

**БУХОРО МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/29.10.2021.Т.101.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ  
ДОН ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ШАХТИ шахридаги  
ХИЗМАТ КЎРСАТИШ ВА ТАДБИРКОРЛИК ИНСТИТУТИ (филиал)**

**СТЕНЬКИНА МАРИЯ ПЕТРОВНА**

**БОШҚАРИЛАДИГАН ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЯЛИ ИССИҚЛИК  
САҚЛОВЧИ КИЙИМНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ВА ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.06.04 – Тикувчилик буюмлари технологияси ва костюм дизайни**

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

**Бухоро–2023**

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

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

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

**Стенькина Мария Петровна**

Бошқариладиган терморегуляция функцияли иссиқлик сақловчи кийимни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш..... 3

**Стенькина Мария Петровна**

Исследование и разработка теплозащитной одежды с функцией управляемой терморегуляции..... 23

**Stenkina Mariya Petrovna**

Research and development of heat-proof clothing with function controlled thermoregulation..... 41

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

**List of published works..... 45**

Диссертация автореферати уч (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) тилда Бухоро муҳандислик технология институти Илмий Кенгашининг веб-саҳифасида ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) ва "ZiyoNet" ахборот – таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Черунова Ирина Викторовна</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Илмий маслаҳатчи:</b>	<b>Ташпулатов Салих Шукурович</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Набижонова Наргиза Насимжоновна</b> техника фанлари доктори, доцент <b>Нутфуллаева Лобар Нуруллаевна</b> PhD доктори, доцент
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Жиззах политехника институти</b>

Диссертацияни ҳимоя қилиш 2023 йил "16" февраль кuni соат 11-00 да, 200100, Бухоро шаҳри, К.Муртазоева кўчаси, 15-уй, Бухоро муҳандислик-технология институти маъмурий биноси, 202-аудитория манзили бўйича жойлашган, Бухоро муҳандислик технология институти қошидаги PhD.03/29.10.2021.Т.101.03 илмий кенгаши йиғилишида бўлиб ўтади, телефон: (+99871) 223-78-83, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz).

Диссертация билан Бухоро муҳандислик-технология институтининг ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (диссертация 418 -сон билан рўйхатдан ўтган) манзил: Бухоро шаҳри, К.Муртазоева кўчаси, 15-уй, тел. (+99871) 223-78-83.

Диссертация автореферати 2023 йил "03" февраль кuni юборилди.  
(9 - сонли тарқатиш баённомаси 2023 йил "03" февраль)

**Х.Қ. Раҳмонов**  
Илмий даражаларни бериш бўйича  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д.,  
профессор

**Р.Х. Нурбоев**  
Илмий даражаларни бериш бўйича  
илмий кенгашнинг илмий котиби,  
т.ф.д., профессор



**М.А. Шарипов**  
Илмий даражаларни бериш бўйича  
илмий кенгаш хўрақидаги илмий  
семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (PhD) фалсафа доктори диссертациясининг реферати)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда тўқимачилик ва енгил саноат соҳасида дунёнинг кўплаб минтақаларида кузатиладиган совуқ циклон трендлари ва қиш фаслидаги паст хароратда кийиладиган тикув буюмларини яратишда қулай конструкция, иссиқликни сақлаш ва соғлиқ учун ҳавфсиз материалларни қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгаллаб келмоқда. «Дунё миқёсида совуқ шароитда кийиладиган тикув буюмларини ишлаб чиқариш бўйича Канада-6,3%, Норвегия-5,7%, АҚШ-7,2%, Финляндия-2,9%, Россия-14,1%, Хитой-16,5% ва Туркия-9,2%ни ташкил этади»<sup>1</sup>. Совуқ шароитда кийиш учун кийимига бўлган талабни ўсиши, махсус кийимларни ишлаб чиқаришда инвестициялар ҳажмини кўпайтириш, иқтисодиётнинг ушбу соҳани ривожлантиришга қаратилган дастурларини амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан қиш ҳамда мавсумлараро даврда очик ҳавода ишлаган вақтда ҳам (масалан, геологлар, темир йўл ва автомобил транспорти ишчилари, нефтчилар, қурувчилар, ФВВ ходимлари, денгизчилар ва бошқ.) махсус кийим қулайлигини ошириш ва эксплуатация даврига мослигини таъминлаш тикувчилик соҳасида муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда тўқимачилик, тикув-трикотаж маҳсулотлари, жумладан иссиқлик сақловчи махсус кийимини ишлаб чиқаришда техника ва технологияларини такомиллаштириш, янгиларини яратиш ҳамда илмий асосларини ривожлантиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада иссиқлик сақловчи махсус кийими сифатини таъминлаш учун юқори гигиеник хусусиятларга эга материалларни яратиш, лойиҳалаш жараёнига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва рационал параметрларни ҳамда илмий асосланган технологияларни ишлаб чиқишга, маҳсулот таннархини пасайтиришга ҳамда ички бозорларнинг эҳтиёжларини тўлиқ қондиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикада тўқимачилик ва енгил саноат соҳасини такомиллаштириш, рақобатбардош, экспортга йўналтирилган ва турли экстремал шароитларда фойдаланишга мўлжалланган тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «...тўқимачилик саноати маҳсулотлари ишлаб чиқариш ҳажмини 2 бараварга кўпайтириш.., мавжуд имкониятларни тўлиқ ишга солган ҳолда маҳаллий саноат тармоқлари экспорт салоҳиятини янада ривожлантириш..»<sup>2</sup> каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, совуқ шароитда фаолият юритувчилар учун ҳаёт ҳавфсизлигини таъминлайдиган иссиқлик сақловчи махсус кийимини сифатини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

<sup>1</sup> <https://www.europages.info>.

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» 2022 йил 28-январдаги ПФ-60-сон Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 16 сентябрдаги ПФ-4453-сон «Енгил саноатни янада ривожлантириш ва тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни рағбатлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2020 йил 5 майдаги ПФ-5989-сон «Тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини қўллаб-қувватлашга доир кечиктириб бўлмайдиган чора-тадбирлар тўғрисида»ги фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика фан ва техникасини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Одамлар учун иссиқликдан ҳимоя қилувчи кийимларни лойиҳалаш муаммоларини ҳал қилишда қўллаб рус ва хорижий олимлар, яъни Афанасьева Р.Ф., Колесников, П.А., Жаворонков А.И., Бринк И.Ю., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш., Бекмурзаев Л.А., Расторгуева Л.Н., Андреева Е.Г., Абрамов А.В., Советников Д.А., Мезенцева Е.В., Бурмистрова О.В., Бессонова Н.Г., Кудрявцев В.И., Лебедева Е.О., Иващенко И.Н., Тунгусова Н.А., Kuklane K., Holmér I., Havenith G., Parsons K., Wang F., Umbach K.H., Angelova R., Stankov P. ва бошқалар ўз ҳиссаларини қўшдилар.

Жаворонков А.И., Никитченко И.И., Власенко О.М., Сорокина Д.Н., Анисимов А.Н., Бабенко Л.Г., Климова Н. А. ва бошқалар терморегуляция элементлари билан кийимларнинг усуллари ва техник ечимларини ишлаб чиқишга ҳисса қўшдилар.

Мазкур тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган махсус кийимлар муайян даражада ижобий натижаларга эришилган ҳолда қўлланилиб келинаётган бўлсада, терморегуляция функциясига эга термал ҳимоя кийимларининг узоқ муддатли совитиш пайтида ўзгарувчан фаоллик шароитида одамнинг иссиқлик ҳолатининг динамик ўзгарувчан кўрсаткичларини ҳисобга олиш ва махсус кийим материаллари пакетига кирадиган ажралмас қисми сифатида алоқа воситаларини совуқдан ҳимоя қилиш бўйича тадқиқотлар етарлича ўтказилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация амалга оширилган олий ўқув юртининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Дон давлат техника университетининг Шахти шахридаги Хизмат кўрсатиш ва тадбиркорлик институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ Россия Федерацияси таълим ва фан вазирлигининг 11.9194.2017/БЧ-сонли “Музлаш шароитлари учун иқлим тоифаларини, механик эскиришнинг табиатини, замонавий юқори устки қисми материалларнинг физик, техник ва микроструктуравий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, шельфнинг Шимолий ҳудудлари саноати учун иссиқликдан ҳимоя қилувчи кийимларни автоматлаштирилган ҳолда лойиҳалашда дастлабки маълумотларни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш”, шунингдек 9732-сонли “Арктик совуқ шароитида

уяли алоқанинг барқарор ишлашини таъминлаш учун ҳимоя қопламасини ишлаб чиқиш” мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** иссиқлик сақловчи махсус кийимни лойиҳалаш янги усуллари яратиш ва ишлаб чиқариш технологик жараёнлари асосида бошқариладиган терморегуляция функциясини тадбиқ қилиш ва иш режимларини асослашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

инсоннинг иссиқлик қулайлигини таъминлаш муаммоларини таҳлил қилиш, узоқ муддатли совуқ иқлим шароитида "Одам-кийим-атроф-муҳит" тизимининг хусусиятларини ва терморегуляция даражаси юқори бўлган иссиқлик сақловчи кийимларни яратиш учун ресурсларни аниқлаш;

янги технологик усуллар асосида функционал қиздириш материаллари ва иссиқлик сақловчи кийим пакетларини тадқиқ этиш ва ишлаб чиқиш;

иссиқлик сақловчи кийимларнинг рационал терморегуляция қилинувчи тузилмалари параметрларини моделлаштириш ва ҳисоблаш учун математик аппарат ишлаб чиқиш;

инсон терморегуляциясининг илғор функцияларига эга бўлган патент билан ҳимояланган янги турдаги иссиқлик сақловчи кийимларни лойиҳалаш, кийимларга интеграциялашган электроникани термал ҳимоя қилиш, шунингдек, кийимни ҳарорат билан бошқариладиган терморегуляция қилинувчи иссиқлик сақловчи мажмуага айлантириш вазифаси учун назарий ва муҳандислик таъминотини ишлаб чиқиш;

иссиқлик сақловчи махсус кийим синовларини ўтказиш ва унинг техник-иктисодий кўрсаткичларини баҳолаш.

**Тадқиқот объекти** сифатида иссиқлик сақловчи махсус кийим ва бошқариладиган терморегуляция жараёни олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** инсон, материал, пакет ва улар учун қисмларнинг термал ҳимоясининг терморегуляция хусусиятларига эга кийимларни лойиҳалаш жараёнлари ҳисобланади.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқотда тизимли ва мантиқий таҳлил, математик статистика, таркибий таҳлил ва алгоритмлаш усуллари, қаттиқ ва деформацияланадиган жисмларда термофизика ва термодинамика жараёнларини рақамли моделлаштириш усуллари, тажрибаларни режалаштириш ва қайта ишлаш усуллари, компьютер графикаси, кийимларни автоматлаштирилган лойиҳалаш усуллари, экспериментал тўқимачилик материалшунослиги усуллари, термал таҳлил усуллари қўлланилган.

Тадқиқот ва ишланмалар қуйидаги компьютер дастурий муҳити ва маҳсулотларидан фойдаланган ҳолда амалга оширилган: Microsoft Office, CorelDraw X3, OpenFOAM, clo3D, COMSOL Multiphysics, CAD «Novo-cut».

**Тадқиқотининг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

"инсон – кийим - автоном функционал алоқа воситалари – совитиш муҳити" тизимининг янги концепцияси яратилган бўлиб, унинг асосида инсон ва унинг хавфсизлиги учун зарур бўлган мобил электрон воситалари учун иссиқлик сақловчи махсус кийим ва терморегуляция қилинувчи асосий

материал, унга нисбатан иссиқлик сақловчи пакет, иситиш тизимини жойлаштириш каналлари каби конструкциялари шакллантирилган;

иссиқлик сақловчи махсус кийим материаллари пакетларининг термофизик хусусиятлари ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда одамнинг термал модели ишлаб чиқилган ва "Инсон-терморегуляция қилинувчи кийим – совутиш муҳити" тизими учун иссиқлик жараёнларини инсон организмнинг термик реакцияларини локализациясини, чиқувчи иссиқлик оқимининг ўзгарувчанлик даражасини ва функционал жиҳатдан боғлиқ бўлган шамол босими таъсири каби омилларни ҳисобга олган ҳолда рақамли моделлаштириш амалга оширилган;

мобил алоқа электрон воситалари учун (иситиладиган ва иситилмайдиган) иссиқлик сақловчи ғилофни сирт ҳароратининг совутиш муҳитининг ҳароратига, шамол тезлигига, намлик даражаси каби омилларга функционал боғлиқлиги аниқланган;

турли хил материаллар учун гибрид контурли қизитиш материаллари(ГКҚМ)нинг термик қаршилиги тобелигининг материалнинг қалинлиги, ишқаланишга чидамлилиги, деформацияланиши каби хоссаларига боғлиқ ҳолда функционал моделлари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

полимер негизнинг лазер деструктурлаш асосида контурли қизитгичларни иссиқлик сақловчи кийимга термопластик елимсиз яхлит ҳолга келтириш йўли билан гибрид контурли қизитиш материалларни (ГКҚМ) олишнинг янги технологик усули асосланган;

замонавий талаб қилинадиган тўқимачилик материалларининг долзарб намуналари аниқланди ва кийимларни бошқариладиган иситиш тизимини яратиш учун механик ва термофизик хусусиятлар нуқтаи назаридан энг самарали пакетлар белгиланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.**

Тадқиқот натижалари илмий тадқиқотларнинг замонавий ва классик усулларидан фойдаланган ҳолда олинган бўлиб, тадқиқотнинг назарий ва экспериментал натижаларига мувофиқлиги, таклиф қилинган ишланмаларни ишлаб чиқаришга жорий этилиши ва ушбу маҳсулотларни ишлаб чиқарувчилар томонидан ижобий баҳоланиши билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий қиймати, бунинг учун инсоннинг термодинамик реакцияларининг хусусиятлари ва локализациясини ҳисобга олган ҳолда ушбу тизимдаги иссиқлик жараёнларини тавсифловчи рақамли моделлаштириш моделлари гуруҳи ва нафақат инсон, балки унинг иссиқлик сақловчи махсус кийимдаги мобил электроника воситалари ҳавфсизлиги учун зарур бўлганлиги, иссиқлик ўтказувчан материалларни юпқа қатламларга контурли интеграциялашнинг янги технологияси асосида ишлаб чиқарилганлиги ва ишлаб чиқарилган кийимларнинг термофизик хусусиятларининг ўрнатилган моделлари ишлаб чиқилганлиги, “Инсон-кийим-автоном функционал алоқа воситалари-совутиш муҳити” тизими асосида терморегуляция қилинувчи

иссиқлик сақловчи махсус кийим лойиҳалашнинг янги концепциясини ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, мобил электрон қурилмалар билан иссиқлик сақловчи махсус кийимларнинг таркиби, параметрлари ва конфигурацияси, технологик таркибий қисмларини аниқлашнинг янги усуллари ва алгоритмлари асосида ишлаб чиқарилганлиги ва ишлаб чиқаришга етказиб берилган махсус иссиқлик сақловчи терморегуляция қилинувчи махсус кийимларнинг кенгайтирилган функционалиги ва совуқда одамни ҳимоя қилиш ва мослашиш даражасининг ошиши мавжуд ассортиментни кўпайтиришга имкон берганлиги, ўрнатилган иситиш тизими (бошқариладиган терморегуляция) мавжуд иссиқлик сақловчи махсус кийимнинг махсус конструкцияларини ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

#### **Тадқиқот натижаларини жорий қилиш.**

Бошқариладиган терморегуляция функцияси билан иссиқликдан ҳимоя қилувчи кийимларни лойиҳалаш жараёнларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

бошқариладиган терморегуляция функцияли иссиқлик сақловчи махсус кийим ва мобил электрон қурилмалари ғилофи таркибий қисмлари ва материаллар пакетларини лойиҳалаш услуги "Техноформ" ТПП МЧЖ корхонасида жорий этилди (1105/1-сонли, 2021 йил 28-декабрдаги расмий хати). Натижада, мазкур ассортиментни ишлаб чиқариш харажатларини сезиларли даражада камайтириш ва маҳсулот нархини импорт нархига нисбатан 1,4 баробар арзонлаштиришга эришилган;

бошқариладиган терморегуляцияли иссиқлик сақловчи махсус костюмнинг яратилган конструкциялари, унинг пакет ва қисмларига материалларни бутлаш бўйича тавсиялар, паст ҳарорат режимида иш шароитлари учун терморегуляция (кийимларни автоматик иситиш элементлари) тизимига эга бўлган махсус кийимлар "БВН инжиниринг" МЧЖ корхонасида жорий этилди (271-сонли 2021-йил 29-декабрдаги расмий хати).\_\_Натижада кийим комплектини ишлаб чиқишда кийим деталларини рационал жойлашмасини қўлланилиши ва хомашё сарф харажатлари камайиши натижасида ишлаб чиқариш самарадорлигини 5%га ошириш имкони яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 16 та илмий-амалий конференцияларда, шунингдек 15 та халқаро ва 1 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган ва маъқулланган.

**Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 35 та илмий нашр мавжуд, шу жумладан: Россия Федерацияси ва Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияларининг диссертация тадқиқотларининг асосий илмий натижаларини нашр этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 5 та иш, SCOPUS халқаро базасида индексланган хорижий нашрларда 4 та мақола, бошқа нашрлар (журнал ва конференция материаллари)да 19 та мақола ва Россия Федерациясининг sanoat mulki федерал институтида рўйхатдан ўтган 3 та патент: ихтиро учун RU 2711059-

сонли, фойдали модел учун RU 197847-сонли, фойдали модел учун RU 194096-сонли патентлар олинган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ.

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объектлари ва предмети тавсифланган, Республика фан ва технологиялар 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 илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **"Узоқ муддатли совуқ иқлим шароитида инсоннинг иссиқлик қулайлигини таъминлашнинг муаммолари ва манбалари"** деб номланган биринчи бобида совуқ муҳитининг табиий-иқлимий хавф омиллари ўрганиб чиқилган, уларнинг таҳлили шуни кўрсатдики, совуқ муҳит омиллар комбинацияси билан белгиланади (паст ҳаво ҳарорати, ҳавонинг нисбий намлиги, шамол тезлиги) ва сайёрамизнинг кўплаб мамлакатлари, шимолий ва тоғли худудлари, Жанубий мамлакатларнинг қиш даври учун хосдир ва айниқса ҳозирги вақтда Арктика минтақаси учун муҳимдир.

Совуқнинг одамга таъсир қилиш давлари нафақат турли хил жисмоний фаоллик интенсивлигидаги одамнинг ҳаётини фаолиятига, балки одамнинг терморегуляцияси уйғониш давридан (циркадли ритмдан) фарқ қиладиган дам олиш ва ҳатто ухлаш даврига ҳам таъсир қилиши мумкинлиги аниқланди. Фавқулодда вазиятларда одамнинг совуқ шароитида бўлиш вақти кўпаяди, танада ҳаддан ташқари совуқ кучланиш пайдо бўлади. Бунда инсон танасининг физиологик терморегуляцияси имкониятлари чекланган. Натижада, 1-расмда кўрсатилганидек, кийимдаги одамни терморегуляция қилиш усуллариининг кўп даражали таснифи ишлаб чиқилди, унда физиологик ва хулқ-атвор (сунъий) терморегуляция таъкидланган, бу ерда кийимдаги терморегуляцияни таъминлаш усулига қараб даража батафсил баён этилган.

Чет элларда терморегуляция функциясига эга бўлган иссиқлик сақловчи махсус кийим ва мавжуд илмий ютуқлари, ишланмаларини таҳлил қилиш уларда узоқ вақт совуқ пайтида ўзгарувчан фаолият шароитида одамнинг иссиқлик ҳолатининг динамик равишда ўзгариб турадиган кўрсаткичларини ҳисобга олишнинг чекланганлигини, мавжуд иситиш воситалари эса ўртача иссиқлик таъминоти параметрларига эга эканлигини тасдиқлайди, бу нафақат унинг нуқсонига, балки, юқори энергия сарфини ва иссиқлик сақловчи кийимдаги одамнинг иссиқлик балансининг умумий самарасиз кўрсаткичларини шакллантириб, қизиқ кетишига олиб келади.



**1-расм. Кийимдаги одамнинг терморегуляция қилиниш усуллари таснифи**

Ҳозирги замонда совуқ ҳаёт шароитида, айниқса узоқ муддатли автоном совуқ шароитида инсон хавфсизлиги кўпинча электрон алоқа воситалари томонидан қўллаб-қувватланилиши аниқланган.

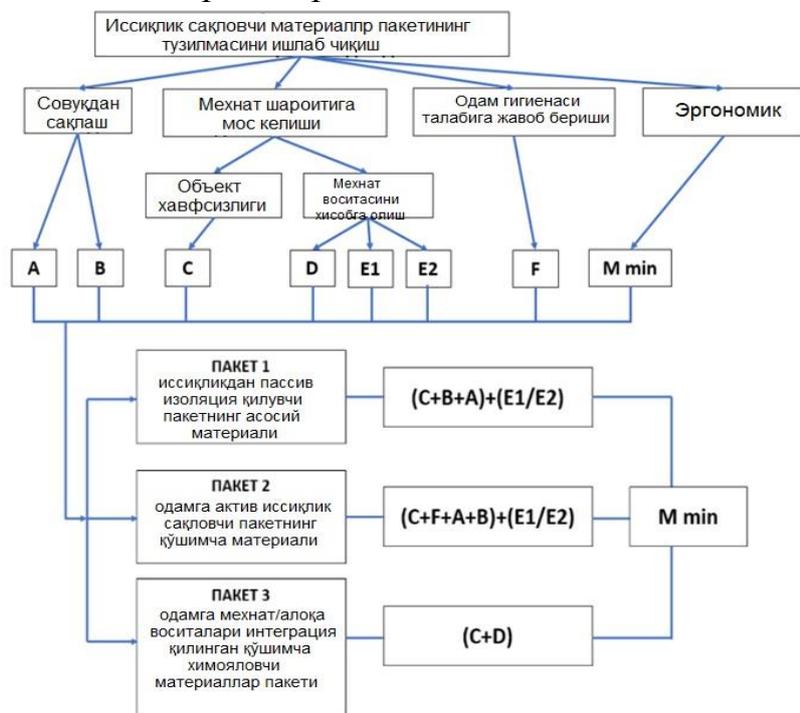
Улар кийимларнинг махсус қисмларига (чўнтаклар ёки бошқа конструктив бўлинмаларига) жойлаштирилиши ҳисобга олинган ҳолда, электрон алоқа (алоқа) қурилмаларини иссиқлик сақловчи кийим тизими билан жорий бириктириш бўйича янги концепция яратилди ва таклиф қилинди.

Ушбу концепция "Инсон-кийим-ҳаёт фаолиятини қўллаб-қувватлашнинг автоном функционал тизимлари (алоқа воситалари) - соғутиш муҳити" тизимини ўрганиш ва ишлаб чиқиш зарурлигини аниқлашга имкон берди, унда нафақат одамлар учун, балки кийимда зарур бўлган мобил электрон воситалари учун ҳам термал ҳимоя ва терморегуляция талаб қилинади. Умумий фойдаланиш учун ҳам, шахсий ҳимоя воситаларида (ШХВ) фойдаланиш учун ҳам кўриб чиқилаётган иш шароитлари учун талаб қилинадиган замонавий тўқимачилик материаллари (устки материаллар, изоляция материаллари ва астар материаллари)нинг замонавий намуналари аниқланди, ўрганилди ва тизимлаштирилди. Материаллар учун ўрнатилган параметрлар ва хусусиятлар, технологик жараёнларни тўғридан-тўғри ишлаб чиқариш ва ишлаб чиқиш босқичида ҳам, ахборот таъминотининг таркибий қисмлари сифатида назарий ўрганиш босқичида ҳам (шу жумладан математик моделлаштириш усулларидан фойдаланган ҳолда) жуда зарурдир.

Материалшунослик, кимёвий технологиялар ва электротехника соҳасидаги замонавий ютуқларни таҳлил қилиш асосида бошқариладиган иситиш тизимини яратиш учун тикув буюмлари технологияси соҳасида янги ва кам ўрганилган кийимларни йўналтирилган иситиш учун замонавий функционал материаллар тизимлаштирилди ва асосланди, шунинг учун улар қўшимча тадқиқотлар талаб қилади.

Диссертациянинг «**Функционал қиздириш материаллари ва иссиқлик сақловчи терморегуляция қилинувчи кийим пакетларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш**» деб номланган иккинчи бобида, терморегуляция қилинувчи иссиқлик сақловчи кийимлар учун материаллар пакетларини шакллантиришнинг мантиқий тузилиши ишлаб чиқилган бўлиб (2-расм), унда

терморегуляция қилинадиган элементни жойлаштириш кетма-кетлигига қараб 4 турдаги пассив ва фаол термал ҳимояга эга пакетларни яратиш тамойиллари ишлаб чиқилган. 3 турдаги пакетлар (П1 - пассив ҳимоя материалларининг асосий пакети / иситишсиз); П2 - одамни фаол термал ҳимоя қилиш учун қўшимча материаллар пакети / иситиш билан;



A – иссиқлик ўтказмайдиған толали материал, B – қиздирувчи материал, C – саноат хавфсизлиги талабларига ёки бошқа эксплуатация шaroитларига мувофиқ устки қисм матолари, D – кийимга интеграция қилинган меҳнат фаолияти элементларининг ишончилиги ва хавфсизлигини таъминлаш учун материаллар (алоқа воситалари), E1 – корпоратив рангли устки материаллари, E2 – кўриниш даражаси юкори материаллар, F – гигиеник талабларга мувофиқ материаллар, M min – маҳсулот пакетларининг умумий оғирлигини камайтирадиған материаллар.

**2-расм. Терморегуляция қилинувчи иссиқлик сақлайдиған кийим учун материал пакетларини ишлаб чиқиш учун мантиқий тузилма**

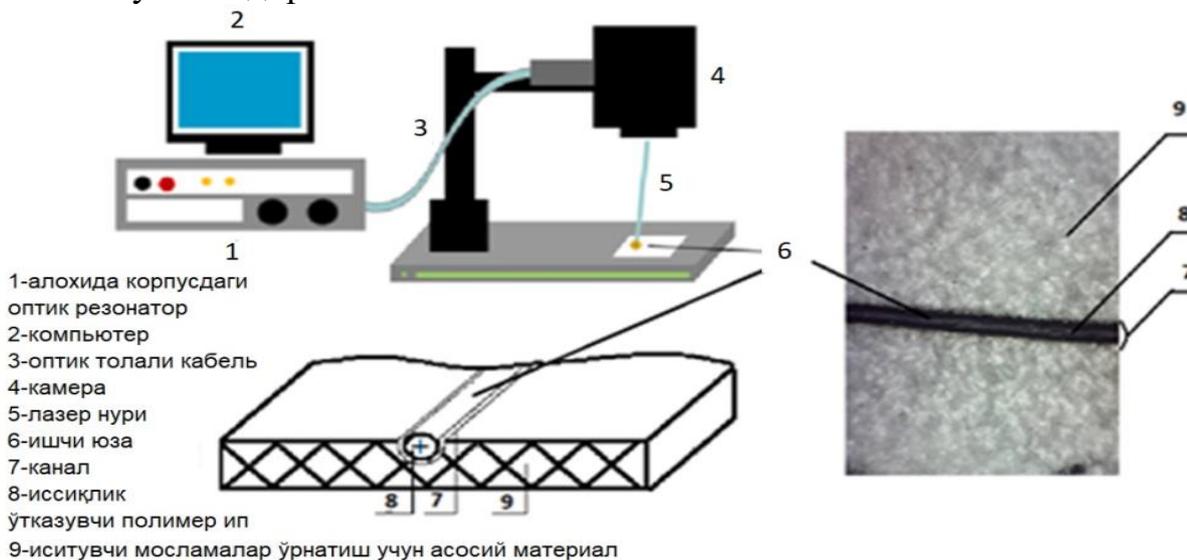
П3 - кийимга интеграцияланган электрон мобил коммуникация / алоқа воситаларини маҳаллий ҳимоя қилиш учун қўшимча материаллар пакети) совуқдан ҳимоя қилишнинг, иш фаолияти, гигиена ва эргономиканинг умумий мезонларига жавоб беради ва терморегуляция функцияси бўлган кийимни лойиҳалаштириш тизимларида ишлатилиши мумкин. П2 ва П3 пакетларида эргономик қиздириш қатламини таъминлаш учун бир вақтнинг ўзида иссиқликни ўтказиш пайтида

асосий материални маълум бир контур бўйлаб лазер билан деструкция қилиш асосида иссиқлик сақловчи кийимнинг материалларига контурли полимер иситгичларни термопластик элимсиз интеграциялашнинг янги усули таклиф этилади ва ҳосил бўлган каналга ипларни ўтказиш.

Лазер таъсирида асос материалининг қисқа муддатли юкори ҳароратли қиздирилиши туфайли контакт юзанинг юпқа қатлами эриши билан иссиқлик ўтказувчан полимер иплар каналга бириктирилади. Бундай технология лазерли ўйма ускуналар ва янги гибрид контур-қиздириш материаллари (ГКХМ) бўлган экспериментал намуналарни олиш (3-расм) ёрдамида синовдан ўтказилди.

Тавсия этилган усул бўйича технологик ишлов беришдан сўнг деталларнинг шакли деформациясига асосий материал турининг таъсири

экспериментал равишда аниқланди, бунда материаллар намуналарининг ҳақиқий ўлчамларининг лойиҳалаштирилганидан максимал оғиши кўпикли резина учун 4%, табиий ва сунъий тери учун 0,5%, силикон пластина учун 0,5% ни ташкил этди, бу ГҚҚМ дан терморегуляция қилувчи кийим элементларининг контурини лойиҳалашда эътиборга олиниши керак бўлган техник тузатишдир.



### 3-расм. Кийим учун янги гибрид контур-қиздириш материали схемаси ва тажрибавий намунаси

Иссиқликни сақлаш нуқтаи назаридан ГҚҚМнинг энг самарали вариантларини аниқлаш учун намуналарни иситиш ва совутиш вақтини баҳолаш учун қиёсий экспериментал тадқиқотлар ўтказилди. Аниқланишича, ўтказилган қиздириш иплари бўлган кўпикли резина асосидаги деталлар, материалнинг структурасига тўқилган қиздириш иплари билан махсус тайёрланган трикотажд деталларга нисбатан, 14% га тезлаштирилган қиздириш режими ва 20% га чўзилган совутиш режими билан тавсифланади, бу ГҚҚМ учун мумкин бўлган асос сифатида кўпикли резина фойдасига янада самарали иссиқлик тежовчи эффектни кўрсатади.

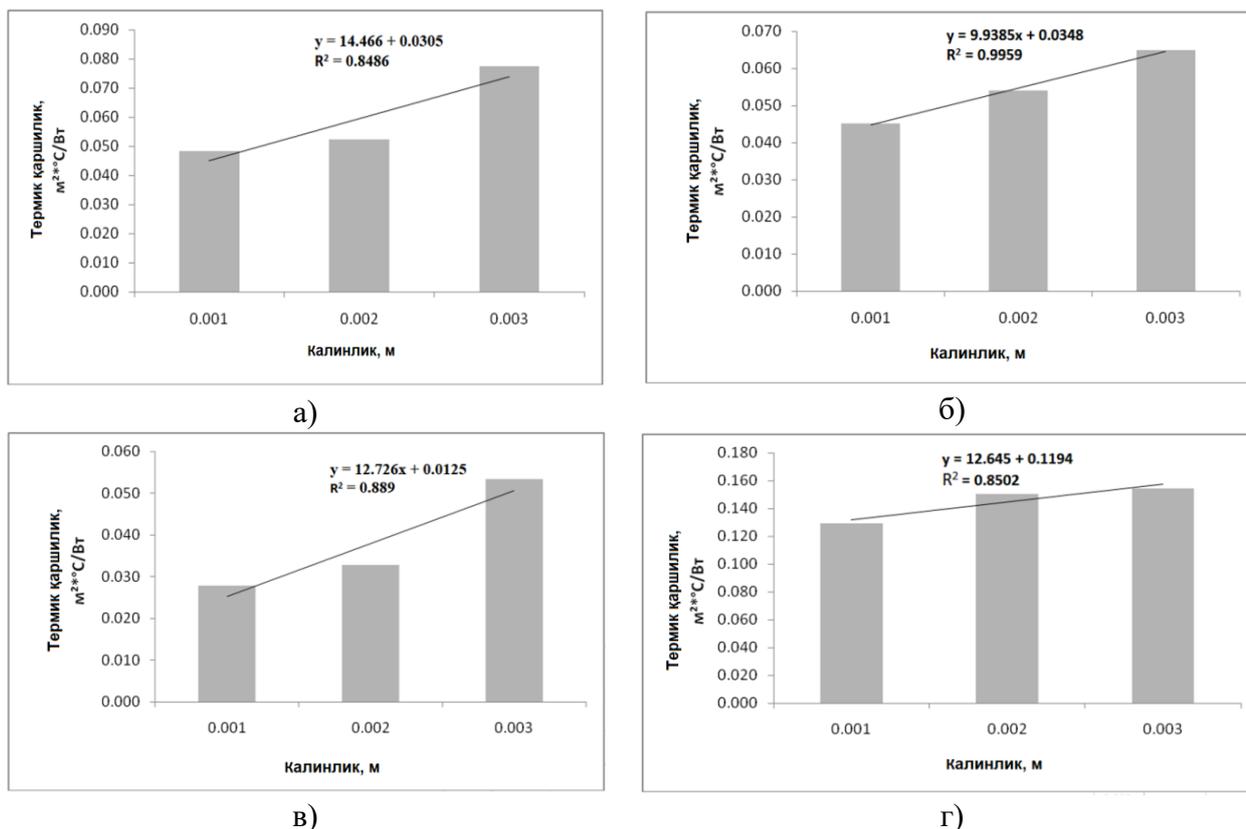
ГҚҚМ асосидаги кўпикли резина ва силикон пластина технологик деформацияланган намуналарни чўзувчи кучлар остида синовдан ўтказишда мустаҳкамликни йўқотмаслиги аниқланди. Бунда, қалинлиги 1 мм бўлган табиий тери технологик жиҳатдан қайта ишланган материалнинг чўзувчи кучларга нисбатан энг паст чидамли материал бўлиб чиқди, бу турли соҳаларда структуранинг кўп учрайдиган ҳар хиллиги билан изоҳланади, шунинг учун ушбу материалдан фойдаланиш бундай деталларни чўзилиш кучларига энг кам дучор бўлган кийим жойларида, шу жумладан электрон алоқа мосламаларини жойлаштириш билан (ПЗ) турдаги материаллар пакетларида локализация қилишни талаб қилади.

Технологик қайта ишланган ГҚҚМ материалларининг механик ишлаш хусусиятларининг экспериментал тадқиқотлари шуни кўрсатдики, ГҚҚМ асоси учун ишқаланишга энг бардошли материаллар 3 мм қалинликдаги сунъий тери (6139 цикл) ва 3 мм қалинликдаги табиий тери (6114 цикл) бўлиб, уларни

эксплуатацион ишқаланиш кучайган жойларда кийим деталлари учун (П2) турдаги пакетларда ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Янги ГҚҚМнинг иссиқлик хусусиятларини ўрганиш натижалари умумий мантиқий трендни тасдиқлади, бунда материалларнинг қалинлиги ошиши билан термик қаршилиқ ҳам ортади. Асоснинг турли хил материаллари учун ГҚҚМнинг иссиқлик қаршилигининг қалинликка мос келадиган боғлиқликларининг графиклари ва математик функциялари олинган (4-расм). Силикон пластина ва қалинлиги 0,003 м табиий тери асосида олинган ГҚҚМ бошқа ўрганилган намуналарга қараганда яхшироқ иссиқлик изоляцияси хусусиятларига эга ва кийимнинг ички томонини совутиш хавфи юқори бўлган зоналарда кийим пакетлари, шу жумладан (П2) ва (П3) пакет турлари учун тавсия этилади.

Замонавий иситгичларни ўрганиш натижалари ва ГҚҚМ бўйича экспериментал маълумотлар тахлили асосида, комбинацияланган пакетларнинг вариантлари ишлаб чиқилган, тайёрланган ва ўрганилган, улар орасида пакетлар (В - силикон пластина + холлофайбер), (Г - табиий тери + шелтер), (Е – табиий тери + холлофайбер) иссиқлик сақловчи кийимнинг қобиғининг ички терморегуляция қилувчи қатламлари сифатида фойдаланиш учун энг юқори иссиқлик изоляцияси хусусиятларини кўрсатди.

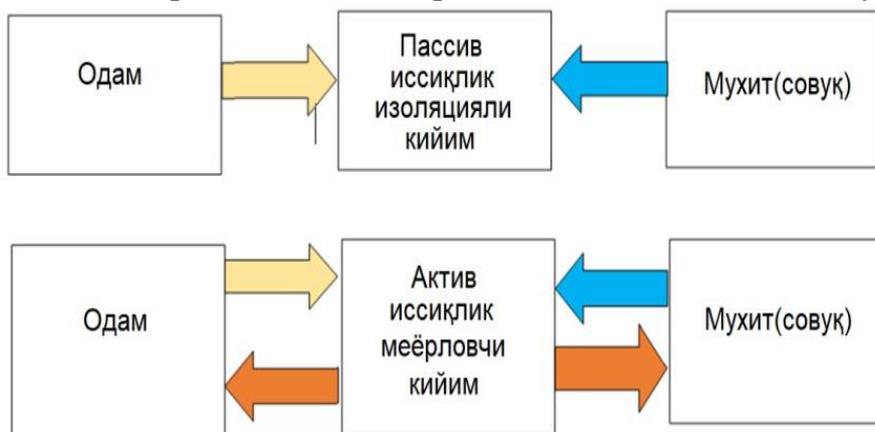


**4-расм. Материалларнинг иссиқликка чидамлилиги:** а) - табиий тери, б) - сунъий тери, с) - кўпикли резина, д) - силикон пластина

Тадқиқот натижалари зарур технологик операциялар сонини камайтириш ва материал сарфини ҳамда деталларда контур схемалар бўйича қиздирувчи материалларни ўтқизиш бўйича меҳнат вақтини қисқартириш билан бирга

иссиқлик сақловчи кийимнинг терморегуляция қилувчи қисмлари учун гибрид контур-қиздириш материаллари ва уларнинг пакетларини яратишнинг янги технологик усулини асослаш, ишлаб чиқиш ва қўллаш имконини берди. Бу ҳолда, бундай деталлар қўшимча равишда инсоннинг ўзи ва унинг электрон алоқа воситалари учун термал ҳимояни таъминлашни ҳисобга олган ҳолда, одамга етишмаётган иссиқликнинг миқдори ва моменти тўғрисида керакли маълумотларни аниқлашни талаб қилади.

Диссертациянинг **“Интеграцияланган мобил қурилмалар билан иссиқлик сақловчи кийимдаги сунъий терморегуляция тизимини назарий асослаш”** деб номланган учинчи бобда, совуқ муҳит шароитларини, физиологияни, материалларнинг хусусиятларини, одамни ва унинг алоқа воситаларини совуқдан комплекс ҳимоя қилиш концепциясининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда кийимдаги одам учун зарур бўлган иссиқлик таъминотини тақсимлаш тизимининг рақамли математик моделлаштирилиши ва ишлаб чиқилиши бажарилди. 5-расмда кийим кийган одам атрофидаги иссиқлик оқимларининг йўналиши ва кесишиш хусусиятлари кўрсатилган "Одам-иссиқлик сақловчи кийими-атроф-муҳит" тизимидаги иссиқлик жараёнларини математик моделлаштиришнинг асосий тамойилларини шакллантиришнинг асосий схемаси кўрсатилган.

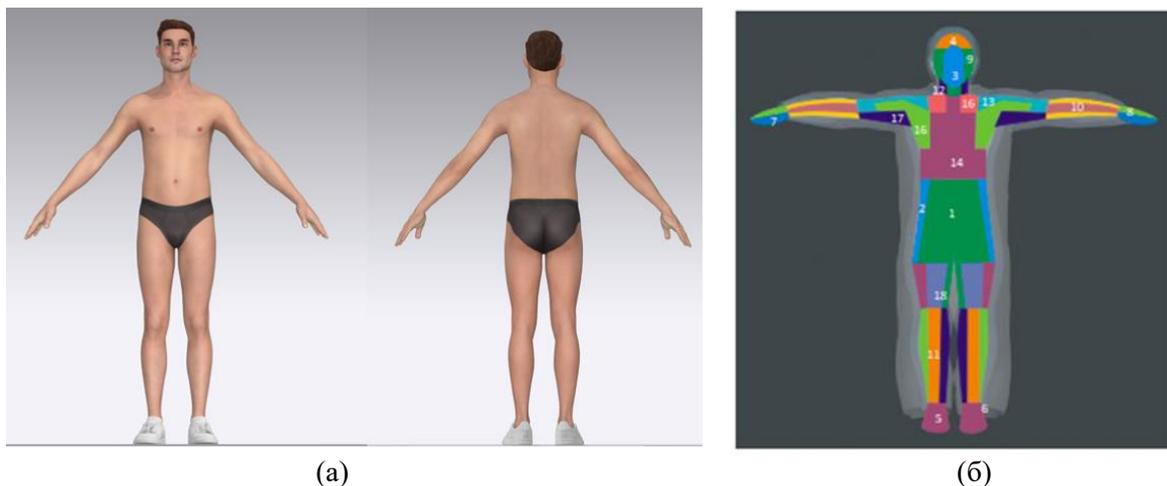


Эркаклар типик қомати антропометрик ўлчамлари асосида одам танасининг рақамли модели clo3d дастурий муҳити асосида ишлаб чиқилган (6, а расм) ва ва OpenFOAM дастурий платформасида

**5-расм. Локал иситиш даврида иссиқликнинг тарқалиш схемаси**

мультифизик жараёнларни рақамли моделлаштириш муҳитига интеграциялаштирилди. Одам танасининг иссиқлик модели унинг биофизик параметрлари асосида коррективировка қилиниб, ишончлилиги оширилди.

Сўнгра OpenFOAM дастурий муҳитида инсон танаси моделидан иссиқлик оқимини моделлаштириш бўйича ишлар олиб борилди. Инсон танасидан иссиқлик оқимининг бир текис бўлмаган тақсимоти белгиланди, бу тана сиртини алоҳида 34 та (жумладан, симметрик) сегментга бўлинишини белгилади (6-расм, б), сегментлар бир биридан иссиқлик хусусиятлари ва шунга мос равишда иссиқлик изоляциясига қўйиладиган талаблар билан фарқланади.



**6-расм. Зоналанган кийим юзаси учун иссиқлик алмашинуви жараёнларини рақамли моделлаштириш тизимида одам (а) ва кийимдаги одамнинг рақамли 3D моделлари**

OpenFoam муҳитида иссиқлик-масса алмашинуви назариясига асосланган ҳолда тана модели юзасида мос келадиган ҳароратни аниқлаш учун ҳисоб-китоблар амалга оширилди (1)

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + f \quad (1)$$

бу ерда  $C_p$ , солиштирма иссиқлик сифими, Дж/(кг·°C);  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·°C;  $\rho$  – зичлик, кг/м<sup>3</sup>;  $f$  – иссиқлик ишлаб чиқариш функцияси.

Қуйидаги чегара шароитларда:  $\dot{q} = \dot{q}_{specified}$  инсон танасида,  $T = T_{air}$  (иссиқлик тизимининг одам танасидан 5 м. масофага ўрнатилган).

1-жадвалда атроф-муҳит ҳарорати -22°C бўлганда ва 30 мм қалинликдаги иссиқлик сақловчи кийимдаги одам модел танасидаги ҳароратнинг тақсимланиши (қўшимча иситиш манбалари бўлмаган кийимлар, одамни совуқдан изоляция қилишнинг пассив тизими) рақамли моделлаштириш натижалари келтирилган.

Назарий ва жисмоний тажриба натижалар ўртасидаги тафовут 5% атрофида аниқланди. Бу инсон танасининг ишлаб чиқилган термал моделига етарлича ишончни кўрсатади, ушбу моделни моделлаштириш ва кийимдаги сунъий иситишнинг зарур манбаларининг параметрларини ҳисоблаш учун ишлатиш имконини беради.

Моделлаштиришнинг кейинги босқичида шамолнинг кийим юзасига таъсири ва унинг хусусиятлари ҳисобга олинди. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти натижалари  $\Delta P$  ортиқча босим функцияси сифатида қуйидаги полином шаклида тахмин қилинади:

$$\lambda = 0,22 + c_1 \Delta P + c_2 \Delta P^2 \quad (2)$$

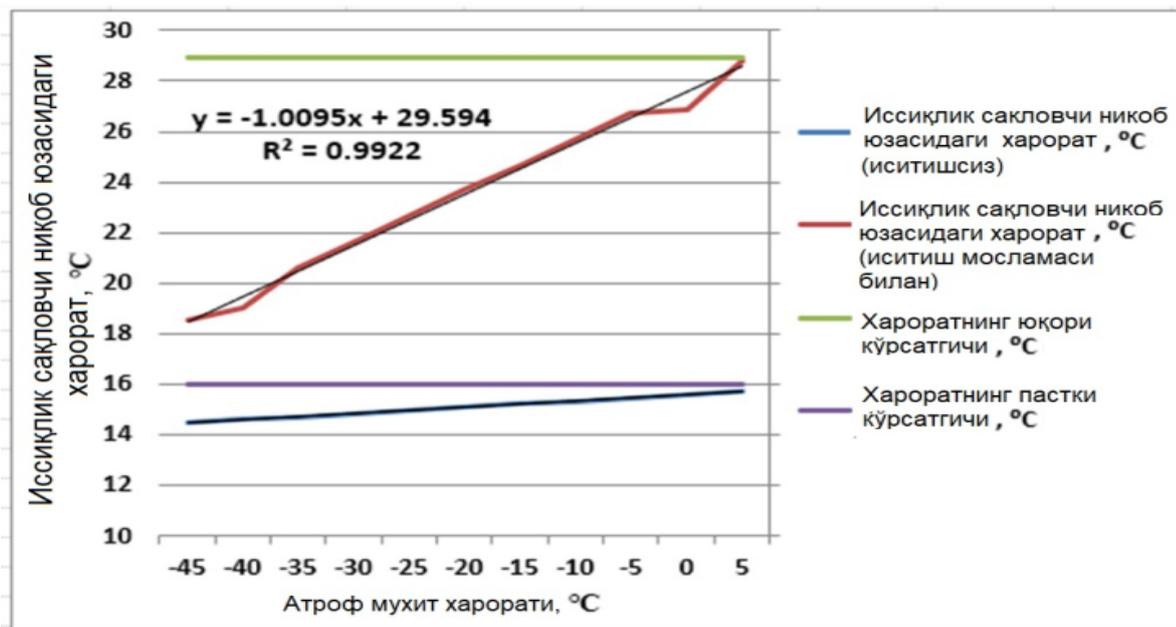
**1-жадвал.**  
**Инсон танасининг термал моделини оптималлаштириш тизимидаги рақамли моделлаштириш натижалари (атроф-муҳит ҳарорати -22°C, қўшимча иситиш манбалари бўлмаган кийимлар, қалинлиги 30 мм).**

Иссиқлик сақловчи кийимдаги инсон қомати термал модели зонасининг № (6, б расм)	Зонанинг умумий иссиқлик оқими, Вт
1	2,74
2	1,84
3	0,34
4	0,39
5	1,76
6	0,56
7	0,70
8	0,68
9	0,16
10	2,57
11	3,19
12	0,46
13	0,52
14	2,07
15	1,65
16	2,35
17	0,06
18	3,97

«Одам-иссиқлик сақловчи кийим-муҳит» тизимида иссиқлик алмашинуви жараёнларини моделлаштириш натижаси инсоннинг белгиланган ҳарорат шароитида туриши учун зарур бўлган иссиқлик таъминотини зонал тақсимлаш тизими ишлаб чиқилди.

«Тикув маҳсулотининг иссиқлик сақловчи қисми - электрон алоқа қурилмаси - атроф-муҳит» тизимининг компонентларининг иссиқлик таъсирини баҳолаш учун модел ишлаб чиқилди ва ҳисоб-китоблар амалга оширилди, бу тизим учун электрон алоқа воситаси бўлган иссиқлик сақловчи ғилофнинг геометрик модели

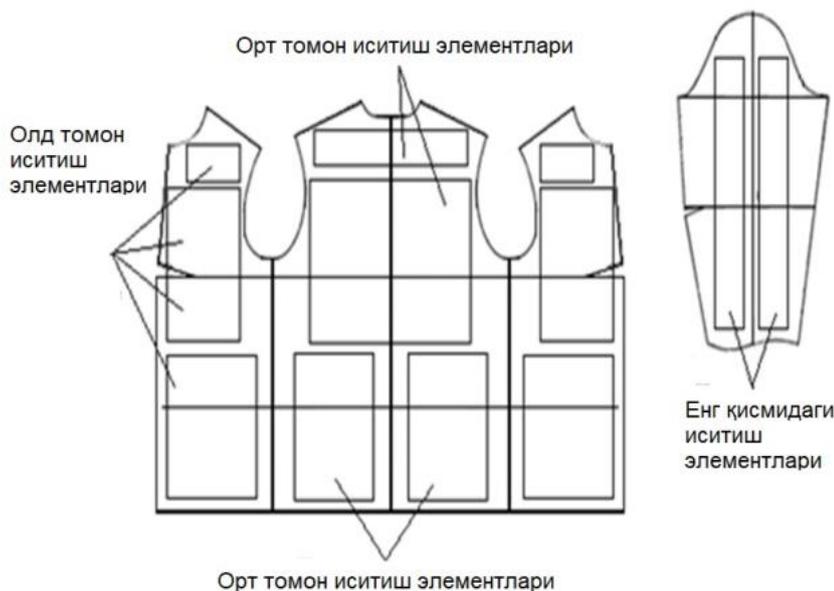
яратилган. “Иссиқлик сақловчи ғилоф – электрон алоқа қурилмаси – атроф-муҳит” тизимида иссиқлик алмашинуви жараёнини математик моделлаштиришни амалга ошириш алгоритми ишлаб чиқилди.



**7-расм. Иссиқлик сақловчи ғилофнинг сирт ҳароратининг (иситиш билан ва иситишсиз) совутиш муҳити ҳароратига боғлиқлиги**

Ўрганилаётган тизимни моделлаштириш натижасида иссиқлик сақловчи ғилофнинг сирт ҳароратининг (иситиш билан ва иситишсиз) совутиш муҳити ҳароратига боғлиқлиги аниқланди (7-расм). Математик моделлаштириш жараёнида олинган иситиладиган ғилофнинг сирт ҳарорати рухсат этилган даражадан ошмаслиги ва иситишсиз иссиқлик сақловчи ғилофнинг сирт ҳарорати алоқа мосламасининг тўлиқ ишламай қолиши эҳтимоли юқори бўлган шароитда эканлиги аниқланди.

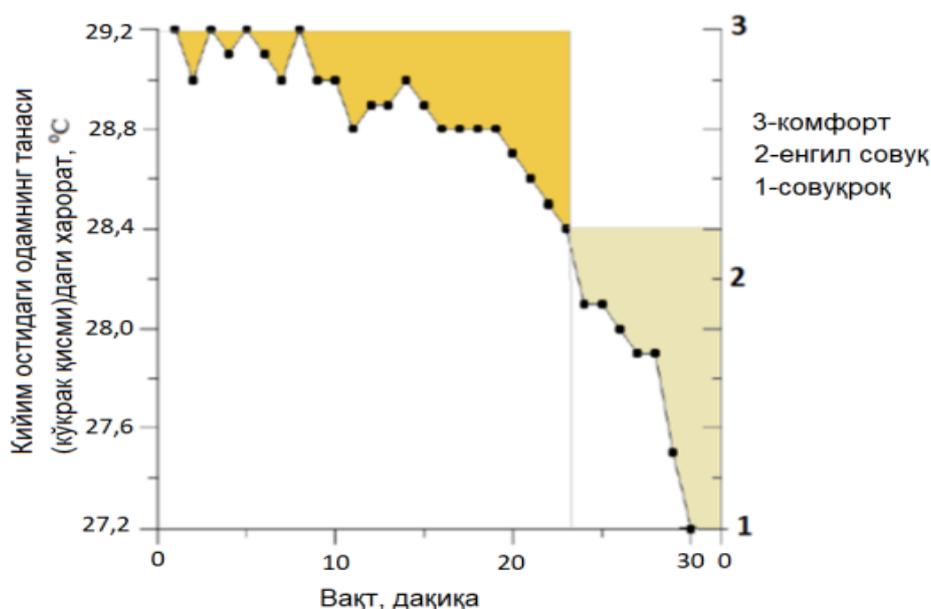
Диссертациянинг “**Бошқариладиган терморегуляция функциясига эга бўлган иссиқлик сақловчи тикув буюмларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш**” деб номланган тўртинчи бобда табиий совуқ шароитда бошқариладиган терморегуляция функциясига эга бўлган иссиқлик сақловчи кийимларнинг экспериментал тадқиқотлари ўтказилди. Математик моделлаштириш натижалари бўйича аниқланадиган зонали иссиқлик оқимларини тақсимланган ҳолда узатишнинг ишлаб чиқилган тизими асосида иссиқлик сақловчи куртка ишлаб чиқилган бўлиб, унда ички терморегуляция қатлами схема бўйича ГҚҚМдан тузилган деталларнинг тартибли тизимидир (8-расм). Куртка параметрлари математик моделнинг параметрларига мос келади. «Автоматик терморегуляцияли куртка» RU 194096 сонли фойдали модел учун Россия Федерацияси Патенти билан ҳимояланган.



**8-расм. Эркақлар учун иссиқлик сақловчи куртканинг иситиш элементларининг жойлашув схемаси**

Ишлаб чиқилган моделларнинг валидацияси ва эришилган инсоннинг термал ҳимояси сифати Россия Федерациясининг Заполярье зонасида табиий климатик совуқда  $-40^{\circ}\text{C}$  ҳароратда ва 10-12 м/с шамолда ўрганилди. 9-расмда совуқда, тик турган ҳолда, ҳаракатнинг тўлиқ йўқлигида кийимда турган одамнинг термал ҳолатининг динамикасини акс эттирувчи график кўрсатилган.

Жисмоний тажрибалари натижалари ишлаб чиқилган математик моделларни валидациялаш, шунингдек, иссиқлик сақловчи кийимдаги



**9-рasm. Терморегуляция қилувчи иссиқлик сақловчи курткани натура тадқиқ қилиш натижалари (термал ҳолатнинг совутилган ноқулайлик зонасига ўтиш динамикаси)**

«мослашувчан» иситиш ва терморегуляциянинг ишлаб чиқилган тизими совуқ ҳавода узлуксиз ишлаш учун белгиланган меъёрларга нисбатан 2 баравардан кўпроқ вақт мобайнида ўта қаттиқ совуқ шароитларда, ҳатто минимал термал жисмоний фаоллик билан ҳам одамнинг хавфсиз узлуксиз ишлашига имкон беришини аниқлашга ёрдам берди.

Янги ГКҚМдан фойдаланган ҳолда терморегуляция функциясига эга тикув маҳсулотларининг янги турлари ишлаб чиқилди ва тадқиқ қилинди: мобил электроника учун иссиқлик сақловчи ғилоф (Россия Федерациясининг фойдали моделга патенти № RU 197847). Совуқ шароитларда кун давомида циркад ритмларни ҳисобга олган ҳолда иссиқлик сақловчи кийимлардан функционал фойдаланиш диапазонини кенгайтириш концепциясини амалга ошириш ишлаб чиқилган тикув маҳсулоти-трансформер билан ифодаланди. Маҳсулотни (куртка) ухлаш копига трансформация қилинганида, терморегуляция қилинувчи мобил модул ўз ҳолатини ўзгартиради ва шу билан иситиш соҳаси бадандан оёқларга йўналтирилади, бу совуқ шароитда уйқу пайтида инсоннинг зарур терморегуляциясини таъминлаш учун айниқса муҳимдир. Бундай трансформер кийимнинг ишлаши ва кийим ости соҳасининг қулайлигини назорат қилиш учун сезиладиган ҳароратнинг шамол тезлигига кийимнинг иссиқлик изоляциясига; инсон танасининг сирт майдонига; юрак уриш тезлигига; кийим остидаги термал мувозанатнинг иссиқлик чегарасини назорат қилиш даражасини бошқариш учун қўлланиладиган кийим остидаги ҳавонинг нисбий намлигига функционал боғлиқлиги ишлаб чиқилган, ишлаб чиқариш корхонаси учун муҳандислик таъминотининг ишлаб чиқилган элементлари билан қўллаб-қувватланадиган трансформация қилинувчи иссиқлик сақловчи кийимнинг терморегуляциянинг автоматик тизимининг ишлаши алгоритмига киритилган. «Инсоннинг мобил ҳимояси учун

трансформацияланувчи куртқа» маҳсулоти учун Россия Федерациясининг ихтирога патенти № RU 2711059 олинган.

## ХУЛОСА

Бошқариладиган терморегуляция функцияли иссиқлик сақловчи кийимни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш борасида олиб борилган тадқиқотлардан олинган натижаларни тахлили асосида қуйидаги хулоса ва тавсияларни келтириш мумкин:

1. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида совуқ муҳит турли омилларнинг (паст ҳаво ҳарорати, ҳавонинг нисбий намлиги, шамол тезлиги) комбинацияси билан белгиланиши ва кун давомида одамнинг оғир жисмоний ҳаракатларидан тортиб, одамнинг терморегуляцияси сезиларли даражада фарқ қилувчи ва терморегуляция қилинувчи кийимда тегишли ечимларни талаб қилувчи уйқу ҳолатигача (циркад ритм) инсоннинг кун давомидаги турли даражадаги фаоллиги билан бирлаштирилиши мумкинлиги аниқланди.

2. «Инсон - кийим - автоном функционал коммуникация мосламалари - совутиш муҳити» тизимининг янги концепцияси ишлаб чиқилди, асосланди, ва таклиф қилинди, унинг асосида нафақат инсон учун, балки унинг хавфсизлиги учун зарур бўлган кийимдаги мобил электроника воситалари учун иссиқликни сақлаш ва терморегуляция лойиҳаси ҳам шакллантирилди.

3. Актуал материаллар ўрганилди ва қўшимча равишда тадқиқ қилинди, уларнинг пакетлари ишлаб чиқилди ва тадқиқ қилинди, инсон ва электрон воситаларни совуқдан ҳимоя қилишни ҳисобга олган ҳолда иссиқлик сақловчи кийимдаги материалларнинг устувор вариантлари бўйича бир қатор хусусиятлар аниқланди тавсиялар шакллантирилди.

4. Кийимга керакли иссиқликни етказиб берувчи локал-зоналаштирилган тизимни шакллантириш учун зарур бўлган гибрид контур-қиздириш материалларини (ГКҚМ) олишнинг янги технологик усули таклиф қилинди ва синовдан ўтказилди – материалларини лазер билан деструктуризация қилишга асосланган бу тизим контур иситгичларни иссиқлик сақловчи кийим материалларига термопластик елимсиз интеграциялаш усулидир. Бу усул учун технологик жиҳатдан қайта ишланган материаллар хоссаларининг функционал қонуниятлари ўрнатилди ва уларни тўғри танлаш бўйича тавсиялар олинди.

5. Ҳар хил турдаги кийимларда ГКҚМ олишнинг ишлаб чиқилган усулини қўллаш учун рақамли моделлаштириш соҳасида бир қатор назарий тадқиқотлар олиб борилди ва омиллар мажмуасига асосланган ҳолда кийимни иссиқлик билан таъминлаш учун зоналаштирилган ечимлар ўрнатилди. Бунинг моҳияти шундаки, кийим конструкциясида электрон қурилмаларни ҳисобга олиш бўйича таклиф этилаётган концепция ишлаб чиқилган, кийим ва автоном тикув маҳсулотларининг ҳимоя қисмларида совуқда алоқа воситаларининг ишлаши учун етарли бўлган шарт-шароитларни белгиловчи иссиқлик параметрларини тақсимлаш бўйича муҳим натижаларга эришилган.

6. Моделлаштириш ва ГҚҚМнинг тавсия этилган технологияси натижалари янги функцияларга эга бўлган тикув маҳсулотларини яратишда муваффақиятли амалга оширилди: автоматик терморегуляция функциясига эга курткалар, мобил электроника ҳамда ўз функциясини, конструкциясини, тизимини ва иссиқлик таъминоти худудларининг локациясини мобил тарзда ўзгартирадиган, ва шу билан кун давомида барча турдаги жисмоний фаолият учун иссиқлик сақловчи махсус кийимга эга бўлиш учун реал имконият яратадиган куртка-трансформер учун терморегуляцияли иссиқлик сақловчи ғилоф.

7. Назарий моделларнинг валидацияси, табиий совуқ шароитида янги кийимда одамнинг термал ҳимоясини текшириш шуни кўрсатадики, яратилган терморегуляция тизими одамга, ҳатто минимал жисмоний фаоллик ҳолатида, белгиланган меҳнат меъёрларида белгиланган қаттиқ совуқда ўтказадиган вақтни 2 баробарга оширишга ёрдам беради.

8. Диссертация тадқиқоти натижалари асосида яратилган юқори технологияли интеллектуал мулк объектлари Россия Федерациясининг учта патенти билан ҳимояланган.

9. Диссертация тадқиқотининг натижалари Россиянинг иккита йирик тикувчилик корхонасида: “ТПП Техноформ” МЧЖ ва “БВН инжиниринг” МЧЖда муваффақиятли жорий этилган бўлиб, жорий этиш ҳажми 1 578 000 рублни (216 186 000 сум) ташкил этди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/29.10.2021.Т.101.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ БУХАРСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА  
(филиал) ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА в г. Шахты**

**СТЕНЬКИНА МАРИЯ ПЕТРОВНА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ  
С ФУНКЦИЕЙ УПРАВЛЯЕМОЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ**

**05.06.04 – Технология швейных изделий и дизайн костюма**

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

**Бухара–2023**

Диссертация выполнена в Институте сферы обслуживания и предпринимательства (филиале) Донского государственного технического университета в г. Шахты Ростовской области.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета Бухарского инженерно-технологического института ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) и на информационно – образовательном портале “ZiyoNet” ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

Научный руководитель:	<b>Черунова Ирина Викторовна</b> доктор технических наук, профессор
Научный консультант:	<b>Ташпулатов Салих Шукурович</b> доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	<b>Набижанова Наргиза Насимжановна</b> доктор технических наук, доцент <b>Нутфуллаева Лобар Нуруллаевна</b> доктор PhD, доцент
Ведущая организация:	Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится «16» февраля 2023 года в 11-00 часов на заседании Научного совета PhD.03/29.10.2021.T.101.03 при Бухарском инженерно-технологическом институте по адресу: 200100, г. Бухара, ул. К.Муртазоева,15, Административное здание Бухарского инженерно-технологического института, 202-аудитория, тел. (+99871) 223-78-83, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института (диссертация зарегистрирована за № 418) Адрес: Бухара, ул. К.Муртазоева,15, тел. (+99871) 223-78-83.

Автореферат диссертации разослан «03» февраля 2023 года  
(Протокол рассылки № 9 от «03» февраля 2023 года)

**Х.К. Рахмонов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н.,  
профессор

**Р.Х. Нурбоев**  
Заместитель секретаря Научного совета по  
присуждению учёных степеней, к.т.н.,  
профессор



**М.З. Шарипов**  
Председатель научного семинара при  
Научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.ф.м.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире одно из ведущих мест в текстильной и легкой промышленности занимает, особенно для регионов, где сформировались тренды холодных циклонов и низкие температуры зимой, применение инновационных технологий и технических средств, основанных на использовании удобной конструкции и безопасных для здоровья материалов при создании теплозащитной специальной одежды. «В мировом производстве разработка одежды для условий холода составляет: Канада-6,3%, Норвегия-5,7%, США-7,2%, Финляндия-2,9%, Россия-14,1%, Китай-16,5% и Турция-9,2%»<sup>1</sup>. Рост спроса на одежду для холодного климата требует увеличения инвестиций в производство специализированной одежды, реализации экономических программ, направленных на развитие этого сектора. В связи с этим повышение комфортности одежды для работы на открытом воздухе в период зимы и межсезонья (геологи, рабочие железнодорожного и автомобильного транспорта, нефтяники, строители, работники МЧС, моряки и другие), так и в производственных помещениях, где по технологическим причинам необходима низкая температура воздуха и обеспечение соответствия её на весь период эксплуатации имеет важное значение приобретает особую актуальность.

В мировой практике проводятся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование техники и технологий текстильного и швейно-трикотажного производства, в том числе и теплозащитной специальной одежды, создание и развитие научных основ. В связи с этим особое внимание уделяется созданию материалов с высокими гигиеническими свойствами для обеспечения качества специальной одежды для условий холода, выявлению факторов, влияющих на процесс проектирования и разработке рациональных параметров и научно-обоснованных технологий, снижению себестоимости продукции и полному удовлетворению потребностей внутреннего рынка.

В Республике принимаются широкомасштабные меры по производству импортозамещающей и экспортно-ориентированной высококачественной продукции из местного сырья с использованием инновационных, новых технологий, и достигаются определенные результаты. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «...увеличение объема производства продукции текстильной промышленности в два раза, ... дальнейшее развитие экспортного потенциала отраслей местной промышленности на основе максимального задействования имеющихся возможностей...»<sup>2</sup>. Для выполнения этих задач, в частности, важное значение имеют научные исследования, направленные на создание высококачественной конкурентоспособной комфортной теплозащитной специальной одежды.

---

<sup>1</sup> <https://www.europages.info/предприятия/производство%20одежды%20для%20беременных.html>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» УП-60 от 28 января 2022 года

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Постановлением Президента Республики Узбекистан от 16.09.2019 г. №ПП-4453 «О мерах по дальнейшему развитию легкой промышленности и стимулированию производства готовой продукции», Указом Президента Республики Узбекистан от 05.05.2020 г. № УП-5989 «О неотложных мерах по поддержке текстильной и швейно-трикотажной промышленности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Многие отечественные и зарубежные ученые внесли вклад в решение проблем проектирования теплозащитной одежды: Афанасьева Р.Ф., Колесников, П.А., Жаворонков А.И., Бринк И.Ю., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш., Бекмурзаев Л.А., Расторгуева Л.Н., Андреева Е.Г., Абрамов А.В., Советников Д.А., Мезенцева Е.В., Бурмистрова О.В., Бессонова Н.Г., Кудрявцев В.И., Лебедева Е.О., Иващенко И.Н., Тунгусова Н.А., Kuklane K., Holmér I., Havenith G., Parsons K., Wang F., Umbach K.H., Angelova R., Stankov P и другие.

В развитие методов и технических решений одежды с элементами терморегуляции вклад внесли: Жаворонков А.И., Никитченко И.И., Власенко О.М., Сорокина Д.Н., Анисимов А.Н., Бабенко Л. Г.; Климова Н.А. и другие.

Наряду с определенными достижениями ученых и специалистов в области разработки теплозащитной специальной одежды, имеется целый ряд нерешенных задач, связанных с ограниченностью учета в них динамически изменяющихся показателей теплового состояния человека в условиях переменной активности при продолжительном охлаждении, а существующие средства обогрева имеют усредненные настройки подачи тепла, что приводит к нерациональным энергетическим системам потребления тепловой энергии и сниженной эффективности тепловой защиты человека в холоде, а также не выявлено работ, которые уделяют внимание защите средств связи от холода, как составляющей части, включенной в пакет материалов одежды.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательской работы Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г. Шахты Ростовской области, в том числе в рамках по гранту №11.9194.2017/БЧ в рамках базовой части Государственного задания Министерства образования и науки РФ на тему «Исследование и моделирование свойств мягких пористых материалов и оболочек из них в условиях циклического промерзания в среде Северного шельфа для технологий проектирования теплозащитной одежды повышенной износостойкости», а также в рамках научно-исследовательского проекта по

гранту № 9732 ГУ2015 на тему «Разработка защитного чехла для поддержания стабильной работы мобильных средств связи в условиях арктического холода».

**Целью исследования** является расширение функций и повышение эффективности свойств швейных изделий с функцией терморегуляции на базе новых способов и процессов проектирования теплозащитной одежды.

**Задачи исследования:**

анализ проблем обеспечения теплового комфорта человека, особенностей системы «Человек-одежда-среда» при длительном климатическом охлаждении и выявление ресурсов для создания теплозащитной одежды с повышенным уровнем терморегуляции;

исследование и разработка функциональных нагревательных материалов и пакетов теплозащитной одежды на основе новых технологических способов;

разработка математического аппарата, моделирование и расчет параметров рациональных терморегулирующих конструкций теплозащитной одежды;

разработка теоретического и инженерного обеспечения для проектирования новых патентоспособных видов теплозащитных швейных изделий с расширенными функциями терморегуляции человека, теплозащиты интегрированной в одежду электроники, а также функцией трансформации одежды в терморегулируемое теплозащитное снаряжение.

апробация и внедрение результатов исследований и разработок с получением значимого производственного и социального эффекта.

**В качестве объекта исследования** выбрана теплозащитная одежда и процесс управляемой терморегуляции.

**Предметом исследования** являются процессы проектирования швейных изделий с терморегулирующими свойствами тепловой защиты человека, материалов, пакетов и деталей для них.

**Методы исследований.** В ходе исследования использованы методы системного и логического анализа, математической статистики, структурного анализа и алгоритмизации, методы численного моделирования процессов теплофизики и термодинамики в твердых и деформируемых телах, методы планирования и обработки экспериментов, компьютерной графики, автоматизированного конструирования швейных изделий, методы экспериментального текстильного материаловедения, методы тепловизионного анализа.

Исследования и разработки выполнены с применением компьютерных программных сред и продуктов: Microsoft Office, CorelDraw X3, OpenFOAM, clo3D, COMSOL Multiphysics, CAD «Novo-cut».

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

обоснована и предложена новая концепция системы «Человек –одежда – автономные функциональные устройства коммуникаций – охлаждающая среда», на основе которой формируется проектирование тепловой защиты и терморегуляции не только для человека, но и необходимых для его безопасности средств мобильной электроники в одежде;

разработана тепловая модель человека в теплозащитной одежде и выполнено численное моделирование тепловых процессов для системы «Человек – терморегулируемая одежда – охлаждающая среда», учитывающей локализацию термических реакций организма человека при комплексном сочетании режимов охлаждения, переменного уровня исходящего теплового потока и функционально зависимые изменения теплофизических свойств пакетов материалов одежды под воздействием давления ветра;

установлена функциональная зависимость температуры поверхности теплозащитного чехла для электронных средств мобильных коммуникаций (с подогревом и без него) от температуры охлаждающей окружающей среды;

разработаны функциональные модели зависимостей термического сопротивления гибридных контурных нагревательных материалов (ГКНМ) от толщины для разных материалов основы.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

обоснован, предложен и описан новый технологический способ получения гибридных контурных нагревательных материалов (ГКНМ) путем термопластичного бесклеевого интегрирования контурных нагревателей в материалы теплозащитной одежды на основе лазерного деструктурирования полимерной основы;

выявлены актуальные выборки современных востребованных текстильных материалов и определены наиболее эффективные пакеты с точки зрения механических и теплофизических свойств для создания системы управляемого обогрева одежды.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты исследования получены с использованием современных и классических методов научных исследований, обоснованы соответствием теоретических и экспериментальных результатов исследований, внедрением предложенных разработок в производство и их положительной оценкой производителями данных изделий.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования обусловлена разработкой новой концепции проектирования теплозащитной терморегулируемой одежды на основе системы «Человек – одежда – автономные функциональные устройства коммуникаций – охлаждающая среда», для которой разработана группа моделей численного моделирования, описывающих тепловые процессы в данной системе с учетом особенностей и локализации термодинамических реакций человека и установленных моделей теплофизических свойств оболочек одежды, формируемых и изготавливаемых на основе новой технологии контурного интегрирования теплопроводных материалов в тонкие слои для обеспечения тепловой защиты и терморегуляции не только человека, но и необходимых для его безопасности средств мобильной электроники в теплозащитной одежде.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена тем, что разработанные и поставленные на производство специальные теплозащитные терморегулируемые швейные изделия на основе новых методик и алгоритмов

определения состава, параметров и комплектации материалов, формы деталей и технологических узлов теплозащитных швейных изделий с мобильными электронными устройствами позволили увеличить ассортимент с расширенным функционалом и повышенным уровнем защиты и адаптации человека в холоде, а внедрение специальных конструкций теплозащитного костюма с системой встроенного обогрева (управляемой терморегуляцией) позволило повысить производственный потенциал предприятий, специализирующихся на специальной теплозащитной одежде.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов исследований по совершенствованию процессов проектирования теплозащитной одежды с функцией управляемой терморегуляции:

разработанная методика проектирования деталей конструкции и пакетов материалов теплозащитных швейных изделий с мобильными электронными устройствами внедрены на предприятии ООО ТПП «Техноформ» (официальное письмо исх. 1105/1 от 28 декабря 2021 г.). Внедрение результатов диссертационных исследований позволило снизить расходы производства и себестоимость продукции на 1,4 раза по сравнению с аналогичной импортируемой продукцией.

разработанные конструкции теплозащитных костюмов с системой встроенного обогрева (управляемой терморегуляцией), рекомендации по комплектованию материалов в пакеты и детали теплозащитной одежды с учетом использования в одежде дополнительных средств мобильной техники/средств мобильной связи и т.п., результаты экспериментальных данных о натурном тестировании теплозащитной одежды с встроенной системой управляемой терморегуляцией (элементами автоматического обогрева одежды) для условий эксплуатации в режиме низких температур внедрены на предприятии ООО «БВН инжиниринг» (официальное письмо исх. № 271 от 29 декабря 2021г.). Внедрение результатов диссертационных исследований в производство позволило снизить расходы сырьевых материалов и повысить производительность труда на 5%.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации апробированы на 16 научно-практических конференциях, в том числе на 15 международных и 1 Республиканской конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 35 научных работ, в том числе: 5 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан к публикациям основных научных результатов диссертаций, 19 статей в других изданиях (журналах и материалах конференций), 4 статьи в зарубежных изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS и 3 патента, зарегистрированные в Федеральном институте промышленной собственности Российской Федерации: Патент на изобретение № RU 2711059, Патент на полезную модель № RU 197847, Патент на полезную модель № RU 194096.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации 119 стр.

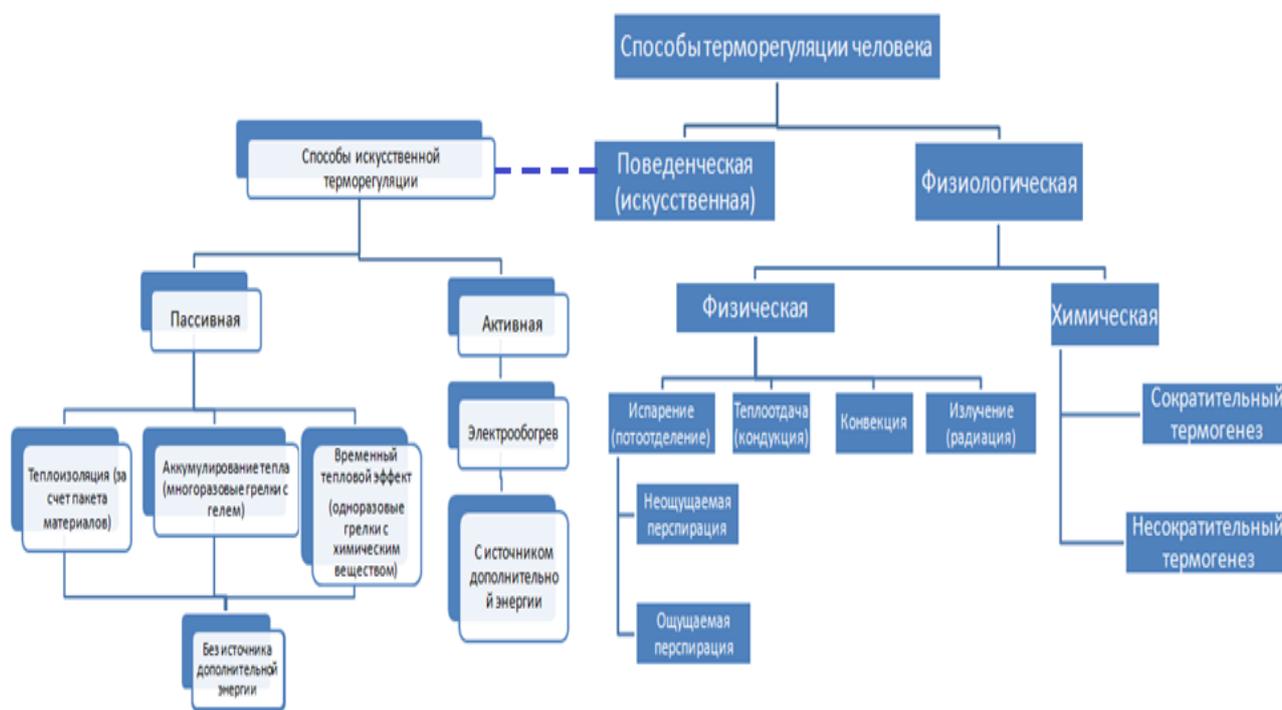
## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируется цель и задачи, а также объект и метод исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, приведены сведения о применении результатов исследования в практике, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Проблемы и ресурсы обеспечения теплового комфорта человека при длительном климатическом охлаждении»** были изучены природно-климатические факторы риска охлаждающей среды, анализ которых позволил установить, что холодная среда определяется комбинацией факторов (низкая температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость ветра) и характерна для многих стран планеты, северных и горных регионов, зимних периодов южных стран и особенно актуально в настоящее время для Арктической зоны.

Установлено, что периоды воздействия холода на человека могут затрагивать не только время жизнедеятельности человека с различной интенсивностью физической нагрузки, но и период отдыха и даже сна, когда терморегуляция человека отличается от периода бодрствования (циркадный ритм). В чрезвычайных условиях увеличивается диапазон времени нахождения человека в условиях холода, возникает экстремальная по продолжительности холодовая нагрузка на организм. При этом возможности физиологической самотерморегуляции тела человека ограничены. В результате разработана многоуровневая классификация способов терморегуляции человека в одежде, представленная на рис. 1, в которой выделены физиологическая и поведенческая (искусственная) терморегуляция, где уровень детализирован в зависимости от способа обеспечения терморегуляции в одежде.

Анализ существующих научных достижений и разработок теплозащитной одежды и швейных изделий с функцией терморегуляции в России и за рубежом подтверждает ограниченность учета в них динамически изменяющихся показателей теплового состояния человека в условиях переменной активности при продолжительном охлаждении, а существующие средства обогрева имеют усредненные настройки подачи тепла, что приводит не только к его недостатку, но и к перегреву, формируя повышенное энергопотребление и общие недостаточно эффективные показатели теплового баланса человека в теплозащитной одежде.



**Рис.1. Классификация способов терморегуляции человека в одежде**

Выявлено, что в современном мире безопасность человека в холодных условиях жизнедеятельности, особенно в условиях продолжительного автономного охлаждения, часто поддерживают электронные средства связи.

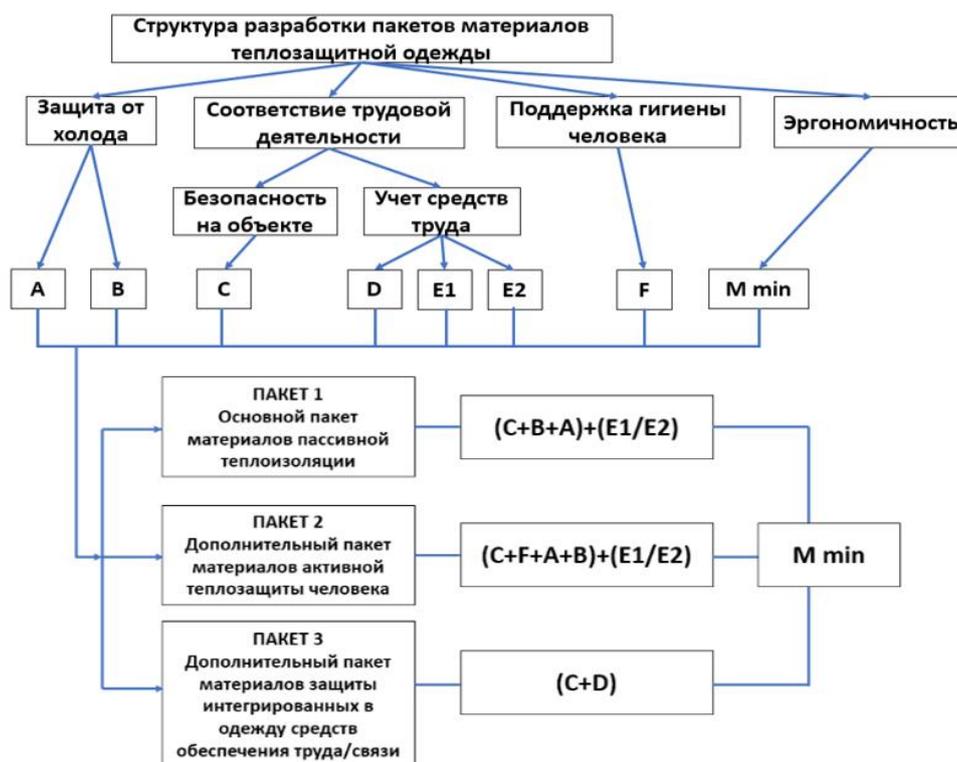
Предложена и сформулирована новая концепция об актуальном сопряжении электронных устройств связи (коммуникаций) с системой теплозащитной одежды, учитывая, что они размещаются в специальных деталях швейных изделий (карманах или других конструктивных отсеках). Такая концепция позволила обозначить необходимость исследования и проработки системы «Человек – одежда- автономные функциональные системы поддержки жизнедеятельности (устройства коммуникаций) – охлаждающая среда», в которой тепловая защита и терморегуляция требуется не только для человека, но и для необходимых в одежде средств мобильной электроники.

Изучены, систематизированы и выявлены актуальные выборки современных востребованных для рассматриваемых условий эксплуатации текстильных материалов (материалы верха, утепляющие материалы и подкладочные материалы) как для общего применения, так и для использования в средствах индивидуальной защиты (СИЗ). Установленные для материалов параметры и свойства являются необходимыми как на этапе непосредственного производства и проработки технологических процессов, так и на этапе теоретической проработки (в том числе с применением методов математического моделирования) в качестве компонентов информационного обеспечения.

Для создания системы управляемого обогрева на основе анализа современных достижений в материаловедении, химических технологиях и электротехнике систематизированы и обоснованы современные функциональные материалы для направленного обогрева одежды, которые являются новыми и

мало изученными в области технологии швейных изделий, поэтому потребовали дополнительных исследований.

Во второй главе диссертации «Разработка и исследование функциональных нагревательных материалов и пакетов теплозащитной терморегулируемой одежды» разработана логическая структура формирования пакетов материалов терморегулируемой теплозащитной одежды (рис.2), в которой выделены принципы разработки пакетов с пассивной и активной тепловой защитой 4-х типов в зависимости от последовательности размещения терморегулируемого элемента в них. 3 типа пакетов (П1- основной пакет материалов пассивной защиты / без обогрева); П2 - дополнительный пакет материалов активной тепловой защиты человека/



A – теплозащитный волокнистый материал, B – нагревающий материал, C – ткани верха в соответствии с требованиями промышленной безопасности или других условий эксплуатации, D – материалы для обеспечения надежности и безопасности элементов трудовой деятельности, интегрированные в одежду (средства связи), E1 – поверхностные материалы корпоративных цветов, E2 – материалы повышенной видимости, F – материалы в соответствии с предъявляемыми гигиеническими требованиями, M min – материалы, обеспечивающие снижение общей массы пакетов изделия.

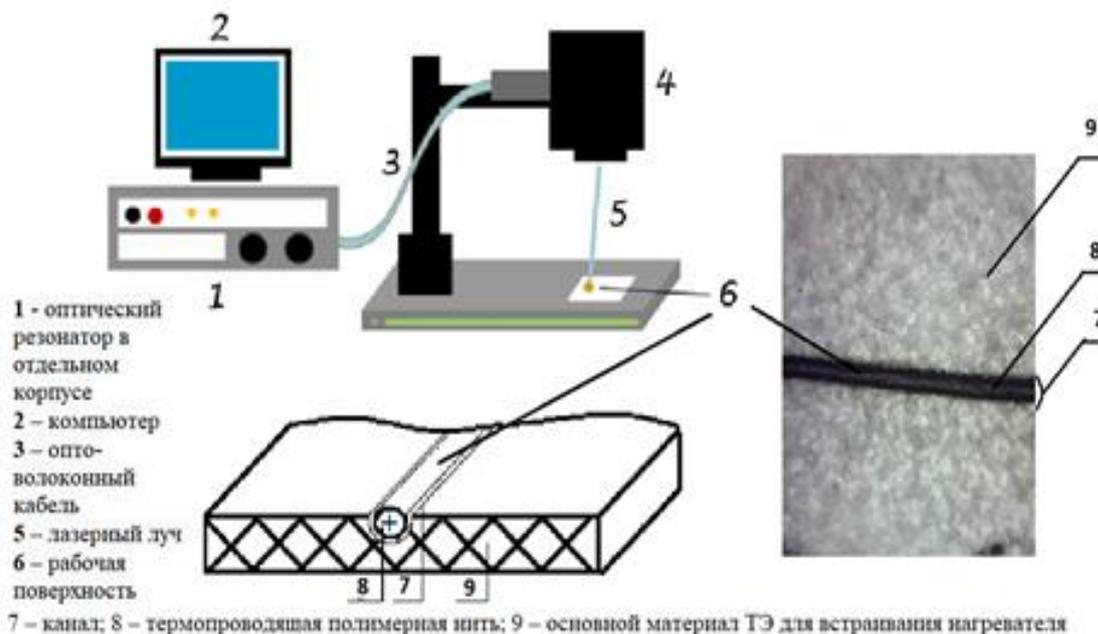
**Рис.2. Логическая структура разработки пакетов материалов терморегулируемой теплозащитной одежды**

с обогревом; П3 - дополнительный пакет материалов для локальной защиты интегрированных в одежду электронных средств мобильных коммуникаций / связи) определены как соответствующие общим критериям защиты от холода, трудовой деятельности, гигиеничности и эргономичности и могут быть использованы в системах проектирования одежды с терморегулируемыми функциями.

Для обеспечения в пакетах типа П2 и П3 эргономичного нагревательного слоя предложен новый способ термопластичного бесклеевого интегрирования

контурных полимерных нагревателей в пористые материалы теплозащитной одежды на основе лазерного деструктурирования материала основы по заданному контуру с одновременным прокладываем в образующийся канал теплопроводных нитей.

За счет кратковременного высокотемпературного разогрева материала основы воздействием лазера с подплавлением тонкого слоя контактной поверхности теплопроводные полимерные нити закрепляются в канале. Такая технология была апробирована с применением лазерно-гравировального оборудования и получением экспериментальных образцов (рис.3), которые представляют собой новые гибридные контурно-нагревательные материалы (ГКНМ). Экспериментально выявлено влияние вида материала основы на деформацию формы деталей после технологической обработки предложенным способом, где максимальное отклонение реальных размеров проб материалов от проектируемых составило 4 % для вспененной резины, 0,5 % для натуральной и искусственной кожи, 0,5 % для силиконовой пластины, что является технической поправкой, которая должна быть учтена при проектировании контура терморегулирующих элементов одежды из ГКНМ.



**Рис.3. Пример схемы и экспериментального образца нового гибридного контурно-нагревательного материала для одежды**

С целью определения наиболее эффективных с точки зрения сохранения тепла вариантов ГКНМ проведены сравнительные экспериментальные исследования по оценке времени нагрева и охлаждения образцов. Установлено, что детали на основе вспененной резины с проложенными нагревательными нитями по сравнению со специально изготовленными трикотажными деталями с вплетенными нагревательными нитями в структуру материала характеризуются ускоренным на 14% режимом нагрева и удлинённым на 20% режимом охлаждения, что говорит о более эффективном теплосберегающем эффекте в пользу вспененной резины как возможной основы ГКНМ.

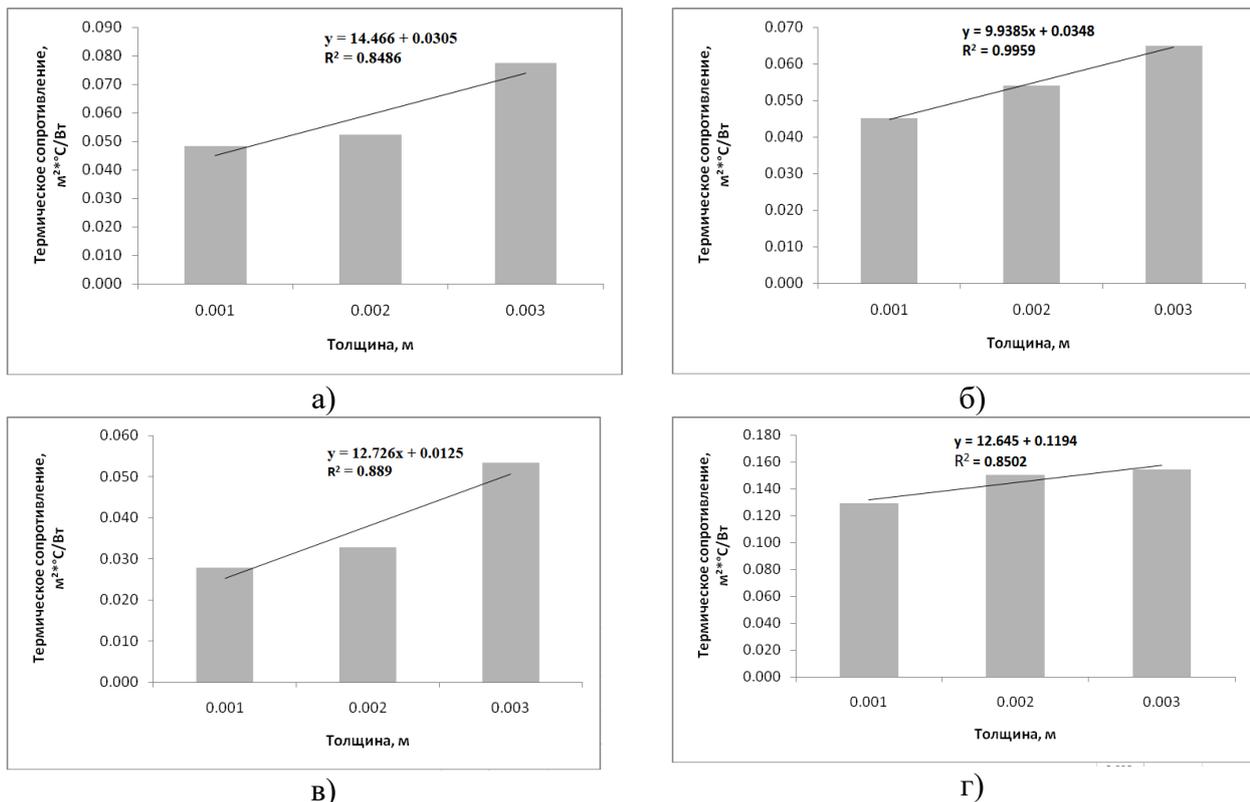
Установлено, что вспененная резина и силиконовая пластина в основе ГКНМ не теряют прочность при испытании технологически деформированных образцов при разрывных растягивающих нагрузках. При этом наименее устойчивым технологически обработанным материалом к разрывной нагрузке оказалась натуральная кожа толщиной 1 мм, что объясняется часто имеющимися неоднородностями структуры на различных участках, поэтому применение данного материала требует локализации таких деталей в местах одежды, наименее подверженных растягивающим силовым нагрузкам, в том числе в пакетах материалов типа (П3) с размещением в них электронных устройств связи.

Экспериментальные исследования механических эксплуатационных свойств технологически обработанных материалов ГКНМ показали, что наиболее устойчивыми материалами основы ГКНМ к истиранию являются искусственная кожа толщиной 3 мм (6139 циклов) и натуральная кожа 3 мм (6114 циклов), которые целесообразно применять в пакетах типа (П2) для деталей одежды на участках с повышенным эксплуатационным трением.

Результаты проведенных исследований тепловых характеристик новых ГКНМ подтвердили общий логический тренд, где с увеличением толщины материалов термическое сопротивление увеличивается. Получены графики и математические функции соответствующих зависимостей термического сопротивления ГКНМ от толщины для разных материалов основы (рис. 4). ГКНМ, полученные на основе силиконовой пластины и натуральной кожи толщиной 0,003м обладают лучшими теплоизоляционными свойствами по сравнению с другими исследуемыми образцами и рекомендуются для пакетов одежды в зонах наиболее высокого риска охлаждения внутреннего пространства одежды, в том числе для типов пакетов (П2) и (П3).

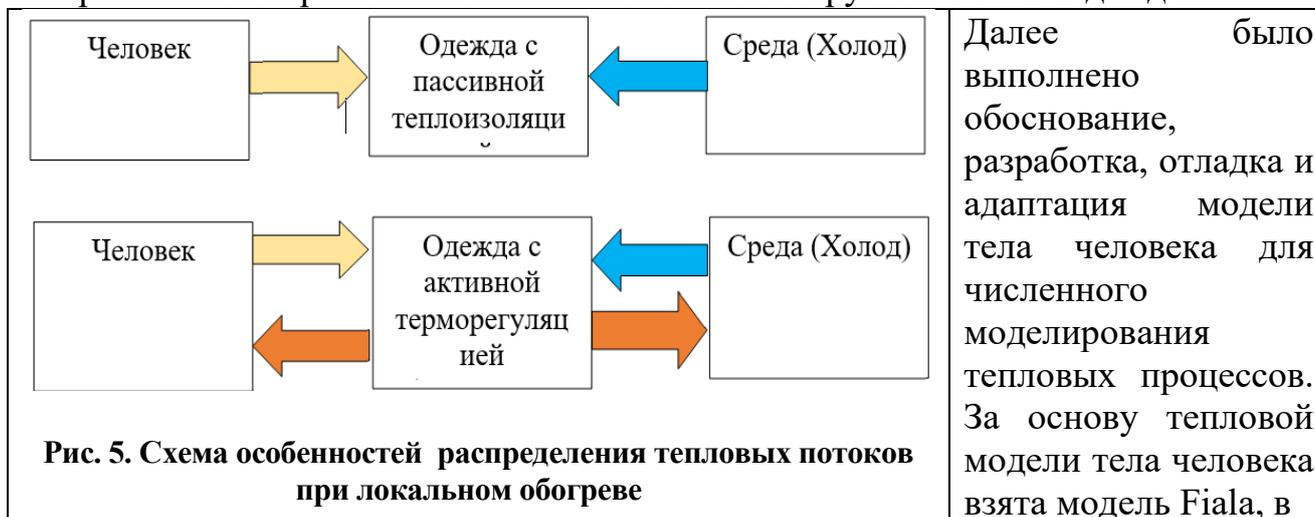
На основе результатов исследования современных утеплителей и результатов экспериментальных данных о ГКНМ разработаны, изготовлены и исследованы варианты комбинированных пакетов, среди которых пакеты (В - силиконовая пластина+холлофайбер), (Г - натуральная кожа+шелтер), (Е - натуральная кожа+холлофайбер) показали наиболее высокие характеристики теплоизоляции для использования в качестве внутренних терморегулирующих слоев оболочки теплозащитной одежды.

Результаты исследований позволили обосновать, разработать и применить новый технологический способ создания гибридных контурно-нагревательных материалов и пакетов из них для терморегулирующих деталей теплозащитной одежды, снизив при этом количество необходимых технологических операций и сократив материалоемкость и трудоемкость работ по прокладыванию нагревательных материалов по контурным схемам в деталях. При этом такие детали требуют далее выявления определенных данных о количестве и моменте подачи недостающего человеку тепла с учетом обеспечения теплозащиты, как самого человека, так и его электронных средств коммуникаций.



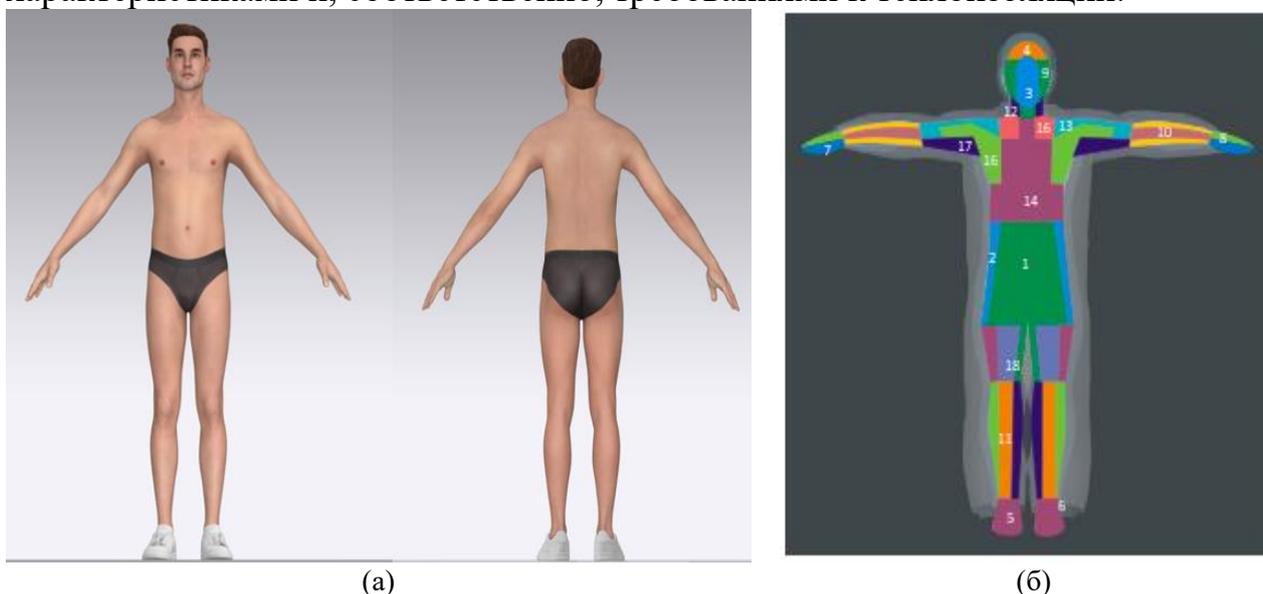
**Рис. 4. Термическое сопротивление материалов: а) – натуральная кожа, б) – искусственная кожа, в) – вспененная резина, г) – силиконовая пластина**

В третьей главе диссертации «Теоретическое обоснование системы искусственной терморегуляции в теплозащитной одежде с интегрированными мобильными устройствами» выполнено численное математическое моделирование и разработка системы распределения необходимого человеку теплоснабжения в одежде с учетом условий холодной среды, физиологии, свойств материалов, специфики развиваемой концепции комплексной защиты человека и его средств связи от холода. На рис. 5 представлена положенная в основу схема для формирования основных принципов математического моделирования тепловых процессов в системе «Человек – теплозащитная одежда – среда», обозначающая особенности направления и пересечения тепловых потоков вокруг человека в одежде.



которой физиологическая активность человеческого организма хорошо отлажена и адаптирована к практическому применению. Цифровая модель тела человека разработана на основе антропометрических данных типовой фигуры мужчин, сформирована на базе программной среды clo3d (рис. 6, а) и интегрирована в среду численного моделирования процессов мультифизики на программной платформе OpenFOAM. Тепловая модель человека в аналогичной оболочке была откоррелирована до доверительного уровня точности производимых вычислений по данным биофизических параметров человека.

Далее были выполнены работы по моделированию теплового потока с модели тела человека в программной среде OpenFOAM. Установлено неоднородное распределение теплового потока с тела человека, которое определило разбиение его поверхности на отдельные 34 сегмента (включая симметричные) (рис. 6, б), различающиеся между собой тепловыми характеристиками и, соответственно, требованиями к теплоизоляции.



**Рис. 6. Цифровые 3d-модели человека (а) и человека в одежде в системе численного моделирования процессов теплообмена для зонированной поверхности одежды**

Расчеты в среде OpenFoam для определения соответствующих температур на поверхности модели тела на основе теории тепломассообмена проводились в соответствии (1)

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \int_{\Omega} \dot{q} \quad (1)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\int_{\Omega} \dot{q}$  – функция теплопродукции.

При следующих граничных условиях:  $\dot{q} = \dot{q}_{specified}$  на теле человека,  $T = T_{air}$  (граница тепловой системы удалена от тела человека на расстояние 5 м.)

В табл. 1 представлено распределение теплового потока на модели тела человека в теплозащитной одежде толщиной 30мм для -22°С температуры

окружающей среды (одежда без дополнительных источников обогрева, пассивная система теплоизоляции человека от холода) по результатам численного моделирования.

Расхождение теоретических и фактических биофизических данных человека данных установлено в пределах 5%. Это показывает достаточную достоверность разработанной тепловой модели тела человека, позволяя использовать ее для моделирования и расчета параметров требуемых источников искусственного обогрева в одежде.

На следующем этапе моделирования был введен учет влияния ветра на оболочку одежды и ее свойства. Результаты для коэффициента теплопроводности аппроксимируются как функция избыточного давления  $\Delta P$  в виде следующего полинома:

$$\lambda = 0,22 + c_1 \Delta P + c_2 \Delta P^2 \quad (2)$$

**Таблица 1.**

**Результаты численного моделирования в системе оптимизации тепловой модели тела человека (распределение теплового потока на модели тела человека в теплозащитной одежде для  $-22^\circ\text{C}$  температуры окружающей среды, одежда без дополнительных источников обогрева, толщина 30мм) .**

№ зоны тепловой модели тела человека в теплозащитной оболочке (рис. 6-б)	Общий тепловой поток зоны, Вт
1	2,74
2	1,84
3	0,34
4	0,39
5	1,76
6	0,56
7	0,70
8	0,68
9	0,16
10	2,57
11	3,19
12	0,46
13	0,52
14	2,07
15	1,65
16	2,35
17	0,06
18	3,97

Результатом моделирования процессов теплообмена в системе «Человек – теплозащитная одежда – среда» стала система зонального распределения подачи необходимого тепла для пребывания человека в заданных температурных условиях.

Разработана модель и выполнены расчеты для оценки теплового взаимодействия компонентов системы «Теплозащитная деталь швейного изделия – электронное устройство связи – окружающая среда», для которой

создана геометрическая модель теплозащитного чехла с электронным средством связи.

Разработан алгоритм выполнения математического моделирования процесса теплообмена в системе «Теплозащитный чехол – электронное устройство связи – окружающая среда».

В результате моделирования исследуемой системы были выявлены зависимости температуры поверхности теплозащитного чехла (с подогревом и без него) от температуры охлаждающей среды (рис. 7). Установлено, что температура поверхности чехла с обогревом, полученная в ходе математического моделирования, не превышает допустимый уровень, а температура поверхности теплозащитного чехла без подогрева находится в условиях с высокой вероятностью полного отказа в работе устройства связи.

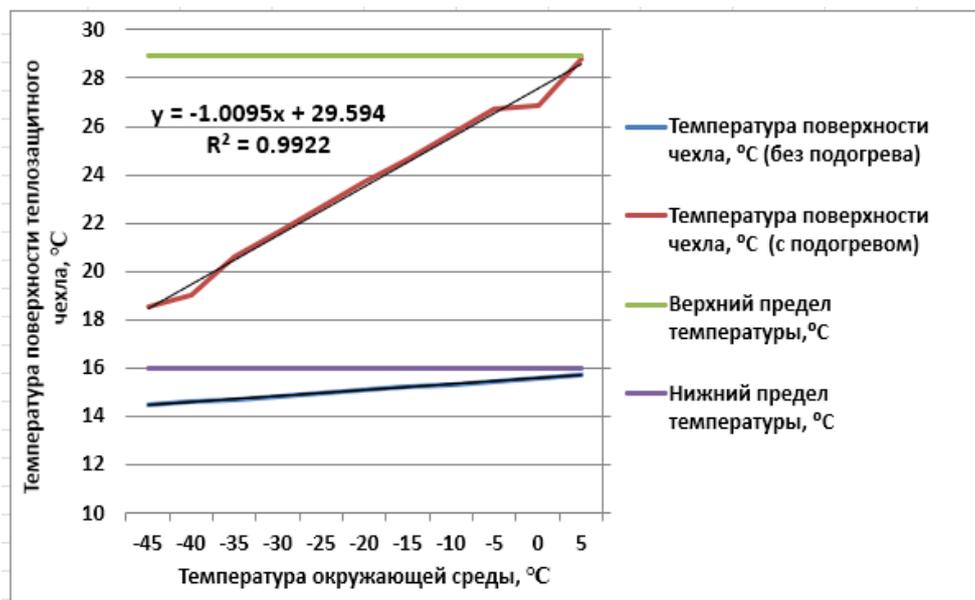


Рис. 7. Зависимость температуры поверхности теплозащитного чехла (с подогревом и без) от температуры охлаждающей окружающей среды

В четвертой главе диссертации «Разработка и исследование теплозащитных швейных изделий с функцией управляемой терморегуляции» проведены экспериментальные исследования теплозащитной одежды с функцией управляемой терморегуляции в натуральных условиях холода. На основе разработанной системы распределенной подачи зонированных тепловых потоков, определяемой результатами математического моделирования, была разработана теплозащитная куртка, в которой внутренний терморегулирующий слой представляет собой упорядоченную систему деталей из ГКНМ в соответствии со схемой (рис. 8). Параметры куртки соответствуют параметрам математической модели. «Куртка с автоматической системой терморегуляции» защищена Патентом Российской Федерации на полезную модель № RU 194096.

Валидация разработанных моделей и качество достигнутой тепловой защиты человека было исследовано в натуральных условиях в зоне Заполярья РФ в условиях природного климатического холода при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и ветре 10-12 м/с. На рис. 9 представлен график, отражающий динамику теплового состояния человека в одежде на холоде, стоя, при полном отсутствии движений.

Результаты натуральных экспериментов позволили валидировать разработанные математические модели, а также установить, что разработанная система «гибкого» обогрева и терморегуляции в теплозащитной одежде

позволяет увеличить время безопасного непрерывного пребывания человека в особенно суровых условиях холода даже при минимальной собственной тепловой физической активности в 2 раза относительно установленных норм для непрерывных работ на открытом холоде при типовых значениях ветра, активности человека и толщины оболочки одежды.

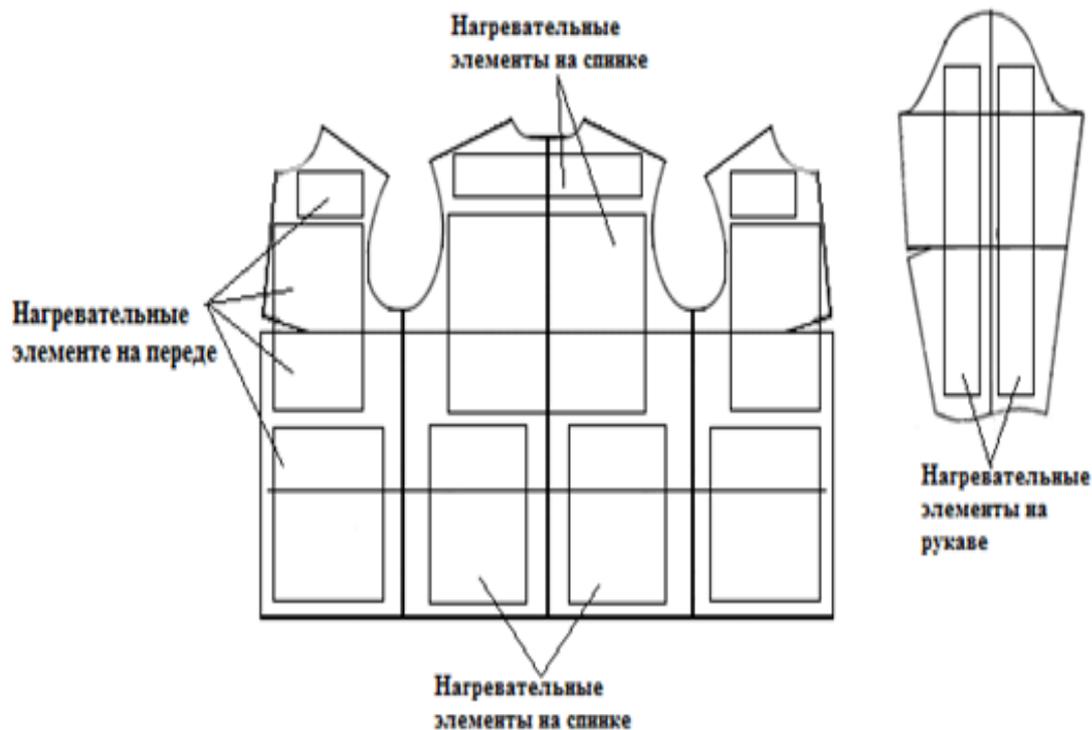


Рис. 8. Схема расположения нагревательных элементов мужской теплозащитной куртки

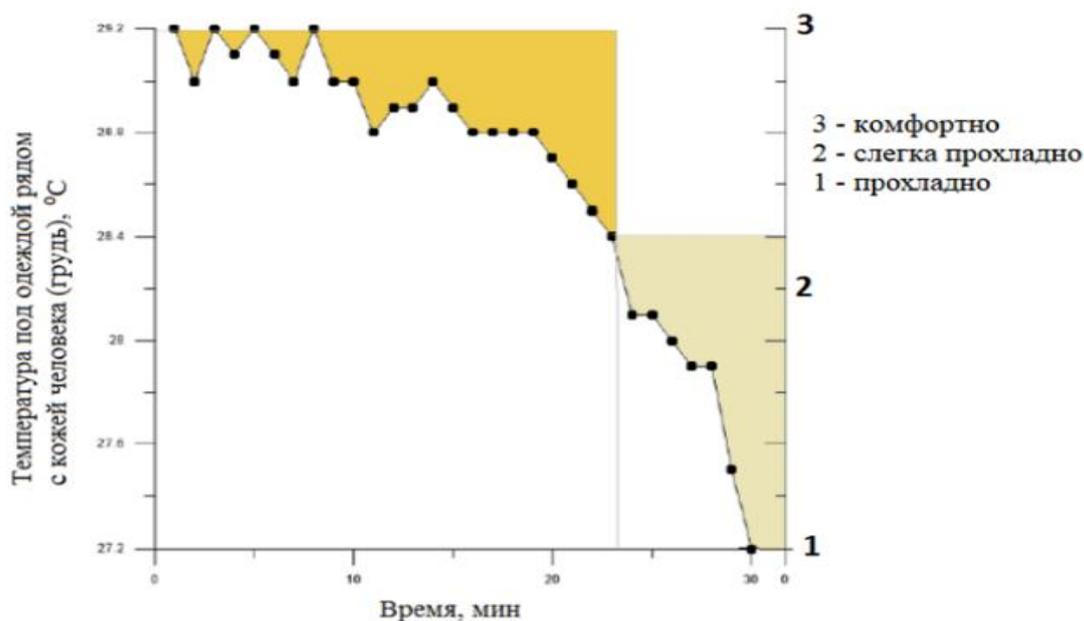


Рис.9. Результаты натурального исследования терморегулирующей теплозащитной куртки (динамика перехода теплового состояния в зону охлаждаемого дискомфорта)

Разработаны и исследованы новые типы швейных изделий с функцией терморегуляции с применением новых ГКНМ: Теплозащитный чехол для мобильной электроники (получен Патент Российской Федерации на полезную модель № RU 197847). Реализация концепции о расширении диапазона функционального применения теплозащитной одежды с учетом циркадных ритмов в течение суток на холоде представлена разработанным швейным изделием-трансформером. При трансформации изделия (куртки) в спальный мешок мобильный терморегулируемый модуль меняет свое положение, тем самым происходит смена области обогрева с туловища на нижние конечности, что особенно актуально в период сна для обеспечения необходимой терморегуляции человека в холоде. Для работы такой одежды-трансформера и контроля комфорта пододежного пространства разработана функциональная зависимость ощущаемой температуры от скорости ветра; теплоизоляции одежды; площади поверхности тела человека; частоты сердечных сокращений; относительной влажности воздуха под одеждой, применяемая для управления контрольным уровнем теплового порога пододежного термического баланса, интегрированная в созданный алгоритм работы автоматической системы терморегуляции трансформируемой теплозащитной одежды, поддержанной разработанными элементами инженерного обеспечения для постановки на производство. На изделие «Трансформируемая куртка для мобильной защиты человека» получен Патент Российской Федерации на изобретение № RU 2711059.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В результате проведенных исследований установлено, что холодная среда определяется комбинацией факторов (низкая температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость ветра) и может сочетаться с различным уровнем активности человека в течение суток, от больших физических нагрузок до сна (циркадный ритм), когда терморегуляция человека существенно отличается и требует соответствующих решений в терморегулируемой одежде.

2. Обоснована, предложена и сформулирована новая концепция системы «Человек – одежда- автономные функциональные устройства коммуникаций – охлаждающая среда», на основе которой формируется проектирование тепловой защиты и терморегуляции не только для человека, но и для необходимых для его безопасности средств мобильной электроники в одежде.

3. Изучены, дополнительно исследованы и выявлены актуальные материалы, разработаны и исследованы пакеты из них, выявлен и сформулирован ряд рекомендаций о приоритетных вариантах материалов в теплозащитной одежде с учетом защиты человека и электронных средств от холода.

4. Предложен и апробирован новый технологический способ получения гибридных контурно-нагревательных материалов (ГКНМ), необходимых для формирования локально-зонированной системы подачи необходимого тепла в одежду – способ термопластичного бесклеевого интегрирования контурных нагревателей в материалы теплозащитной одежды на основе лазерного деструктурирования материалов основы. Для данного способа установлены функциональные закономерности свойств технологически обработанных материалов и получены рекомендации для правильного их выбора.

5. Для применения разработанного способа получения ГКНМ в различных видах одежды выполнен комплекс теоретических исследований в области численного моделирования и установлены зонированные решения для подачи тепла в одежду в зависимости от комплекса факторов. Особенностью является то, что предложенная концепция учета в конструкции одежды электронных устройств была отработана, получены важные результаты распределения тепловых параметров в защитных деталях одежды и автономных швейных изделиях, определяющих достаточные условия для работоспособности средств связи в холоде.

6. Результаты моделирования и предложенной технологии ГКНМ успешно реализованы в создании новых по функциям швейных изделий: куртки с функцией автоматической терморегуляции, терморегулирующего теплозащитного чехла для мобильной электроники и куртки-трансформера, способной мобильно изменять свою функцию, конструкцию, систему и локацию участков теплоснабжения, создавая реальную возможность иметь теплозащитное изделие для всех вариантов физической активности в течение суток.

7. Валидация теоретических моделей, проверка тепловой защиты человека в новой одежде в натуральных условиях природного холода показали, что созданная система терморегуляции помогает человеку даже при минимальной собственной физической активности увеличить время пребывания на суровом холоде в 2 раза относительно установленных трудовых норм.

8. Наукоемкие объекты интеллектуальной собственности, созданные по результатам диссертационного исследования, защищены тремя патентами Российской Федерации.

9. Результаты диссертационного исследования успешно внедрены на двух крупных швейных предприятиях России: в ООО «ТПП Техноформ» и в ООО «БВН инжиниринг» с объемом внедрения на сумму 1 578 000 руб. (216 186 000 сум).

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.03/29.10.2021.T.101.03 AT BUKHARA INSTITUTE OF  
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**  

---

**INSTITUTE OF SERVICE AND ENTREPRENEURSHIP  
(branch) of DON STATE TECHNICAL UNIVERSITY in Shakhty**

**STENKINA MARIA PETROVNA**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF HEAT-PROOF CLOTHING  
WITH FUNCTION CONTROLLED THERMOREGULATION**

**05.06.04 - Technology of garments and costume design**

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
THESIS FOR TECHNICAL SCIENCES**

**Bukhara – 2023**

The Thesis topic of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No.

The Thesis was completed at the Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of the Don State Technical University in Shakhty, Rostov Region.

The abstract of the Thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page of the Scientific Council of the Bukhara Institute of Engineering and Technology ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) and on the information and educational portal "ZiyoNet" ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

Scientific adviser:	<b>Cherunova Irina Viktorovna</b> doctor of technical sciences, professor
Scientific consultant:	<b>Tashpulatov Salikh Shukurovich</b> doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	<b>Nabijanova Nargiza Nasimjanovna</b> doctor of technical sciences, professor <b>Nutfullayeva Lobar Nurullayevna</b> doctor of PhD, assistant professor
Lead organization:	<b>Jizzakh Politechnic Institute</b>

The Thesis of the dissertation will take place « 16 » February 2023 at 11-00 a.m. at a meeting of a Scientific Council PhD.03/10.29.2021.T.101.03 at the Bukhara Institute of Engineering and Technology at the address: 200100, Bukhara, st. K.Murtazoeva, 15, Administrative building of the Bukhara Engineering and Technology Institute, room 202, tel. (+99871) 223-78-83, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz).

The Thesis can be found at the Information Resource Center of the Bukhara Institute of Engineering and Technology (the Thesis is registered under No. 418) Address: Bukhara, st. K. Murtazoeva, 15, tel. (+99871) 223-78-83.

The abstract of the Thesis was sent out « 03 » February 2023.  
(Distribution protocol No. 9 dated « 03 » February 2023).

  
**H.K. Rakhmonov**  
Chairman of the Scientific Council for the award degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

  
**R.H. Nurboev**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for the Award degrees, Candidate of Technical Sciences, Professor

  
**M.Z. Sharipov**  
Chairman of the scientific seminar at the Scientific Council for the award of academic degrees Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor



## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The aim of research work** is expanding the function and improving the efficiency of the properties of garments with the function of thermoregulation based on new methods and processes for designing thermal protective clothing.

**The object of the research:** heat-protective clothing.

**The subject of the research** is the process of designing garments with thermoregulating properties of thermal protection of a person, materials, packages, and parts for them.

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

a new concept of the system "Man –clothes – autonomous functional communication devices – cooling environment" is substantiated and proposed, on the basis of which the design of thermal protection and thermoregulation is formed not only for a person, but also for the means of mobile electronics necessary for his safety in clothing;

a thermal model of a person in heat-protective clothing has been developed and numerical modeling of thermal processes has been performed for the "Man – thermoregulated clothing - cooling medium" system, taking into account the localization of thermal reactions of the human body with a complex combination of cooling modes, variable level of outgoing heat flow and functionally dependent changes in the thermophysical properties of clothing material packages under the influence of wind pressure;

the functional dependence of the surface temperature of the thermal protective cover for electronic means of mobile communications (with and without heating) on the temperature of the cooling environment has been established;

functional models of the dependences of the thermal resistance of hybrid contour heating materials (GKNM) on the thickness for different base materials have been developed.

**Implement of research result.** Scientific and practical results have been obtained on improving the processes of building a heat-shielding function with a weakening of thermoregulation control.

The developed technology of materials for the design of structural parts and packages of heat-protective garments with mobile objects of implementation at the enterprise LLC TPP «Technoform» (official letter Ex. 1105/1 dated December 28, 2021). The implementation of the results of dissertation research has made it possible to reduce production costs and the cost of production by 1.4 times compared with similar imported products.

Designs of a heat-protective suit with a built-in heating system (controlled thermoregulation) have been developed. Recommendations have been developed for packing materials into packages and parts of heat-protective clothing, taking into account the use of additional mobile equipment / mobile communication equipment, etc. in clothing. The results of experimental data on full-scale testing of heat-protective clothing with a built-in controlled thermoregulation system (automatic clothing heating elements) for operating conditions at low temperatures have been

implemented at the BVN Engineering (official letter Ref. No. 271 dated December 29, 2021). The introduction of the results of dissertation research into production has reduced the cost of raw materials and increased labor productivity by 5%.

**Structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the main text of the dissertation is 119 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Стенькина М.П. Исследование теплофизических свойств полимерной основы для терморегулирующих компонентов оболочки одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов // Universum: технические науки. 2022. № 1(94). Ч.2. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12934> (02.00.00; №1).
2. Стенькина М.П. Систематизация тепловых моделей человека для проектирования одежды с функцией терморегуляции / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов // Развитие науки и технологий. 2022. № 2. С.176-180 (05.00.00; №24).
3. Стенькина М.П. Экспериментальные способы и средства исследования комфорта человека в условиях тепловых воздействий / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов, П.В. Черунов // Развитие науки и технологий. 2022. № 2. С.216-220 (05.00.00; №24).
4. Стенькина М.П. Алгоритмизация системы автоматического обогрева теплозащитной одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Дизайн. Материалы. Технология. 2020. №2(58). С. 98-102. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43068321>(05.00.00; №32).
5. Стенькина М.П. Особенности математического моделирования процессов электризации текстильных оболочек / И.В. Черунова, А.В. Меркулова, Е.О. Лебедева, Е.А. Щеникова, М.П. Стенькина, Т.И.Кочеткова // Швейная промышленность. 2012. № 6. С. 41-42 (05.00.00; №107).

**II бўлим (II часть; II part)**

6. Стенькина М.П. Теплозащитное снаряжение с функцией трансформируемой терморегуляции Развитие науки и технологий / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Костюмология. 2019. №4(4) URL: <https://kostumologiya.ru/12tlkl419.html>
7. Стенькина М.П. Влияние морской среды на свойства текстильных материалов для одежды / И.В. Черунова, А.М. Коринтели, М.П. Стенькина, Т.Ю. Лесникова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т.80. № 3. С. 312-316. URL: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-312-316>
8. Стенькина М.П. Исследование свойств модифицированного утеплителя под воздействием нефти / И.В. Куренова, И.В. Черунова, А.В. Меркулова, Ю.А. Бахвалов, Е.Б. Стефанова, М.П. Стенькина, С.А. Колесник, Е.Н. Сирота, Г.Р. Милютин // Современные проблемы науки и образования. 2013. №5. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Исследование-свойств-модифицированного-утеплителя-Куренова-Черунова/5413d6f3cc6b7320b29f3f6729de430cedbbe71c>.

9. Стенькина М.П. К вопросу интенсификации процессов гигротермической обработки натуральных полимерных материалов легкой промышленности / В.В. Смирнов, Л.В. Ларина, С.А. Колесник, С.В. Князева, Е.Б. Стефанова, М.П. Стенькина, В.С. Савин, Е.Н. Сирота, Ю.А. Галузо // Современные проблемы науки и образования. 2013. №5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10515>
10. Патент на полезную модель RU 197847 U1 Чехол для защиты мобильной электроники от пониженных температур / И.В.Черунова, М.П.Стенькина, Е.Б.Стефанова, П.В.Черунов // Патент 177588 Российская Федерация, МПК А45С 11/24 (2006.01), А45С2011/002 (2006.01), А45С2011/003 (2006.01) Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ДГТУ - № 2017112579; заявл 12.04.2017; опубл. 01.03.2018, Бюл. №7.
11. Патент на изобретение RU 2711059 С1 Трансформируемая куртка для мобильной тепловой защиты человека / И.В.Черунова, Е.Б.Стефанова, П.В.Черунов, М.П.Стенькина, А.М.Коринтели // Патент 2711059 Российская Федерация, МПК А41D 13/00(2006.01) Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ДГТУ - 2019120890; заявл 02.07.2019; опубл. 15.01.2020, Бюл. № 2.
12. Патент на полезную модель RU 194096 U1 Куртка с автоматической системой терморегуляции / И.Ю.Бринк, Н.В.Корнев, Н.М.Останков, А.Ю.Сироткин, М.П.Стенькина, И.В.Черунова // Патент 194096, Российская Федерация, МПК А41D 13/0051 (2019.08) Заявитель и патентообладатель ООО "БВН инжиниринг" - 2019129425; заявл 17.09.2019; опубл. 28.11.2019 Бюл. № 34.
13. Stenkinina M.P. The development of the research techniques of structure and properties of composite textile materials when interacting with viscous fractions of hydrocarbon compounds / P.V. Cherunov, I.V. Cherunova, S.V. Knyazeva, M.P. Stenkinina, E.B. Stefanova, N.Kornev // Proceedings of the 7th International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures (STRUCTURAL MEMBRANES 2015), 19-21 October 2015. Barcelona: International Center for Numerical Methods in Engineering. 2015. Pp.555-564. URL: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/109398>
14. Stenkinina M.P. Investigation of the structure and properties of flexible polymeric materials for integration with thin heat conductors / I.V.Churunova, M.P.Stenkinina, P.V.Churunov // Proceedings of the 8th International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures – (STRUCTURAL MEMBRANES 2017). 9-11 October 2017. Munich. 2017. Pp. 210-216. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2017/frontal/Doc/Ebook2017.pdf>
15. Stenkinina M.P. Influence of Structure and Composition of the Fibrous Materials on the Performance Characteristics of Thermal Protection Structures with Combined Function / I.V.Churunova, L.A.Osipenko, M.P.Stenkinina // Solid State Phenomena Journal. 2018. V. 284. Pp. 65-70. URL: <https://www.scientific.net/SSP.284.65>

16. Stenkina M.P. Verification of thermal models in the design of personal protective equipment against cold / I.V.Churunova, N.V.Kornev, M.P.Stenkina // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (Dynamics of Technical Systems / DTS-2020). 11-13 September 2020. Rostov-on-Don. 2021. №1029: 012035. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1029/1/012035/pdf>
17. Стенькина М.П. Поверхностные эффекты современных материалов в технологии проектирования одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, Е.Б. Стефанова // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8. Ч. 1. С. 32-34.
18. Stenkina M.P. Developing technologies to protect mobile communication means from low temperatures / M.P. Stenkina, I.V. Churunova, N.A. Dmitrienko // Вестник магистратуры. 2016. Т1. № 1(52). С 44-46.
19. Стенькина М.П. Исследование технологии локального обеспечения терморегуляции человека в плотнооблегающих швейных изделиях / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, Е.Н.Сирота // Современные наукоемкие технологии. 2014. №4. С 121-123.
20. Стенькина М.П. Разработка и оценка теплозащитной куртки со встроенной электроникой / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, В.С. Пискозуб // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: сборник научных трудов. Шахты: ИСОиП (ф-л) ДГТУ. 2018. С. 243-249.
21. Стенькина М.П. Анализ методов исследования полимерных материалов в технологиях оценки свойств изделий из них / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, Т.Ю. Лесникова, М.В. Клименко // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: сборник научных трудов. Шахты: ИСОиП (ф-л) ДГТУ. 2017. С. 422-427.
22. Стенькина М.П. Маркетинговая оценка продуктов технологий комфорта с носимой электроникой / М.П.Стенькина, П.В.Черунов, И.В.Черунова // Современный стиль управления: материалы научно-технической конференции . 28 октября 2016 г.. Чебоксары: Чувашский гос.пед.ун-т им. И.Я. Яковлева. 2016. С. 495-499.
23. Стенькина М.П. Эффективность инновационных решений в объёмных текстильных прокладочных материалах / Е.Б. Стефанова, М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Социально-экономические и технико-технологические проблемы развития сферы услуг: сборник научных трудов. Ростов-на-Дону: РТИСТ ЮРГУЭС. 2012. Вып. 11. Ч.3. С.381-386.
24. Стенькина М.П. Капиллярные свойства современных материалах для верхней одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, Е.А. Щеникова // Наукоемкие технологии на службе экологии человека: Материалы международной научно-технической конференции. Новочеркасск: Издательство «ЛИК». 2012. С. 82-87.
25. Стенькина М.П. Оценка ресурсов развития обогреваемых швейных изделий для эксплуатации при критическом холоде / М.П. Стенькина, И.В. Черунова

- // Будущее науки-2016: материалы Международной молодежной научной конференции 14-15 апреля 2016. Курск: ЮЗГУ. 2016. С.262-266.
26. Стенькина М.П. Исследование и разработка технологических условий контурного интегрирования теплопроводных материалов в пористые оболочки для деталей одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Научная весна-2017 (Технические науки) : сборник научных трудов II Всероссийской (с участием граждан иностранных государств) научной конференции, 15-19 мая 2017. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУю 2017. С. 38-45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32214104&pff=1>
27. Стенькина М.П. Обоснование конструктивного решения специального теплозащитного чехла для термочувствительной электронной техники / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Научная весна-2016 (Технические науки): сборник научных трудов I Всероссийской (с участием граждан иностранных государств) научной конференции, 20 мая 2016 г. Шахты: ИСОиП (ф-л) ДГТУ. 2016. С. 273-276. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27406938&ysclid=19fcle5vlo909457401>
28. Стенькина М.П. Перспективы развития способов защиты мобильных средств связи от пониженных температур / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Влияние информационных процессов на становление современной науки: сборник научных трудов. Шахты: ИСОиП (ф-л) ДГТУ. 2015. С. 170-173.
29. Стенькина М.П. Способы искусственной тепловой защиты объектов в условиях критического холода / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3(1). С. 103-104.
30. Стенькина М.П. Оценка влияния технологий модификации на условия импрегнирования текстильных материалов технического назначения / И.В.Черунова, Е.Б.Стефанова, М.П.Стенькина, П.В.Черунов // Российские регионы как центры культурного развития в современном социокультурном пространстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 16 октября 2015. Курск: ЮЗГУ. 2016. С.75-83.
31. Стенькина М.П. Развитие технологии проектирования защитных устройств для средств связи со встроенными системами теплопередачи / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Научно-технологическая конференция учащихся, студентов, аспирантов и молодых ученых – 2016: материалы XVIII молодежной Международной научно-технической конференции. 20 апреля 2016. Москва: МГТУ им.Н.Э.Баумана. С.115-122.
32. Стенькина М.П. Исследование влияния режимов промерзания материалов верха теплозащитной одежды на параметры их истирания / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова, М.П. Стенькина // Фан, таълим, ишлаб чикариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўкимачилик, энгил саноат, матбаа ишлаб чикариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими : Республика илмий – амалий анжумани маколалар тўплами, 16-17 мая 2018. Ташкент: Тошкент тўкимачилик ва энгил саноат институти. 2018. Т. 2. С. 458-461.

33. Stenkina M.P. The effect of low temperatures on the operation of mobile communications // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. Ч.2. С. 148-150. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27400607&ysclid=19fcjx2j73683617320>
34. Стенькина М.П. Исследование и разработка терморегулирующих элементов одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Юбилейная конференция студентов и молодых ученых, посвященная 85-летию ДГТУ: сборник докладов. 12-13 мая 2015. Ростов-на-Дону: ДГТУ. 2015. С. 4598-4605.
35. Стенькина М.П. Исследование индекса PMV для оценки теплового состояния человека / М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Студенческий научный форум - 2018: материалы X Международной студенческой научной конференции. 15-20 февраля 2018. Москва: РАЕ. 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005298>.

Автореферат “Дурдона” нашриётида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек,  
рус ва инглиз тилларидаги матнларнинг мослиги текширилди.



Босишга рухсат этилди: 02.02.2023 йил. Бичими 60x84 1/16 ,  
«Times New Roman» гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 3. Адади: 100 нусха. Буюртма № 27.  
Гувоҳнома АІ №178. 08.12.2010.

“Садриддин Салим Бухорий” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.  
Бухоро шаҳри, М.Иқбол кўчаси, 11-уй. Тел.: 65 221-26-45



