик боғлиқ бўлган таъсир этувчи омилларнинг градиуровкали характеристикалари клавиатура (кириш ва чиқиш блоки) ёрдамида киритилади. Бундай ҳолатда ўлчов воситаларининг чиқиш сигналлари ( $N_L, \phi, t$ ) микроконтроллер қурилмасига берилади. Микропроцессор барча ҳисоблаш операцияларини бажаради. Модда намлигининг нам ўлчагич кўрсатишига боғлиқлигини ифодаловчи полином ҳисоблангандан кейин материалнинг намлик микдори рақамли шаклда индикатор орқали кўрсатилади.



6-расм. Мукаммаллаштирилган ўта юқори частотали автоматлаштирилган нам ўлчагичнинг функционал схемаси.

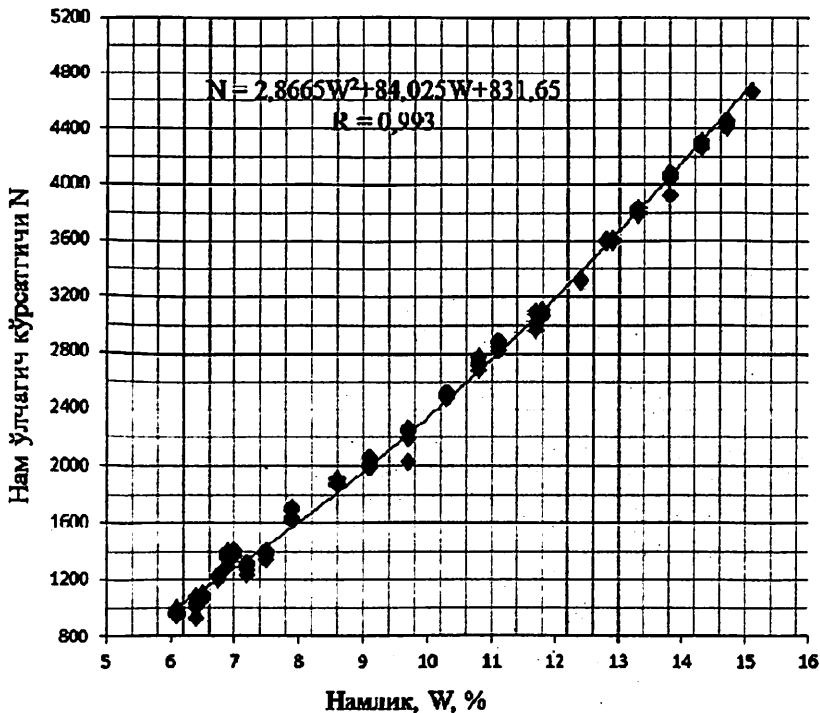
Босқичда ахборот вазифаси шакллантирилди; иккинчи bosқичда ўлчаш алгоритмини амалга оширадиган дастур ишлаб чиқилди; учинчи bosқичда эса нам ўлчагич иш жараёнининг алгоритми фойдаланилган микропроцессорнинг машина тилига ўтказилди.

Назарий хулосаларни синаш, шунингдек намликни ўлчаш хатоликлигига информатив бўлмаган параметрларнинг таъсирини аниқлаш учун ўта юқори частотали нам ўлчагичда лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитида экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.



7-расм. Намликни ўлчаш нисбий хатолигининг пахта чигити зичлигига боғлиқлиги.

Материал ҳажмий массаси ўзгаришининг вариация коэффициентига боғлиқлигига қараб ўлчанадиган намунанинг оптимал зичлиги қиймати ( $P_{opt}=350 \text{ кг/м}^3$ ) ни аниқладик (7-расм). Нам ўлчагич градуировкаси (8-расм) регрессион таҳлил усули ёрдамида Тошкент вилоятидаги «Қорасув пахтаозалаш» АЖ пахта тозалаш заводидаги технологик лабораториясида амалга оширилди (09.02.2018 й. да «Қорасув пахтаозалаш» АЖ томонидан тасдиқланган синов актлари).



8-расм. Пахта чигити учун ўта юкори частотали нам ўлчагичнинг эксперимент натижасида олинган градуировкали боғлиқлиги.

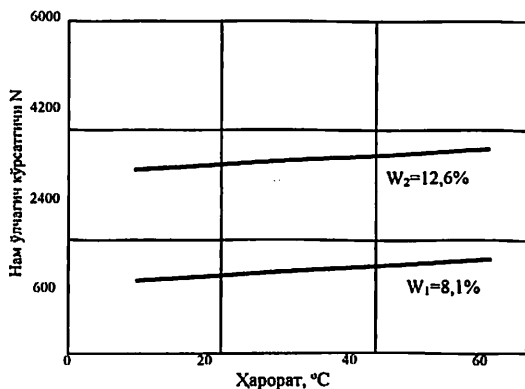


Градуировка натижасида нам ўлчагич кўрсатиши  $N$  нинг чигит намлик миқдори  $W$  билан боғлиқлигини ифодаловчи иккинчи даражали полином тенгламаси коэффицентлари аниқланди:

$$N = 2,8665W^2 + 84,025W + 831,65. \quad (2)$$

Экспериментал натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, намуна зичлигининг  $\pm 5\%$  га ўзгариши  $\pm 0,5\%$  (абс.) намлик хатолига олиб келади. Шунинг учун нам ўлчагични ишлатишда намунадаги доимий зичликни таъминлаш ёки ушбу омилнинг таъсирини ҳисобга олиш керак.

Ўта юқори частотали сигналнинг намуна ҳароратига боғлиқлиги 9-расмда кўрсатилган. Ҳароратнинг  $\pm 10^\circ\text{C}$  га ўзгаришида намлик даражасига қараб, намликни ўлчаш хатолиги  $\pm(0,3-0,6)\%$  га тенг бўлиши аниқланди. Шунинг учун, ушбу қурилмани қўллаётганда ҳароратнинг ўзгаришига тўзатма киритиш керак. Синовлар давомида пахта чигитининг намлигини ўлчаш натижаларининг лаборатория усулида аниқлаш натижалари билан яқинлашиши ва тарқокликлари  $O^zDSt\ 600:2008$ га мувофиқ аниқланди.



9-расм. Нам ўлчагич кўрсатишининг намуна температурасига боғлиқлиги.

Диссертациянинг «Пахта материалларининг ўта юқори частотали нам ўлчагичининг метрологик таъминоти» деб номланган тўртинчи бобида ўта юқори частотали нам ўлчагичларида метрологик таъминот муаммолари ишлаб чиқилди. Нам ўлчагичларни, шунингдек бошқа ўлчаш воситаларини оптималлаштириш учун зарур бўлган шарт-шароит, ўлчовларнинг бирхиллилиги ва аниқлиги метрологик таъминотини ташкил этиш ҳисобланади.

Метрологик таъминот ва унинг сифати намликни ўлчайдиган асбоблар ишлаб чиқариш (асбобсозлик) ва уларнинг ишлатилиши (ўлчаш техникаси) билан ўзаро боғлиқ. Ушбу соҳалар мамлакатимиз иқтисодиётида муҳим ўрин тутадиган ягона тизимни ташкил этади. Ушбулардан пахта, унинг таркибий қисмлари ва дастлабки қайта ишлаш маҳсулотларининг намлигини ўлчашдек

Олинган ўлчов натижа-ларини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, бир хил намуна термогравиметрик усул ҳамда ўта юқори частотали нам ўлчагич ёрдамида параллел намлиги аниқлангандаги намлик фарқи 0,25% дан ошмади. Бир кунлик умумий намунадаги ўлчовлар орасидаги номуносивлик намликнинг 0,1% идан ошмади.

аниқ бир муаммони ҳал қилиш зарурлиги ва бу ўлчашларнинг метрологик таъминланишига етарлича эътибор берилиши кераклиги келиб чиқади.

Қаттиқ моддаларнинг намлигини ўлчашдаги метрологик таъминотининг ҳозирги ҳолати кўпчилик материаллар учун нам ўлчагичларнинг стандарт намуналар ёрдамида қиёслаш тизими ишлаб чиқилганлиги ва синовдан ўтганлиги билан тавсифланади. Кўпчилик намунавий воситалар ва стандарт намуналар дизелькометрик юқори частотали нам ўлчагичлар учун мўлжалланган. Пахта чигитлари ва уларни қайта ишлаш маҳсулотларининг нам миқдорини ўлчаш юқори аниқликдаги қурилма томонидан тикланадиган бирликка асосланиши керак. Ушбу соҳадаги энг юқори аниқликдаги қурилмалар ҳаво-иситиш қурилмалари гуруҳидан иборат бўлади (Ўз-8).

Ўта юқори частотали нам ўлчагичларини, хусусан, пахта ва пахтани қайта ишлаш маҳсулотларининг нам ўлчагичларини метрологик жиҳатдан таъминлаш ҳолати жуда ҳам ёмон. Ушбу материаллар учун намликни аниқлашда фақат термогравиметрик усул регламентланган. Ўта юқори частотали нам ўлчагичлар метрологик таъминотининг чалалиги, биринчи навбатда, намлик бирликларини намунавийдан ишчи ўлчаш воситаларига узатишнинг зарур техник воситалари ва усуллари йўқлиги билан изоҳланади.

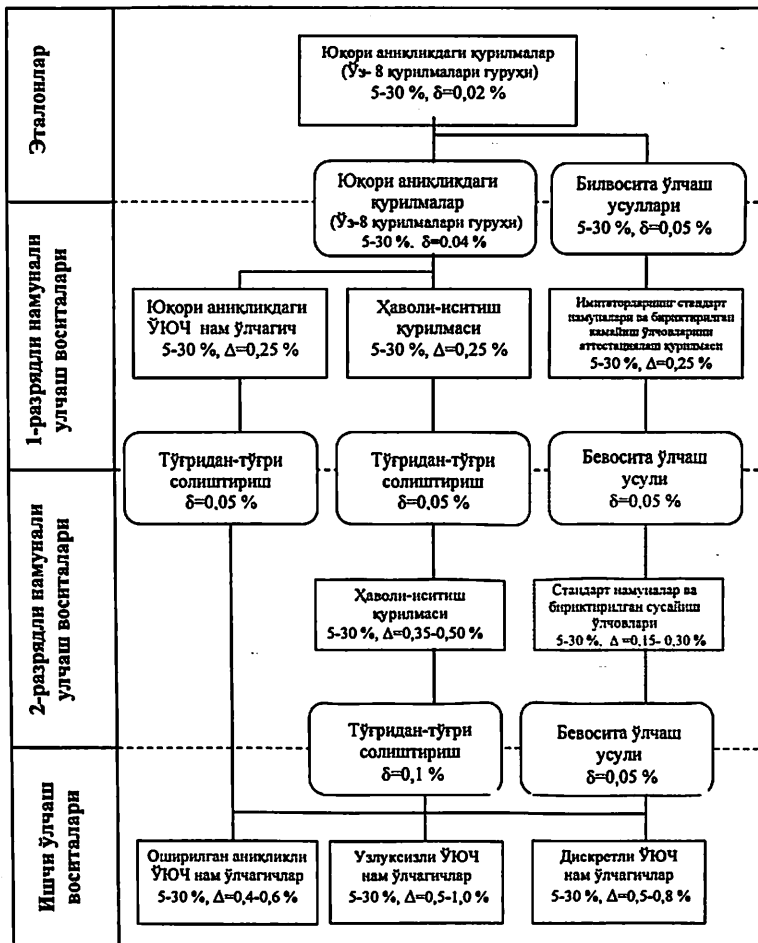
Ўта юқори частотали нам ўлчагич учун янада илғор метрологик таъминотни яратиш учун ишлаб чиқариш ва ишлатиш босқичларида тўлиқ метрологик аттестатлаш ва назорат қилиш имконини берадиган янги техник воситаларни яратиш керак. Бизнинг фикримизча, ушбу турдаги асосий техник воситалардан бири юқори аниқликдаги ўта юқори частотали нам ўлчагичдир.

Намлик бирлигини узатишнинг техник воситаси сифатида стандарт намлик имитаторлари ҳам қўлланилади. Бироқ, нам материалларнинг асосий физикавий ва механик хусусиятларини қайта тикловчи шундай имитаторларни яратиш жуда қийин.

10-расмда, пахта ва пахта материаллари ўта юқори частотали нам ўлчагичлари учун биз тавсия этган қиёслаш схемаси келтирилган. Унда юқори аниқликдаги қурилмалар, ҳар хил разрядли намунавий ўлчов воситалари, ишчи ўлчов воситалари ҳамда ўлчов бирлигини юқори разряддан паст разрядга ўтказиш воситалари мавжуд.

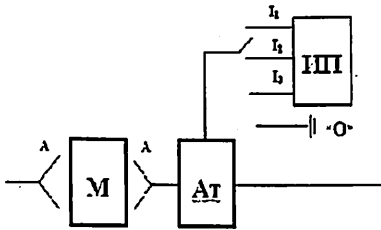
Намлик қийматини тиклаш оралиғи 5-30 %. Ўлчов бирлигини тиклашнинг ўрта квадратик четланиши 0,02 % дан кўп эмас.

Ишчи ўлчов воситалари сифатида биз юқори аниқликдаги ўта юқори частотали нам ўлчагичларни тавсия қиламиз. Улардан фойдаланилганда ишчи ўлчов воситаларининг рухсат этиладиган мутлоқ хатоликлари 0,95 ишончлилик эҳтимолида 0,4 дан 0,6 % гача ораликда бўлади.



10-расм. Пахта маҳсулотлари ўта юқори частотали нам ўлчагичини қиёслаш схемаси.

Нам ўлчагичларни ишлаб чиқаришга жорий қилиш имкония-тини таъминлаш ҳамда уларнинг номинал градуировка тавсифини қиёслашда ишлатиладиган қиёслаш схемаларининг элементларини ишлаб чиқдик (11-расм). Номинал градуировка тавсифини текшириш принципи қуйидагича: нам ўлча-гичнинг ўта юқори частотали ўлчаш каналига,  $A_1$ ,  $A_2$  – рупорли тарқатувчи ва қабул қилувчи антенналар орасида жойлашган бирламчи



$A_1, A_2$  - таркатувчи ва қабул қилувчи антенналар,  $M$ -материал (намуна),  $At$ -аттенюатор,  $ИП$ -таъминот манбаи.

11-расм. Нам ўлчагичнинг номинал градуировкали характеристикасини қиёслаш схемаси.

Ўлчаш ўзгарткичи – датчик, яъни кюветадаги материал ( $M$ ) бўлмаганда, навбати билан материалнинг минимал, максимал ва ўртача намлигига мос келувчи тўлқин ютилиши ҳосил қилинади. Намунавий ўлчов сифатида маҳкамланган аттенюаторлардан ( $At$ ) фойдаланиш мумкин. Таклиф этаётган вариантимида, намунавий ўлчов сифатида, ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг ўлчаш каналига қўйиладиган  $p-i-p$  аттенюаторидан фойдаланамиз. Бундай ҳолда, тўлқин камайиши

аттенюаторнинг киришига бериладиган ток қийматлари ( $I_1, I_2$  ва  $I_3$ ) билан аниқланади. Текшириш жараёни нам ўлчагич кўрсаткичларини нам ўлчагичнинг паспортда кўрсатилган намлик қийматлари билан таққослашдан иборат.

Ўта юқори частотали бирламчи ўлчаш ўзгарткичларини қиёслаш киммат ва кўп вақт сарфлайдиган ишдир. Буни етарли даражада самарали, мумкин қадар кам харажат эвазига талаб қилинадиган иш ҳажмини оқилона аниқлаш жараёнлари, қиёслаш интерваллари давомийлиги, намуна салмоғи сони билан белгиланади.

Одатда, ўлчов воситаларининг қиёслаш орилиғини ўрнатиш учун метрологик кўрсаткичлар бўйича бузилмасдан ишлаши ва хатоликнинг ўзгариш тезлиги мезонлари қўлланилади. Метрологик бузилишлар бўйича бузилмасдан ишлаш критерияси тажриба ўтказишга мўлжалланган бирламчи ўлчов ўзгарткичидан кейин қиёслаш орилиғини баҳолашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$t = \frac{[1 - P_3(t)T]}{1 - P_H(t)} \quad (3)$$

бу ерда:  $P_H(T)$  –  $T$  вақтда метрологик бузилишлар бўйича бузилмасдан ишлаш эҳтимоли,  $P_3(t)$  – қиёслаш орилиғи учун берилган метрологик бузилишлар бўйича бузилмасдан ишлаш эҳтимоли, одатда 0,95 га тенг қилиб олинади.

Бирламчи ўлчов ўзгарткичининг метрологик аттестациясидан сўнг қиёслаш орилиғи аниқланганда,  $V_\Delta(t_{0,i})$  хатоликларнинг  $M[t_{0,i}]$  вақт орилиғида ўзгариш тезлиги критериясидан фойдаланилган. Бундай ҳолда, қиёслаш орилиғи интервалининг  $i$ -бахоси қуйидаги формула билан белгиланади:

$$T_i = K_1 \frac{1}{K_2} \frac{\Delta_0 \Delta_\varphi}{V_\Delta(t_{0,i})} \quad (4)$$

бу ерда  $K_1$  – бирламчи ўлчаш ўзгарткичининг интенсивлик коэффциенти.

Бирламчи ўлчаш ўзгарткичининг даврий ишлашида  $K_1=1$ , узлуксиз ишлашида эса  $K_1=0,8-0,9$ ;  $K_2$  – иш шароитларини ҳисобга олган ҳолдаги коэффциент. Қаралаётган ҳолат учун  $K_2=1$ ;  $\Delta_f$ –аттестация натижаларига асосланган рухсат этилган хатоликлар чегараси;  $\Delta_0$  – меъёрий-техник хужжатларда белгиланган ўлчов хатолиги.

Ўта юқори частотали ўлчаш ўзгарткичлари битта ўзгартириш функциясига эга. Шунинг учун ишончли намуна салмоғини ҳисоблаш куйида келтирилган формулалардан биттаси бўйича амалга оширилиши мумкин:

$$n = \frac{t^2 \sigma N}{b^2 N + t^2 \sigma^2} \quad (5)$$

ёки

$$n = \frac{t^2 N}{4bN + t^2} \quad (6)$$

бу ерда:  $N$  – умумий ташкил этувчилардан бирламчи ўлчов ўзгарткичлари сони;

$\sigma$  – жами муҳим хатоликлар тавсифлари (ўрта квадратик четланиш);  
 $t$  – Стьюдент коэффциенти;

$b$  – тажрибадан олинган ишлатишлар асосидаги йўл қўйилиши мумкин бўлган фоизлардаги хатоликлар.

Умумий бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг хатоликлари характеристикаларини ўлчашда – ўрта квадратик четланиш маълум бўлганда (5) формула ишлатилади, акс ҳолда (6) формуладан фойдаланилади.

Метрологик таъминот тизимидаги қиёслаш жараёнида юқори аниқликдаги ўта юқори частотали нам ўлчагичлардан фойдаланиш истиқболли йўналиш бўлиб, у қиёслаш, градуировкалаш жараёнларининг самарадорлигини таъминлайди ҳамда ишчи ўлчаш воситаларининг ишчанлигини тезкор назорат қилиш имконини беради.

## ХУЛОСА

«Кўп функцияли автоматлаштирилган ўта юқори частотали пахта материаллари нам ўлчагичининг метрологик таъминотини текшириш ва ишлаб чиқиш» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида куйидаги хулосалар қилинган:

1. Намликни ўлчашлардаги метрологик таъминотнинг структуравий ва ташкилий ҳолатларининг таҳлили ўта юқори частотали нам ўлчаш ўзгарткичлари учун назорат объектлари сифатида асосланган. Нам ўлчаш воситаларининг хатолик манбалари таснифланган ва уларни тизимлаштириш орқали илмий тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари аниқланган. Ўта юқори частотали нам ўлчагич структураси ва метрологик таъминотини такомиллаштириш имконини берган.

2. Ўта юқори частотали ўзгарткичларининг хатоликларини баҳолаш имконини берувчи информатив параметрлари (ўта юқори частотали тўлқин

амплитуда ва фаза камайишлари) нинг материаллардаги намлик боғланиш формаларига таъсир қонуниятлари аниқланган. Ушбу боғланишлар ўта юқори частотали электромагнит майдонининг пахта материаллари билан ўзаро таъсири функцияси нам материалнинг уч (сув, курук модда ва ҳаво) қатламли модели асосида синтез қилиш имконини берган.

3. Намуна зичлигининг  $\pm 5\%$  гача ўзгариши  $\pm 0,3\%$  намлик ўлчаш хатолигига, ҳароратнинг  $\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  гача ўзгариши намлик қийматиغا қараб  $\pm(0,3-0,6)\%$  гача бўлган хатоликларга олиб келиши аниқланган. Натижа пахта материалларининг намлигини ўлчашда намуна ҳарорати ва зичлиги бўйича ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг кўрсатишига киритиладиган тузатмаларни аниқлаш имконини берган.

4. Ҳар қандай материаллар учун ўта юқори частотали нам ўлчашдаги асосий муаммоларни ҳал қилишга имкон берувчи умумлашган ўлчаш ўзгарткичлари мажмуаси блок-модул принципига мувофиқ ишлаб чиқилган. Ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг мажмуавий структураси мукамаллаштирилганлиги, ҳар қандай материаллар намлигини тегишли датчиклар ёрдамида ўлчаш имконини берган.

5. Пахта материаллари учун ўта юқори частотали нам ўлчагичнинг қиёслаш схемаси ҳамда ўта юқори частотали нам ўлчаш ўзгарткичларининг номинал градуировкали тавсифларини қиёслаш учун тўлқин узатгич ичига ўрнатилган намликнинг намунавий ўлчови ишлаб чиқилган. Натижа нам ўлчагични тезкор қиёслаш имконини берган.

6. Қиёслаш оралиғи интервали давомийлигини белгилаш критериялари ҳамда ўта юқори частотали ўзгарткичларнинг танлов салмоғини ўрнатиш бўйича меъёрлар ишлаб чиқилган. Олинган натижалар ўта юқори частотали нам ўлчагичларни қиёслаш жараёнини оптималлаштириш имконини беради.

7. Метрологик хоссалари яхшиланган пахта материалларининг нам ўлчагичи «Қорасув пахта тозалаш» АЖ пахта тозалаш заводининг технологик лабораториясида тажриба синовларидан ўтказилган ва жорий қилинган бўлиб, натижада технологик жараёнлардан намлик тўғрисидаги олинаётган ахборотларнинг ишончлилиги ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар сифатининг ошишига эришилган.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**УСМАНОВА ХУЛКАР АСАДУЛЛАЕВНА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ВЛАГОМЕРА ХЛОПКОВЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

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

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

**Ташкент – 2018**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2018.2.PhD/T753

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель:

Исмагуллаев Патхулла Рахматович  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Абдувалиев Абдукашхар Абдулханевич  
доктор технических наук, доц.

Улжаев Эркин  
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

АО «Пахта саноат илий маркази»

Защита диссертации состоится 28 ноября 2018 года в 12-00 часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском техническом университете по адресу: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано за № 60. Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «14» 11 2018 года.  
(реестр протокола рассылки № 14 от 30 октября 2018 года).



Н.Р. Юсупбеков

член Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор, академик

Ж.У. Севинюв

заместитель секретаря научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

Х.З.Игамбердиев

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



## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире во всех сферах промышленного производства и управления экономикой на современном этапе научно-технического прогресса особое внимание уделяется модернизации и разработке измерительных приборов, контролирующих качественные параметры продукции. В крупных промышленных предприятиях развитых стран, выпускающих хлопковую продукцию, большое значение уделяют производству контрольно-измерительных приборов, улучшающих качество продукции, в связи с этим особой задачей является производство измерительных приборов (влажномеров), контролирующих влажность хлопковых материалов, являющуюся одним из основных параметров, от которых зависят качественные показатели хлопковых материалов.

В мире осуществляются научные исследования, направленные на обеспечение требуемого качества продукции, разработку методов аналитического контроля, сложных технологических процессов, совершенствование первичных измерительных приборов, высокоточных и быстрореагирующих автоматических влагомеров. Одним из основных требований, предъявляемым к измерительным средствам, является обеспечение единства измерений, в связи с этим особое значение уделяется выпуску высокоточных контрольно-измерительных приборов, в том числе влагомеров хлопковых материалов. Обеспечение эксплуатации измерителей влажности в хлопкоочистительной промышленности является важным условием качества продукции. Что же касается применения влагомеров в хлопкоочистительном производстве, то здесь необходимо разработать мероприятия, направленные на воспроизведение единицы влажности и передачи ее рабочим средствам измерения.

Сегодня в Узбекистане особое внимание уделяется внедрению инновационных технологий в промышленность, реализации высокоэффективных систем контроля за качеством полупродуктов и конечной продукции. 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 высоко добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»<sup>1</sup>. Для достижения поставленных задач существенно важным является повышение качества производимой продукции и полуфабрикатов за счет разработки высокоточных надежных технических и опытно-конструкторских исследований, внедрения в отрасль средств измерения и аналитического контроля, а также развитие научно-

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы» УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

хлопководства инновационных идей, разработок и технологий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 гг.» от 7 февраля 2017 года, Указом Президента Республики Узбекистан № УП-3238 «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий» от 23 августа 2017 года, Постановлением Президента № ПП-3408 от 28.11.2017 г. «О мерах по кардинальному совершенствованию системы управления хлопковой отраслью», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

**Степень изученности проблемы.** По результатам мировых исследований большой вклад в развитие теории и практики обеспечения единства измерений внесен в работах зарубежных ученых: Kraszewski A.W., Meyer W., Kent M., Лыкова А.В., Берлинера М.А., Бензаря В.Г., Кричевского Е.С., Романова В.Г., Секанова Ю. П., Сайтова Р.И. и отечественных ученых и специалистов: Юсупбекова Н.Р., Игамбердиева Х.З., Исмадуллаева П.Р., Ахмедова Б.М., Мухитдинова М.М., Азимова Р.К., Хакимова О.Ш., Шипулина Ю.Г., Абдувалиева А.А., Улжаева Э.У. и др.

По мнению республиканских и зарубежных ученых (Исмадуллаев П.Р., Ахмедов Б.М., Хакимов О.Ш., Абдувалиев А.А., Улжаев Э.У., Берлинер М.А., Бензарь В.Г., Kraszewski A.W., Секанов Ю. П., Сайтов Р.И.), доказано, что из современных методов измерению влажности наиболее соответствуют диэлькометрические, в частности сверхвысокочастотные методы и преобразователи. Показано; что на сегодняшний день для данных средств измерения проблемы метрологического обеспечения не решены. В современном конкурентоспособном мире технология измерения влажности хлопковых материалов содержит получение достоверной измерительной информации о параметрах, характеристиках и свойствах сырьевых и готовых материалов выпускаемой продукции.

Гарантия достоверности измерительной информации является одной из важных проблем достижения единства измерения, составляющую основу метрологического обеспечения. Поэтому в хлопкоочистительной промышленности для обеспечения возможности применения СВЧ-влагомеров необходимо разработать мероприятия, направленные на воспроизведение единицы влажности и передачу ее рабочим средствам измерения, что имеет важное значение в технологии переработки хлопковых материалов.

Решению вышеуказанной востребованной задачи и посвящена диссертационная работа, в которой разработаны научно-методические основы проблем метрологического обеспечения с использованием СВЧ-измерения влажности, методы и алгоритмы исследования метрологических характеристик СВЧ-влажномера хлопковых материалов.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских проектов ТашГТУ ГНТП-10.27: «Исследование методов и средств контроля и разработка системы автоматизации измерения, обработки и технологической информации, приборов и оборудования нефтегазовой промышленности», фундаментальный проект молодых ученых № ЕФ-2-9: «Разработка теоретических основ построения и проектирования первичных измерительных преобразователей с микропроцессорными комплектами для контроля качества различных продуктов» (2016-2017), по теме хозяйственной работы № 21-08: «Исследование метрологических характеристик СВЧ-влажномера для хлопковых семян» (2008-2009).

Цель исследования состоит в исследовании и разработке метрологического обеспечения СВЧ-влажномера повышенной чувствительности с учетом его метрологических характеристик при измерении влажности хлопковых материалов.

#### **Задачи исследования:**

обоснование в качестве объектов контроля для СВЧ-измерителей влажности структурных и организационных состояний метрологического обеспечения при измерении влажности;

определение зависимости выходного сигнала влагомера от влажности материала на базе образцовых средств измерения влажности в производственных условиях – проведение градуировки СВЧ-влажномера;

определение метрологических характеристик СВЧ-влажномера хлопковых материалов путем проведения экспериментальных исследований;

составление схемы поверки и разработка элементов экспресс-поверки номинальных градуировочных характеристик СВЧ-влажномера хлопковых материалов;

поиск путей усовершенствования метрологического обеспечения СВЧ-влажномера.

Объектом исследования является модифицированный микропроцессорный универсальный СВЧ-метод и прибор для измерения влажности хлопка-сырца и продуктов его переработки.

Предмет исследования составляют методы и алгоритмы обеспечения единства измерительной информации, циркулирующей на различных ступенях иерархии системы метрологического обеспечения СВЧ-влажномера.

Методы исследований. В процессе исследования использованы отдельные положения теории диэлектриков и электродинамики, методы

математического моделирования, статистические методы регрессионного и дисперсионного анализов, методы совершенствования метрологического обеспечения СВЧ-влажмера, планирование эксперимента.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

синтезирована функция взаимодействия СВЧ-поля с хлопковым материалом на основе трехслойной модели влажного материала (вода, сухой материал и воздух);

определены метрологические характеристики (диапазон и погрешность измерения, масса образца и др.) СВЧ-влажмера хлопковых материалов с учетом влияния информативных и неинформативных измерительных параметров;

составление схемы поверки и разработка элементов экспресс-поверки номинальных градуировочных характеристик СВЧ-влажмера хлопковых материалов;

разработаны принципы оптимизации метрологического обеспечения СВЧ-влажмера хлопковых материалов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана комплексная структура СВЧ - влажмера хлопковых материалов, обеспечивающая повышение чувствительности прибора;

разработан комплекс универсальных преобразователей влажности на основе блочно - модульного принципа, обеспечивающего измерение влажности различных материалов на сверхвысокой частоте.

Определены поправки на показатели СВЧ-влажмера по температуре и плотности влажного образца.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обосновывается согласованностью теоретических и экспериментальных исследований, а также промышленно-испытательной апробацией СВЧ-влажмера с получением положительных результатов опытно-производственных испытаний.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования характеризуется теоретическими исследованиями закономерностей взаимодействия СВЧ-поля с хлопковым материалом, разработкой методики и схемы поверки номинальных градуировочных характеристик СВЧ-влажмера хлопковых материалов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в усовершенствовании структуры комплекса СВЧ-влажмера, разработке комплекса универсальных преобразователей влажности на основе блочно - модульного принципа, обеспечивающего измерения влажности различных материалов на сверхвысокой частоте, определении метрологических характеристик СВЧ-влажмера хлопковых материалов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по исследованию и разработке метрологического

обеспечения автоматического многофункционального сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов:

модифицированный СВЧ-влагомер внедрен на АО «Карасув пахтатозалаш», г. Янгиюль (справка АО «Узпахтасаноат», выданная 28 июня 2018 года № 02-18/3901). В результате создана возможность повышения точности измерения влажности (с максимальной относительной погрешностью 5-7 %);

элементы поверки СВЧ-влагомера внедрены на АО «Карасув пахтатозалаш», г. Янгиюль (справка АО «Узпахтасаноат», выданная 28 июня 2018 года № 02-18/3901). В результате получена модифицированная система измерения влажности в процессе переработки хлопковых материалов;

СВЧ-влагомер с оптимизированным метрологическим обеспечением внедрен на АО «Карасув пахтатозалаш», г. Янгиюль (справка АО «Узпахтасаноат», выданная 28 июня 2018 года № 02-18/3901). В результате полученной достоверной информации о влажности, в процессе переработки хлопковых материалов достигнута экономия электрической энергии, обеспечивается высокое качество измерения влажности образца в процессе неразрушаемого метода измерения.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования апробированы и получили одобрение на 16 научных конференциях, в том числе на 6 международных и на 10 республиканских.

**Опубликованность результатов.** По результатам выполненных исследований опубликованы 20 научных работ, в том числе: 13 статей (7 в республиканских и 6 в зарубежных) в журналах, включенных в перечень ВАК РУз, получены положительное решение на один патент и 2 свидетельство о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений и содержит 122 страницы машинописного текста, 20 рисунков и 4 таблицы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, формулируются цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, отражаются вопросы внедрения в практику результатов исследования, приводятся сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «Структура и организация метрологического обеспечения в влагометрии», носящей обзорно-аналитический характер, с критических позиций проанализировано современное состояние решаемой научно-технической задачи. Дана трактовка общепринятых понятий метрологического обеспечения и раскрыты тенденции дальнейшего развития и

совершенствования теории и техники обеспечения единства измерений различных характеристик и свойств хлопковой продукции.

Одна из основных особенностей влагомеров как объектов поверки состоит в том, что при их поверке необходимо проверить погрешность воспроизведения влагомером номинальной градуировочной характеристики и тем самым определить пригодность влагомера к применению по назначению. В случае, когда использованное при измерении влажности свойство вещества изменилось, необходимо провести переградуировку влагомера.

Во второй главе «Теоретические исследования взаимодействия сверхвысокочастотного поля с хлопковым материалом» исследованы связь влаги в хлопковом материале и продуктах его переработки, изучены методы и приборы контроля влажности хлопковых материалов, приведены теоретические основы СВЧ-методов измерения влажности волокнистых и сыпучих материалов.

Методы измерения влажности принято разделять на прямые и косвенные. В зависимости от измеряемого свойства М. А. Берлинер предложил косвенные методы разделять на две большие группы - электрические и неэлектрические.

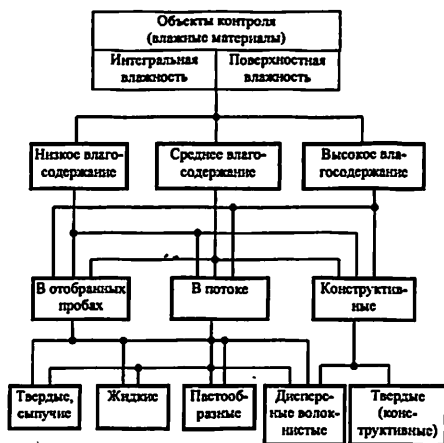


Рис.1. Классификация объектов контроля по признакам, определяющим требованию к измерительным преобразователям.

В основу первых положено прямое измерение электрических параметров материала; у вторых измеряемая физическая величина не является электрической. Однако и она на определенном этапе измерения, как правило, преобразуется в электрический сигнал. На рис.1 показано условное деление объектов контроля на соответствующие группы по различным признакам, определяющим требования к первичным преобразователям влажности. Объекты контроля подразделяются на материалы с низким, средним и высоким влагосодержанием, т.е. с соответствующими значениями

диэлектрической проницаемости, что определяет тип и конструкцию первичного преобразователя.

По условиям измерения объекты контроля подразделяются на материалы в отобранных пробах, в технологическом потоке и конструктивные материалы, что также определяет выбор первичного измерительного преобразователя. И, наконец, объекты контроля по своим физико-механическим и структурным

свойствам подразделяются на 5 групп: твердые-сыпучие, жидкие, пастообразные, волокнистые и твердые-конструктивные материалы, для каждой из которых необходимо выбрать оптимальный способ измерения влажности и разработать конкретный тип первичного преобразователя с учетом степени влагосодержания и условий измерения. Системный анализ источников погрешностей СВЧ-преобразователей влажности позволил нам провести их классификацию (рис.2).

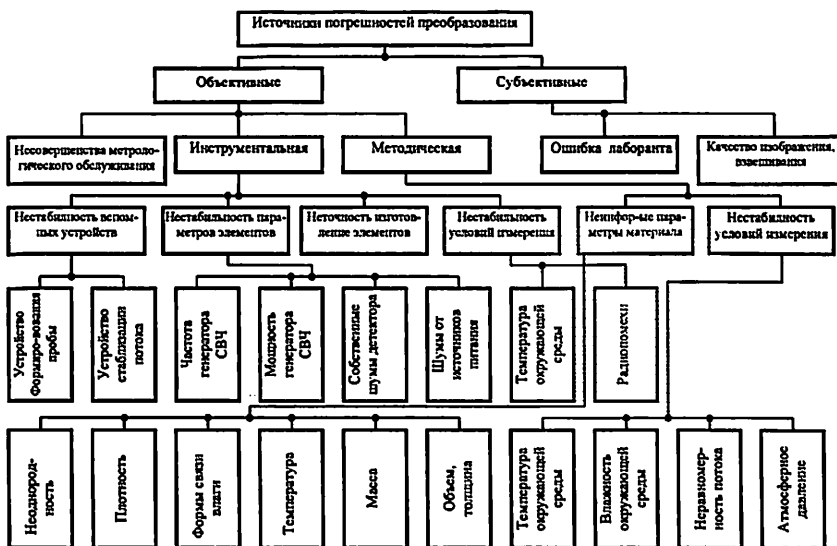
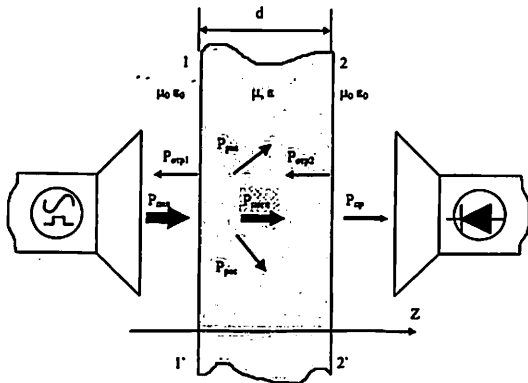


Рис.2. Классификация источников погрешностей СВЧ-преобразователей влажности.

По предложенной классификации погрешности подразделяются на объективные и субъективные. Объективные погрешности подразделяются на три класса: метрологические, инструментальные и методические. Погрешности, обусловленные первыми двумя факторами, по сравнению с методическими пренебрежимо малы.

Рассмотрим принцип работы СВЧ-влажмера: СВЧ-волна, излучаемая передающей антенной направленного действия (рис.3), падает на контролируемый непроводящий материал толщиной  $d$ . При распространении волны внутри материала происходит поглощение энергии ( $P_{\text{пог}}$ ). Поглощение является функцией диэлектрических параметров и толщины материала. При этом электромагнитное поле, взаимодействуя с молекулами воды, содержащейся в материале, изменяет свои электрические характеристики. Это изменение, характеризующее влажность, лежит в основе всех разрабатываемых методов СВЧ-измерения.



$P_{пад}$  – мощность падающего излучения;  $P_{погл}$  – мощность излучения, поглощенного материалом;  $P_{пр}$  – мощность прошедшего излучения;  $P_{отр1}$  – мощность, отраженная от границы раздела 1-1';  $P_{отр2}$  – мощность, отраженная от границы раздела 2-2';  $\epsilon, \epsilon_0$  – диэлектрические и  $\mu, \mu_0$  – магнитные проницаемости соответственно, материала и воздуха.

Рис.3. Схема действия СВЧ-влагомера.

Для синтеза функции преобразования влажности нами принята трехслойная модель, в соответствии с которой влажный материал представляется состоящим из трех плоских слоев: воды, сухого вещества и воздуха. Нами получено конечное решение этой системы относительно  $W$ , которое имеет следующий вид:

$$W = \frac{1}{1 - \frac{\rho'_{сн}}{\beta_c} \left[ \beta_B - (\beta - \beta_0 V_0) \frac{\alpha_B}{\alpha} \right]}, \quad (1)$$

где  $\rho'_{сн}$  – приведенный натуральный вес сухого вещества;  $\alpha_B, \beta_B$  – соответственно, коэффициенты затухания и фазы СВЧ волны в воде;  $\alpha, \beta$  – соответственно, коэффициенты затухания и фазы СВЧ волны в влажном материале;  $\beta_c$  – коэффициент фазы сухого вещества;  $V_0$  – объемная концентрация воздуха;  $\beta_0$  – коэффициент фазового сдвига СВЧ волны в воздухе.

Сравнивая результаты расчета  $V_0$  по данным из источников, а также с нашими данными, приведенными в табл. 1, можно сделать вывод о том, что  $V_0$  слабо зависит от влажности в диапазоне от 6 до 24 %. Наблюдается лишь некоторое увеличение его значения при  $W > 16$  %. Среднее значение  $V_{0\text{ ср}} = 0,46$  с отклонением от среднего не более 4 %.

Таблица 1  
Зависимость веса, плотности и свободного объема семян от их влажности

$W, \%$	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$\rho_n, \text{г/см}^3$	0,77	0,77	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,60	0,67
$\rho, \text{г/см}^3$	1,40	1,42	1,40	1,39	1,37	1,36	1,34	1,32	1,30
$V_0$	0,45	0,46	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48	0,49



Таким образом,  $\beta_0 V_0$  в уравнении (1) можно принять const, а влажность материала вполне однозначно определится коэффициентами затухания  $\alpha$  и фазы  $\beta$  СВЧ поля, т. к. остальные величины достаточно хорошо известны. С учетом этого наиболее перспективен при измерении «на прохождение», на наш взгляд, будет амплитудно-фазовый метод.

Нами также теоретически рассмотрены зависимости величины измеряемого параметра СВЧ-волны от влажности, толщины и плотности материала. Чтобы аналитически учесть степень влияния температуры и плотности влажного материала на параметры СВЧ-волны, необходимо проведение экспериментальных исследований в каждом конкретном случае.

В третьей главе диссертации «Исследование метрологических характеристик сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов» предложена единая унифицированная система, решающая широкий круг задач, связанных с получением и использованием информации о влажности хлопка-сырца и продуктов его переработки.

Структура измерения влажности сыпучих и волокнистых материалов предлагаемой обобщенной универсальной системы измерения влажности показана на рис.4. Система предназначена для решения задач, связанных с получением измерительной информации о влажности хлопка-сырца и продуктов его переработки. Основными блоками и узлами системы являются: комплекс первичных измерительных преобразователей влажности; базовое измерительное устройство с дополнительными блоками и встроенным микропроцессором; комплекс выходных средств отображения регистрации и накопления измерительной информации. Базовым измерительным устройством служит СВЧ-влагомер с вращающейся кюветой.

Структурная схема влагомера приведена на рис.5, а функциональная схема на Рис.6.

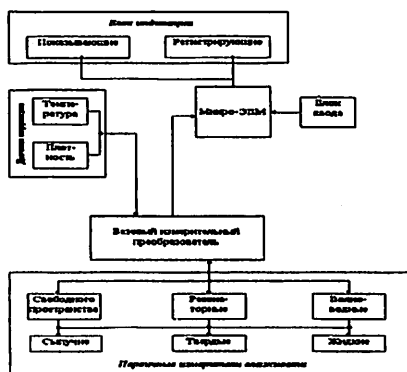


Рис. 4. Структурная схема обобщенной универсальной системы измерения влажности сыпучих и волокнистых материалов.

Кювету вращает вокруг вертикальной оси шаговый двигатель (ШД), который запускается включателем, расположенным на крышке влагомера. Базовый влагомер построен по блочно-модульному принципу. СВЧ-тракт влагомера состоит из следующих частей:  $A_1$ ,  $A_2$  – передающая и приемная антенна,  $M_1$ ,  $M_2$  – СВЧ-модули (соответственно СВЧ-генератор и детектор). Сигналы с  $M_1$ ,  $M_2$  и датчика температуры (ДТ) поступают на БИУ. Здесь сигналы ослабления –  $N_L$ , фазового сдвига- $\phi$

СВЧ-волны и температура образца  $t$  формируются в стандартные сигналы для сопряжения с микроконтроллером. Во влагомере предусмотрена коррекция погрешностей, вызванных основными влияющими величинами (температура и плотность).

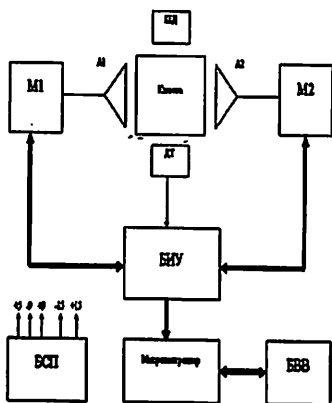


Рис.5. Структурная схема СВЧ-влагомера с встроенным МПУ – устройством.

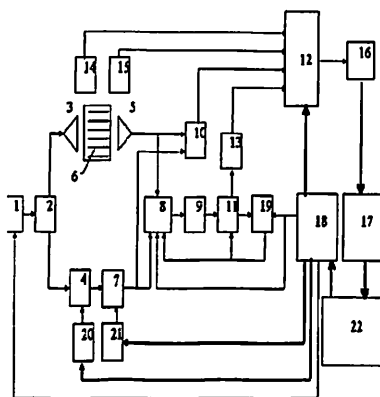


Рис.6. Функциональная схема автоматического измерителя влажности на СВЧ.

В постоянную память микропроцессора вводятся градуировочные характеристики (зависимости выходного сигнала от влажности) измеряемого параметра с помощью клавиатуры блока ввода и вывода (БВВ), а также градуировочные характеристики влияющих факторов, математически связанных с влажностью материала. Выходные сигналы измерительного устройства ( $N_L, \varphi, t$ ) поступают на микроконтроллер. Через аналоговый интерфейс сигналы  $N_L, \varphi$  и  $t$  преобразуются в цифровые сигналы с помощью аналого-цифрового преобразователя и поступают на интерфейс внешних устройств микропроцессора. Микропроцессор выполняет все вычислительные операции. После вычисления полинома выводится информация о влажности материала в цифровом виде через индикатор (БВВ).

Основное отличие модифицированного прибора состоит в введении блока-управляемого фазовращателя в опорное плечо, что позволяет определить разность не только амплитуд, но и фаз между сигналами СВЧ излучения, прошедшего через опорный и измерительный каналы, следовательно, уменьшить погрешность определения влажности исследуемых объектов.

Было разработано программное обеспечение микропроцессорного СВЧ-влагомера. На первом этапе разработки сформулирована информационная задача; на втором этапе разработана программа, реализующая алгоритм измерения. На третьем этапе осуществлены кодирование и отладка программы.

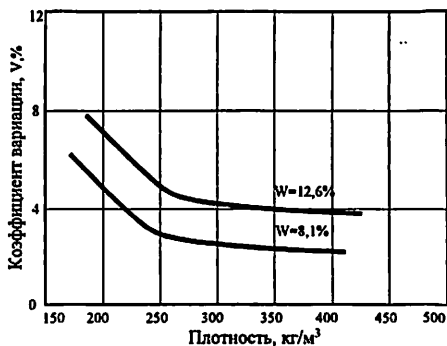


Рис.7. Зависимость относительной погрешности измерения влажности хлопковых семян от плотности образца.

Для проверки теоретических выводов, а также с целью определения степени влияния неинформативных параметров на погрешность измерения влажности были проведены экспериментальные исследования. По зависимостям коэффициента вариации от объемной массы материала определяли оптимальную объемную массу, т.е. оптимальную плотность ( $\rho_{\text{опт}} = 350 \text{ кг/м}^3$ ) измеряемых образцов (рис.7). Градуировку влагомера (рис.8)

выполняли с использованием методов регрессионного анализа в технологической лаборатории хлопкоочистительного завода АО «Корасув пахтатозалаш» (Акт производственных испытаний, утвержденный АО «Корасув пахтатозалаш» от 09.02.2018 г.). В результате были определены коэффициенты уравнений второго порядка, зависимости показания влагомера  $N$  от влажности хлопковых семян  $W$ :

$$N = 2,8665W^2 + 84,025W + 831,65. \quad (2)$$

Анализ показывает, что изменение плотности образца на  $\pm 5\%$  приводит к погрешности измерения влажности, равной  $\pm 0,5\%$ . Следовательно, при реализации прибора необходимо обеспечить постоянную плотность образца, либо учитывать влияние этого фактора.

Зависимости показания СВЧ-влагомера от температуры материала показаны на рис.9. Изменение температуры на  $\pm 10^\circ\text{C}$  привело к погрешности измерения влажности, равной  $\pm (0,3-0,6)\%$ , в зависимости от влажности. Следовательно, при реализации данного прибора необходимо ввести температурную поправку.

В ходе испытаний определялись сходимость и расхождение результатов измерений влажности хлопковых семян на приборе с результатами ее определения лабораторным путем по стандарту O'zDSt 600:2008. Анализ показывает, что сходимость параллельного определения на приборе влажности одного и того же образца по термогравиметри-ческому методу и методу СВЧ в среднем не превышает  $0,25\%$  влажности. Расхождения между измерениями одного и того же образца через сутки не превышали  $0,1\%$  влажности.

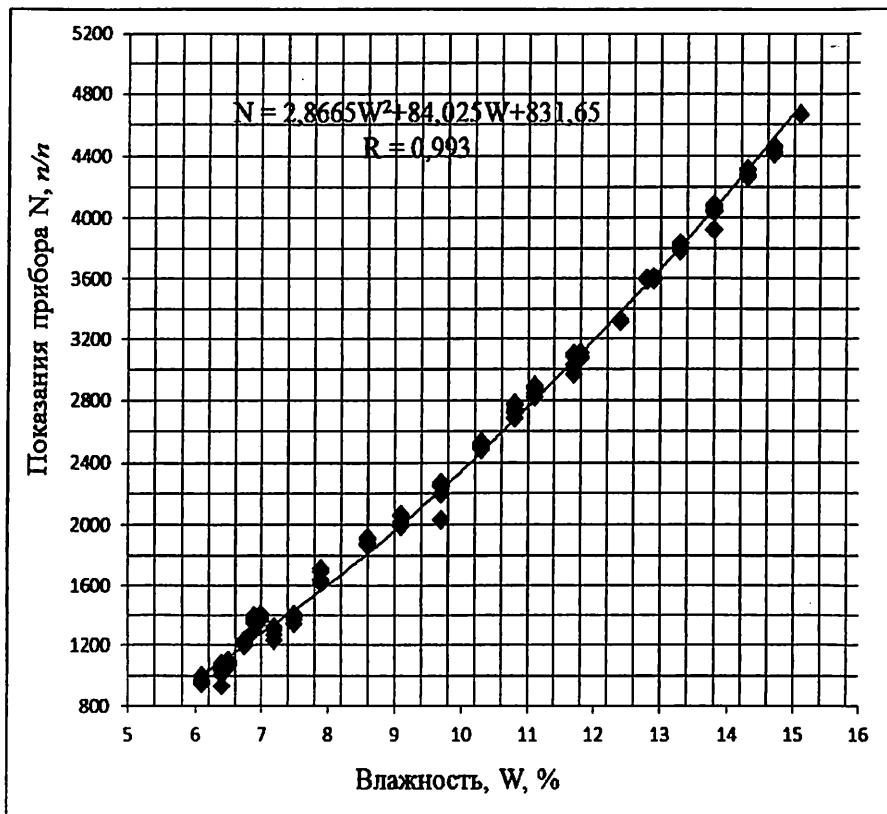


Рис. 8. Экспериментальная градуировочная зависимость СВЧ-измерителя влажности хлопковых семян.

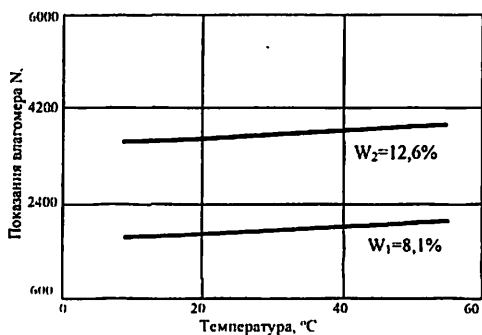


Рис.9. Зависимость показания влагомера от температуры хлопковых семян.

Экономический эффект от внедрения СВЧ-влагомера хлопковых материалов с повышенными метрологическими характеристиками в технологической лаборатории хлопкоочистительного завода АО «Корасув пахтатозалаш» составил 11 млн. 216 тыс. 483 сумов в год. При внедрении влагомера на 85 хлопкоочистительных заводах

республики экономический эффект составит более 900 миллионов сумов (справка о внедрении № 02-18/3901 от 28.06.2018г. АО «Узпахтасаноат»).

В четвертой главе диссертации «Разработка метрологического обеспечения сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов» проанализированы и решены проблемы метрологического обеспечения в сверхвысокочастотной влагометрии. Необходимым условием оптимизации влагомеров, как и других средств измерения, является создание метрологического обеспечения единства и точности измерений.

Метрологическое обеспечение и его качество взаимосвязаны также с областью производства влагомеров (приборостроение) и их эксплуатации (измерительная техника). Эти отрасли образуют единую систему, играющую важную роль в развитии отраслей нашей страны. Отсюда вытекает необходимость решения частной задачи измерения влажности хлопка, его компонентов и продуктов первичной переработки, уделения достаточного внимания метрологическому обеспечению этих измерений.

Современное состояние метрологического обеспечения влагометрии твердых веществ характеризуется тем, что для большинства материалов разработана и опробована система проверок влагомеров с применением стандартных образцов. Большинство образцовых средств и стандартных образцов предназначено для диэлькометрических высокочастотных влагомеров.

Значительно хуже обстоит дело с метрологическим обеспечением СВЧ-влагомеров, в частности, влагомеров для хлопка-сырца, хлопковых семян и других хлопковых материалов. Для этих материалов регламентирован только термогравиметрический метод определения влажности. Несоввершенство метрологического обеспечения СВЧ-влагомеров обусловлено, прежде всего, отсутствием необходимых технических средств передачи единицы влажности от образцовых средств к рабочим.

Для построения более совершенного метрологического обеспечения СВЧ-влагомеров необходимо создание новых технических средств, позволяющих в полном объеме осуществлять метрологическую аттестацию и контроль на стадиях разработки производства и эксплуатации. По нашему мнению, одним из основных технических средств такого типа может служить СВЧ-влагомер высокой точности.

В качестве технических средств передачи единицы влажности используются также стандартные образцы-имитаторы влажности. Однако, создание таких имитаторов влажных материалов, воспроизводящих их основные физико-механические свойства, затруднено.

На рис. 10 приведена предлагаемая нами поверочная схема для СВЧ-влагомеров хлопка-сырца и хлопковых материалов, содержащая установку высшей точности, образцовые средства измерений различных разрядов, рабочие средства измерений и средства передачи единицы измерения от высших разрядов к низшим.

В основу измерений влажности хлопковых материалов и продуктов их переработки должна быть положена единица, воспроизводимая установкой высшей точности. Последняя состоит из группы воздушно-тепловых

установок (Уз-8). Диапазон воспроизводимых значений влажности 5-30 %. Среднеквадратическое отклонение воспроизведения единицы измерения составляет не более 0,02 %.

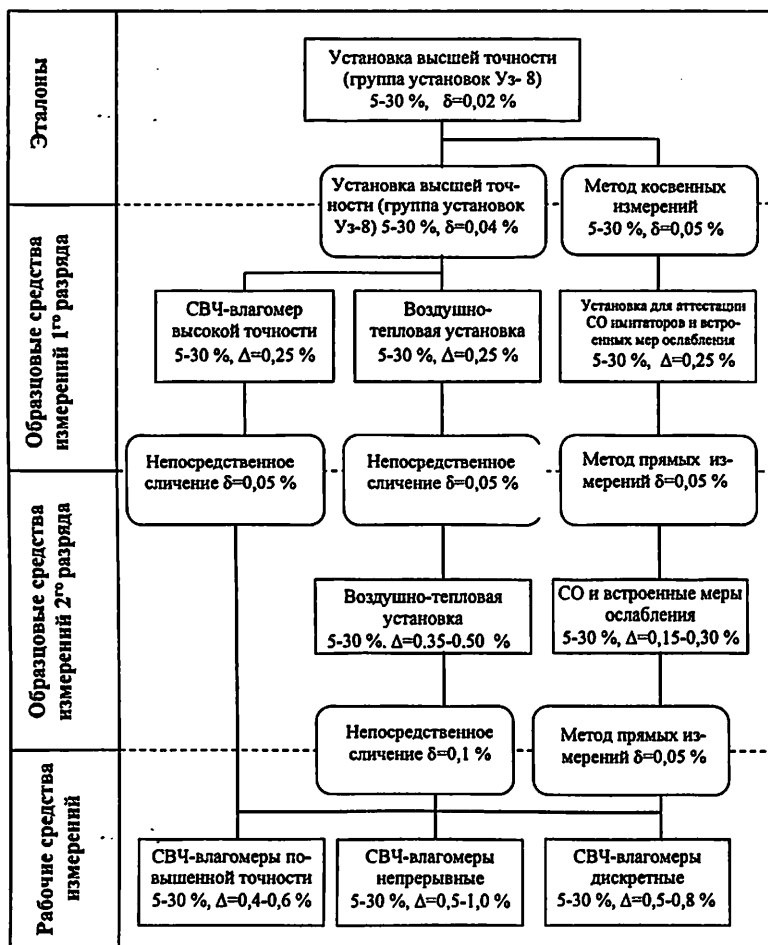


Рис. 10. Поверочная схема СВЧ-влагомера хлопковых материалов.

В качестве рабочих средств измерений рекомендуются СВЧ-влагомеры повышенной точности. При их применении пределы допускаемых погрешностей рабочих средств измерений при доверительной вероятности 0,95 составляют от 0,4 до 0,6 %.

Нами также разработаны элементы поверочных схем для обеспечения

возможности внедрения влагомеров в промышленность, используемые для проверки его номинальной градуировочной характеристики (НГХ) (рис.11).

Принцип проверки НГХ заключается в следующем: в измерительный канал СВЧ-тракта влагомера, при отсутствии материала в первичном измерительном преобразователе (М), который находится между передающей и приемной антеннами (А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub>), поочередно вносятся ослабление материала, соответствующее его минимальной, максимальной и средней влажностям. В качестве образцовой меры могут быть использованы фиксированные

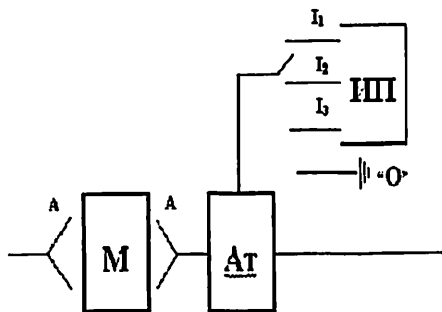


Рис.11. Поверочная схема номинальной градуировочной характеристики.

аттенюаторы (А<sub>т</sub>). В предлагаемом нами варианте в качестве образцовой меры используется р-и-п аттенюатор, встраиваемый в измерительный канал СВЧ-влагомера. При этом значения ослабления определяются величиной тока (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> и I<sub>3</sub>), подаваемого на управляющий вход аттенюатора.

Процесс проверки проводится в соответствии с указанными в паспорте влагомера значениями влажности.

Проверка СВЧ-первичного измерительного преобразователя является дорогостоящей и трудоемкой работой. Для ее проведения с достаточной эффективностью при возможно меньших затратах необходимо обоснованно определить требуемый объем работы, что оценивается продолжительностью межповерочных интервалов, объемом представительной выборки.

Обычно для установления межповерочных интервалов средств измерений используют критерии безотказной работы по метрологическим показателям и критерии скорости изменения погрешности. Критерии безотказной работы по метрологическим отказам используются при оценке межповерочного интервала после опытного первичного измерительного преобразователя по формуле:

$$t = \frac{[1 - P_3(t)]T}{1 - P_H(t)}, \quad (4)$$

где  $P_H(T)$  - вероятность безотказной работы по метрологическим отказам за время  $T$ ;  $P_3(t)$  - заданная вероятность безотказной работы по метрологическим отказам за межповерочный интервал обычно выбирается 0,95.

При определении межповерочного интервала после метрологической аттестации первичного измерительного преобразователя, используют критерий скорости изменения погрешности  $V_{\Delta}(t_{0,1})$  за время  $M [t_{0,1}]$ . При этом  $i$ -ая оценка межповерочного интервала определяется по формуле:

$$T_i = K_1 \frac{1}{K_2} \frac{\Delta_0 \Delta_\phi}{V_\Delta(t_{0,1})_i} \quad (6)$$

где  $K_1$  – коэффициент интенсивности работы первичного измерительного преобразователя. При непрерывной работе первичного измерительного преобразователя  $K_1 = 1$ , а при периодической  $K_1 = 0,8-0,9$ ;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации. Для рассматриваемого случая  $K_2 = 1$ ;  $\Delta_\phi$  – предел допускаемой погрешности по результатам аттестации;  $\Delta_0$  – погрешность измерения, устанавливаемая в НТД.

СВЧ-преобразователи имеют единую функцию преобразования, поэтому расчет представительной выборки можно производить по одной из приведенных формул

$$n = \frac{t^2 \sigma N}{b^2 N + t^2 \sigma^2} \quad (7)$$

или

$$n = \frac{t^2 N}{4bN + t^2} \quad (8)$$

где  $N$  – число первичных измерительных преобразователей, составляющих генеральную совокупность;  $\sigma$  – СКО характеристики погрешности генеральной совокупности;  $t$  – коэффициент Стьюдента;  $b$  – допускаемая погрешность репрезентативности в процентах, определяемая по данным опытной эксплуатации.

Формула (7) применяется, когда известно СКО характеристики погрешности первичного измерительного преобразователя генеральной совокупности, в противном случае используется формула (8).

Использование СВЧ-влажномеров высокой точности в системе метрологического обеспечения является перспективным направлением, позволяющим сократить время, повысить эффективность операций поверки, градуировки и оперативного контроля работоспособности рабочих средств измерения.

Применение разработанного СВЧ-влажмера с улучшенными метрологическими характеристиками, а также элементами метрологического обеспечения для контроля влажности хлопковых материалов позволило повысить точность измерения влажности хлопковых семян, что привело к повышению качественных параметров выходной продукции. При этом ожидаемый годовой экономический эффект составит более 900 млн. сумов.

В приложении диссертации приведены основные результаты производственных испытаний по определению метрологических характеристик СВЧ-влажмера, а также акт внедрения и справки об использовании результатов научных исследований в хлопкоочистительной промышленности.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований диссертационной работы на тему: «Исследования и разработка метрологического обеспечения автоматического многофункционального сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов» получены следующие результаты:

1. Обоснование в качестве объектов контроля для СВЧ-измерителей влажности структурных и организационных состояний метрологического обеспечения при измерении влажности; классифицированы источники погрешностей средств измерения влажности и в результате их систематизации определены цели и задачи научных исследований – модифицирована структура СВЧ-влагомера хлопковых материалов и создано новое метрологическое обеспечение.

2. Определены законы взаимодействия информативных (измерительных) параметров (ослабление и фазовый сдвиг СВЧ-волны) со связями влаги в материале, обеспечивающие оценку погрешности в СВЧ-преобразователе. Синтезирована функция взаимодействия СВЧ-поля с хлопковым материалом на основе трехслойной модели влажного материала (вода, сухой материал и воздух);

3. Изменение плотности образца на  $\pm 5\%$  приводит к погрешности измерения влажности  $\pm 0,3\%$ , а изменения температуры на  $\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  в зависимости от влажности образца – к погрешности измерения, равное  $\pm (0,3-0,6)\%$ . В результате обеспечена возможность введения поправки на показания СВЧ-влагомера в зависимости от температуры и плотности образца.

4. Разработан комплекс универсальных преобразователей влажности на основе блочно-модульного принципа, обеспечивающего измерение влажности различных материалов на сверхвысокой частоте. Получена модифицированная система измерения влажности в процессе переработки хлопковых материалов.

5. Разработана поверочная схема СВЧ-влагомеров и встроенные образцовые меры влажности для проверки номинальной градуировочной характеристики СВЧ-влагомеров. В результате обеспечена возможность экспресс-поверки СВЧ-влагомера хлопковых материалов.

6. Разработаны критерии нормативов продолжительности межповерочных интервалов, а также предложены рекомендации по установлению объема представительной выборки сверхвысокочастотных преобразователей влажности. В результате оптимизируется процесс поверки СВЧ-влагомеров.

7. Разработанный СВЧ-влагомер с улучшенными метрологическими характеристиками после проведения опытных испытаний внедрен в

технологической лаборатории хлопкоочистительного завода АО «Карасув пахтатозалаш». В результате полученной достоверной информации о влажности, в процессе переработки хлопковых материалов достигнуто повышение качества перерабатываемой продукции.

**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**

**USMANOVA XULKAR ASADULLAYEVNA**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF METROLOGICAL SUPPORT OF THE  
AUTOMATIC MULTIPURPOSE SUPERHIGH-FREQUENCY HYDROMETER  
OF COTTON MATERIALS**

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

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

**TASHKENT – 2018**

The theme of the Ph.D. in technical sciences was registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2018.2.PhD/T753

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

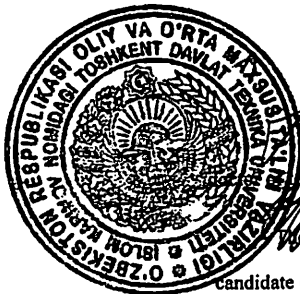
The abstract of the dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz).


<b>Scientific adviser:</b>	<b>Ismatullayev Patkhulla Rakhmatovich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Abduvaliyev Abdulkahkhar Abdulkhaievich</b> doctor of technical sciences, associate professor <b>Uljayev Erkin</b> candidate of technical sciences, associate professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Joint-Stock Company</b> <b>«Paxtasanoat Ilmiy Markazi»</b>

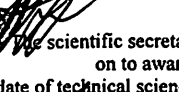
Defence of the dissertation will take place 28 november 2018 in 12-00 hours at a meeting of Scientific council of DSc.27.06.2017.T.03.02 at the Tashkent technical university to the address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Ph. (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz).

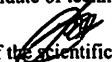
It is possible to study the dissertation in the Information and resource center of the Tashkent state technical university (it is registered № 60. Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Ph: 246-03-41.

The abstract of the dissertation is distributed «14» 11 2018 year.  
(the register of the protocol of mailing № 14 from 30 october 2018 year)



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

  
**J.U. Sevinov**  
The scientific secretary of scientific council  
on to award of academic degrees,  
candidate of technical sciences, associate professor

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

## **INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)**

**The aim of the research work .** The aim of the thesis is to research and develop the metrological support of the Ultrahigh-Frequency Hygrometer of Hypersensitivity, taking into account its metrological characteristics when measuring the humidity of cotton materials.

**The tasks of research:** The following research tasks were solved in the thesis:

- justification as objects of control for microwave moisture meters of structural and organizational states of metrological support in the measurement of humidity;
- determination of the dependence of the output signal of the moisture meter on the moisture content of the material, on the basis of exemplary means of measuring moisture in a production environment - the calibration of the microwave moisture meter;
- determination of the metrological characteristics of the microwave moisture meter of cotton materials by conducting experimental studies;
- drawing up a calibration scheme and the development of elements for rapid calibration of the nominal graduation characteristics of a microwave moisture meter for cotton materials;
- finding ways to improve the metrological support of the microwave moisture meter.

**The object of the research work.** As an object of study, an modified microprocessor-based universal superhigh-frequency method and a device for measuring the humidity of raw cotton and its products.

**The scientific novelty of the study is as follows:**

- synthesized the function of the interaction of the microwave field with a cotton material based on a three-layer model of a wet material (water, dry material and air);

- the metrological characteristics (range and measurement error, sample mass, etc.) of a microwave moisture meter for cotton materials are determined taking into account the effect of informative and non-informative measurement parameters;

- drawing up a calibration scheme and the development of elements for rapid calibration of the nominal calibration characteristics of a microwave moisture meter for cotton materials;

- principles of optimization of metrological assurance of a microwave moisture meter for cotton materials have been developed.

**The introduction of research results.** The ultrahigh-frequency moisture meter with hypersensitivity was introduced at Karasuv Pakhtatosalash JSC, Yangiyul (reference of Uzpakhtasanoat JSC issued on June 28, 2018 №02-18/3901). As a result of obtained reliable information on humidity, in the process of processing cotton materials, electrical energy savings were achieved, high quality measurement of sample moisture in the process of non-destructible measurement method is ensured.

**The outline of the thesis.** The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a bibliography, an applications, and contains 122 pages of body text, 20 figures, 4 tables.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

1. Исматуллаев П.Р., Усманова Х.А., Тургунбаев А. Влагометрия хлопка и хлопковых материалов (Монография). «Fan va texnologiya».- Ташкент, 2017. - 288 с.

2. Usmanova H.A., Boboyev G.G, Turgunbayev A. Methods of Reducing the Influence of the Forms of Communication Moisture to Error Converter. //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol.2, Issue 10, October 2015.India.P.964-969.(05.00.00; №8).

3. Исматуллаев П.Р., Усманова Х.А., Тургунбаев А. Многофункциональное СВЧ-устройство для измерения влажности волокнистых и сыпучих материалов. // «Метрология и приборостроение». – Минск, 2015. №3, С. 45-49. (05.00.00; №53).

4. Усманова Х.А., Исматуллаев П.Р. Обеспечение единства измерений влажности методом сверхвысокочастотной влагометрии твёрдых, сыпучих и волокнистых материалов. Приложение к журналу «Измерительная техника». «Метрология». – Москва, 2016. №4. С.37-43.

5. Усманова Х.А. Теоретические основы диэлькометрического метода измерения влажности. // «Приборы». – Москва, 2017. №7. С. 106-115. (05.00.00; №63).

6. Usmanova Kh.A., Turgunbaev A. Developing a multi-purpose moisture meter on ultra high frequency. // Special Issue International Scientific and Technical Journal. «Chemical technology. Control and management». Uzbekistan ,Tashkent, 2018. №4-5, P. 202-206. (05.00.00; №12).

7. Исматуллаев П.Р., Тургунбаев А., Усманова Х.А. Состояние метрологического обеспечения СВЧ-влагометрии. //Журнал «Standart». Агентство Узстандарт. - Ташкент, 2012. №4. С.20-21.

8. Усманова Х.А., Тургунбаев А. Микропроцессорное сверхвысокочастотное устройство для измерения влажности волокнистых и сыпучих продуктов. // Вестник ТашГТУ. - Ташкент, 2012. № 3-4. С.17-23.

9. Исматуллаев П.Р., Усманова Х.А. Влияние физико-механических свойств хлопка-сырца на электрические характеристики СВЧ-волны. //Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». – Ташкент, 2011. №1. С.80-86 (05.00.00; №12).

10. Усманова Х.А., Тургунбаев А., Исматуллаев П.Р. Исследование строения и состава хлопковых материалов, как объект измерения влажности. // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2014. №1. С. 124-128 (05.00.00; №16).

11. Усманова Х.А., Матякубова П.М. Разработка первичного преобразователя влажности повышенной чувствительности для сыпучих и волокнистых материалов. // Вестник ТашГТУ. Спец. выпуск, - Ташкент, 2015.С.51-56 (05.00.00; №16).

12. Усманова Х.А., Абдурахманова Р.С., Тургунбаев А. Анализ структуры первичных измерительных преобразователей влажности на СВЧ.

// Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2016. С.47- 54 (05.00.00; №16).

13. Ismatullaev P.R., Usmanova H.A., Kalandarov P.I. Microwave moisture metering and problems of metrological softwa. // Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, b-Quadrat Verlag, 2010. P. 191-195.

14. Ismatullaev P. R., Usmanova H.A., A. Turgunbayev. Ultrahigh-frequency transducers moisture without weighing the sample. //World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, b-Quadrat Verlag, 2012.P.175-178.

15. Усманова Х.А., Тургунбаев А. Анализ и классификация материалов, как объектов контроля влажности. // Всероссийская научно-практическая конференция. «Управление качеством в сфере образования, продукции и окружающей среды». Сборник научных докладов, - Бийск, 2014. С.163-166.

16. Усманова Х.А. Анализ общих принципов построения дизелькометрических преобразователей влажности сыпучих и волокнистых материалов. // Современная наука: Тенденции развития. Сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2016. С. 168-173.

17. Усманова Х.А., Исмагуллаев П.Р., Тургунбаев А. Современная метрология и проблемы влагометрии твёрдых и сыпучих материалов // Международная научно-техническая конференция. НГТИ. Сборник научных трудов. – Навои, 2010. С. 250-252.

18. Исмагуллаев П.Р., Усманова Х.А. и др. Заявка на патент Дизелькометрический измеритель влажности № IAP 2012 0030. Положительное решение НТЭ о выдачи патента 12.08.2018.

19. Усманова Х.А., Рахманов А.Т., Машарипов Ш.М. Обработка экспериментальных данных при измерении влажности хлопковых материалов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № DGU 02748 от 08.04.2013.

20. Усманова Х.А., Исмагуллаев П.Р., Ахмедов Б.М., Тургунбаев А. Программа работы СВЧ влагомера. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, № DGU 05597 от 24.08.2018.

Автореферат “ТошДТУ хабарлари” журнали таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари  
ўзаро мувофиқлаштирилди. (10.11.2018 й.)

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

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