

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

**Саргсян Самсон Айказович**

**РАЗРАБОТКА ОБОГРЕВАЕМОЙ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.19.01 - «Материаловедение, товароведение и технология  
легкой промышленности»

Ереван 2015

---

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ  
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՎԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

**Սարգսյան Սամսոն Հայկազի**

**ՀԱՏՈՒԿ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՏԱՔԱՅՎՈՂ ՀԱԳՈՒՍՏԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Ե.19.01 - «Թեթև արդյունաբերության նյութագիտություն,  
ապրանքագիտություն և տեխնոլոգիա» մասնագիտությամբ  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի զինական աստիճանի  
հայցման ատենախոսության

**Մ Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր**

Երևան 2015

Тема диссертации утверждена в Государственном инженерном университете Армении (Политехник).

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. З.А. МИНАСЯН

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, проф. С.М.МАРГАРЯН  
канд. техн. наук, доц. Н.В.МУГНЕЦЯН

Ведущая организация: ООО Лентекс, г. Гюмри

Защита диссертации состоится 13 ноября 2015г. в 15<sup>00</sup> ч. на заседании Специализированного совета 031 - “Металлургия и материаловедение”, действующего в НПУА по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 9 октября 2015г.

Ученый секретарь Специализированного совета 031, докт. техн. наук, доцент



А.М. ОГАНЕСЯН

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանում (Պոլիտեխնիկ):

Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. թեկնածու, դոց. Զ.Ա. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝  
տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Ս.Ս.ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ  
տեխ. գիտ. թեկնածու, դոց. Ն.Վ. ՄՈՒՂՆԵՑՅԱՆ

Առաջատար կազմակերպություն՝ Լենտեքս ՍՊԸ, ք. Գյումրի

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2015թ. նոյեմբերի 13-ին, ժամը 15<sup>00</sup>-ին, ՀԱՊՀ-ում գործող 031 Մետալուրգիա և նյութագիտություն Մասնագիտական խորհրդի նիստում, հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:

Մեղմագիրն առաքված է 2015թ. հոկտեմբերի 9-ին:

031 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, տեխ. գիտ. դոկտոր, դոցենտ



Ս.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Создание нормального микроклимата непосредственно вокруг тела человека, обеспечение его нормального теплового состояния во многом определяются конструкцией одежды и техническими параметрами пакета ее материалов (например, их толщиной, воздухопроницаемостью, теплопроводностью, влажностью).

Проведенный обзор литературных источников показал, что существующие в настоящее время материалы для специальной одежды не могут противодействовать низким отрицательным температурам внешней среды даже при большом количестве ее слоев. Во-первых, увеличивается масса специальной одежды, что отрицательно сказывается на работоспособности человека и, во-вторых материалы, собранные в пакеты, не могут обеспечивать требуемое термическое сопротивление пакета в соответствии с параметрами внешней среды.

Существующее ограничение в создании одежды с высокими теплоизоляционными свойствами не позволяет защитить организм человека от охлаждения при воздействии на него особо низких температур, тем более если он вынужден длительное время находиться в этих условиях.

Согласно полученным результатам и имеющимся данным, из применяемых в настоящее время материалов практически нельзя изготовить одежду с теплоизоляционными свойствами, превышающими  $1,1 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}$ . Однако и эта одежда в условиях производственной деятельности не может быть использована вследствие больших массы и толщины, ограничивающих подвижность человека и его работоспособность.

Применение внешнего источника тепла позволит обеспечить соответствующее тепловое состояние человека при одновременном уменьшении массы одежды и расхода материалов на ее изготовление, повысить работоспособность человека и сократить непроизводительные затраты времени на обогрев.

Следует отметить, что большинство попыток по использованию в одежде внешних источников тепла связано с применением электроэнергии, которая может обеспечить наиболее регулируемую и равномерную подачу тепла к поверхности тела человека. Из проводников тока для изготовления одежды наиболее приемлемыми в настоящее время являются токопроводящие графитированные: ленты, которые легко настраиваются на слой материала, имеют малую массу и большую теплоизлучающую поверхность.

В настоящее время разработаны различные варианты одежды с использованием графитированных токопроводящих элементов, отличающиеся друг от друга локализацией последних в одежде, а также их общей площадью. Однако разработанные варианты электрообогреваемой одежды или стационарны и требуют напряжения 220 В от сети переменного тока, что ограничивает зону действия рабочего, или не способны функционировать длительное время при использовании источников постоянного тока вследствие их малой мощности. Поэтому разработка и комплексное исследование электрообогреваемой специальной одежды для рабочих, способной длительное время функционировать без подзарядки источников питания в переходном и холодном периодах года, и, имеющей сравнительно небольшую массу, представляет собой актуальную задачу.

**Целью диссертационной работы** является повышение теплозащитных свойств и снижение массы одежды для строителей, работающих в условиях пониженных температур внешней среды.

В соответствии с целью диссертационной работы выдвинуты и решены следующие задачи:

- обосновать целесообразность применения электрообогрева для повышения теплозащитных свойств одежды;
- провести выбор и обоснование основных и вспомогательных материалов для разрабатываемых вариантов электрообогреваемой одежды для строителей;
- обосновать и выбрать нагревательные элементы и источники питания постоянного тока для ее электрообогрева;
- разработать варианты конструкций электрообогреваемой одежды для строителей и провести выбор наилучшего из них;
- исследовать местные теплотери с поверхности тела строителя в электрообогреваемой одежде при различных температурах внешней среды и на их основе определить места установки нагревательных элементов;
- исследовать динамику изменения температуры отдельных частей тела строителя в электрообогреваемой одежде и температуры на поверхностях ее отдельных слоев при различных температурах внешней среды;
- провести сравнение существующей электрообогреваемой одежды с разработанной по условиям обеспечения нормального теплового состояния и высокой работоспособности строителя в переходном и холодном периодах года;
- разработать математические модели, позволяющие рассчитать нестационарный процесс переноса теплоты через многослойный пакет материалов разработанных вариантов электрообогреваемой одежды.

**Объектом исследования** являются разработанные варианты специальной электрообогреваемой одежды для строителей.

**Предметом исследования** являются теплозащитные свойства разработанных вариантов электрообогреваемой одежды.

**Научная новизна работы.** В диссертационной работе получены результаты, отличающиеся научной новизной.

- Доказано, что применением электрообогрева можно значительно повысить теплозащитные свойства одежды и одновременно снизить ее массу.
- Показано, что наилучшими нагревательными элементами, с точки зрения массы и затрат электроэнергии, являются резисторы марки МЛТ.
- Выявлено, что резисторы для электрообогрева необходимо устанавливать на участках одежды, характеризующихся наибольшими тепловыми потерями, предотвращая перегрев организма строителя.
- Показано, что применение регулятора температуры в электрообогреваемой одежде позволяет устанавливать оптимальный микроклимат в пододежном пространстве.
- Выявлено, что нагревательная система из электрических резисторов и аккумуляторной батареи постоянного тока позволяет около 4-х часов обеспечивать нормальный тепловой режим без подзарядки батареи.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что разработанная электрообогреваемая одежда, обладая сравнительно небольшой массой, позволяет строителю продолжительное время находиться на открытом воздухе в условиях различных отрицательных температур внешней среды, а также в возможности использования предложенной электрообогреваемой одежды для других профессий рабочих. Результаты диссертационной работы могут быть успешно использованы при

конструировании электрообогреваемой одежды на швейных предприятиях, научно-исследовательских институтах а также в учебном процессе при преподавании дисциплин “Технология швейных изделий” и “Конструирование швейных изделий”.

**Методы исследования.** В выполненных в диссертационной работе теоретических и экспериментальных исследованиях использованы методы метрологии, физического, математического моделирования, приближенных методов решения дифференциальных уравнений на базе широкого использования компьютерной техники.

**Основные положения,** выносимые на защиту;

- варианты конструкций электрообогреваемой одежды для строителей работающих в северных районах Армении;
- система электрообогрева основного варианта одежды;
- система контроля температуры пододежного пространства,
- результаты исследований теплотерь с поверхности тела строителя в электрообогреваемой одежде, выполняющего работы средней тяжести при различных температурах внешней среды;
- результаты экспериментальных исследований температурных полей в электрообогреваемой одежде и температур пододежного пространства в зависимости от температуры внешней среды при выполнении строителем работ средней тяжести;
- база данных по продолжительности работы аккумуляторной батареи до подзарядки при низких температурах внешней среды;
- математические модели расчета температурных полей в одежде с учетом электрообогрева.

**Апробация результатов работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- Международной научно-практической конференции “Инновационные технологии и защита окружающей среды” Государственного университета им. А. Церетели (г. Кутаиси, 2012г.);
- Международной научно-практической конференции “Наука-образованию, производству, экономике” Белорусского национального технического университета (г. Минск, 2014г);
- Ежегодных научных конференциях НПУА (г. Ереван, 2012 и 2013гг.);
- Научно-методических семинарах кафедры “Текстильная инженерия” Гюмрийского филиала ГИУА (г. Гюмри: 2012-2013гг).

**Публикации.** Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 научных работах, одна из которых без соавторов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов и списка использованной литературы, включающего 105 наименования. Она изложена на 123 страницах, содержит 58 рисунков, 25 таблиц и одно приложение.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна, практическая ценность работы, область применения и основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен анализ литературных данных, патентных источников, периодических изданий и диссертаций в области данных по системам и изделиям с электрообогревом, нагревательным элементам, источникам питания и конструкциям электрообогреваемой одежды.

Подробно рассмотрены: электрообогрев сидений, медицинские бандажи и поясничные подушки, утягивающие повязки для пояса, плеча, запястья, бедра, стопы, локтя, лодыжки, колена с инфракрасным обогревом, стельки и перчатки с подогревом, обогревающие спальные принадлежности, медицинские накидки, грелки, USB – сапожки, тапочки, рукавицы, массажные накидки с подогревом.

Рассмотрены нагревательные элементы и источники питания, электрообогреваемая одежда с токопроводящими графитированными лентами, куртки, жилеты майки, штаны с подогревом, комбинезон с электроподогревом серии "Гелиос".

Отмечено, что существующие системы и изделия с электрообогревом нецелесообразно использовать в разрабатываемом комбинезоне для строителей, так как они в основном питаются от сети переменного тока напряжением 220 В что ограничивает свободу движений строителя в процессе производственной деятельности. Применение нихромовых нагревательных элементов, электронагревательной ткани, тонкопленочных и ленточных электронагревателей требует больших затрат электроэнергии и большого количества аккумуляторов, что приводит к увеличению массы комбинезона. Использование электронагревательной ткани в комбинезоне приводит к нагреву всей поверхности человеческого тела, что недопустимо с медицинской точки зрения. В качестве источника питания целесообразно выбрать аккумуляторы с меньшей массой, но с достаточно высокой мощностью для увеличения времени непрерывной работы системы обогрева разрабатываемого комбинезона до подзарядки аккумуляторов.

**Во второй главе** описана организация, порядок и методика проведения экспериментальных исследований диссертационной работы.

Объектом исследования в диссертационной работе являются разработанные варианты электрообогреваемых комбинезонов для строителей, а предметом исследования их теплозащитные свойства.

Для создания вариантов электрообогреваемых комбинезонов были проанализированы существующие в настоящее время, аналогичные конструкции, пакеты материалов для теплозащитной одежды и системы электрообогрева.

Экспериментальные исследования разработанных вариантов электрообогреваемых комбинезонов и выбор наилучшего варианта из них были проведены в переходном и холодном периодах года с 2011 по 2014г.г. в г. Гюмри республики Армения на открытой стройплощадке при температурах внешней среды от 0 до -20 °С и относительной влажности 40...80%.

Для разработанных вариантов электрообогреваемых комбинезонов были проведены следующие экспериментальные исследования.

1. Определены местные теплотери строителя в электрообогреваемых комбинезонах с помощью тепломерных датчиков марки Extech MT30 при температурах внешней среды 0...-20°С согласно стандарту. Нагревательные элементы устанавливались на тех участках электрообогреваемого комбинезона, где теплотери наибольшие.

2. Исследована динамика изменения температуры отдельных участков тела строителя в электрообогреваемых комбинезонах и температуры на поверхностях отдельных слоев нательного белья и комбинезонов с помощью проградуированных терморезисторов марки ntc при температурах внешней среды 0...-20°С согласно стандарту. Измерение температур на различных участках поверхности тела строителя и

между слоями в электрообогреваемых комбинезонах проводилось через 2 часа после начала его работы. Для регулирования температуры пододежного пространства в электрообогреваемых комбинезонах в основном использовался терморегулятор марки ХН-W1207, шуп которого устанавливался на подкладке комбинезонов в области туловища строителя. В экспериментах фиксировались 3 положения терморегулятора, соответствующие температурам пододежного пространства 32°C, 30°C и 28°C. Регистрация сопротивлений терморезисторов производилась с помощью омметра марки ВОЗвс. Относительная влажность внешней среды регистрировалась психрометром марки RH350.

3. Исследована продолжительность работы аккумуляторной батареи, питающей нагревательные элементы, по степени ее разрядки, т.е. по изменению напряжения от первоначального значения 14,4В до 11В с фиксацией значения напряжений с помощью цифрового вольтметра марки ЕК-SVALOO13NW через каждые 30 минут. Исследование продолжительности работы аккумуляторной батареи при температурах внешней среды 0...-20°C проводилось при всех фиксированных значениях температуры терморегулятора 28, 30 и 32°C. Если напряжение аккумуляторной батареи понижалось от значения 14,4 В до значения ниже 11 В, то проводилась подзарядка аккумуляторной батареи во время обеденного перерыва строителя или устанавливался новый комплект заряженной батареи для работы в течение последующих 4 ч (до окончания рабочей смены). Для каждой температуры внешней среды определялось оптимальное значение температуры терморегулятора исходя из условия наиболее экономного использования аккумуляторной батареи.

4. В диссертационной работе проведены также сравнительные и теоретические исследования. Проведено сравнение разработанного электрообогреваемого комбинезона 3б по основным показателям с существующим электрообогреваемым комбинезоном фирмы „Гелиос“. Теоретически исследованы температурные поля в разработанных вариантах электрообогреваемых комбинезонов.

**В третьей главе** описаны четыре варианта электрообогреваемого комбинезонов разработанных на кафедре “Текстильная инженерия” Гюмрийского филиала Национального политехнического университета Армении, и, предназначенных для строителей, работающих в северных районах республики Армения: электрообогреваемый комбинезон 1 с нихромовыми нагревательными элементами, электрообогреваемый комбинезон 2 с токопроводящими графититированными лентами, электрообогреваемый комбинезон 3 (а) с электрическими резисторами, расположенными в соответствии с местными теплотерями строителя в передней и задней частях туловища, электрообогреваемый комбинезон 3 (б) с электрическими резисторами, расположенными в соответствии с местными теплотерями строителя в передней и задней частях туловища, а также на голени левой и правой ног. Проведен выбор материалов для вариантов электрообогреваемого комбинезона.

Комбинезон 1 состоит из четырех слоев: капроновой дублированной ткани, толщиной 0,17 мм; технической ткани „саржа“, толщиной 0,39 мм; синтепона (2 слоя), толщиной 10 мм и подкладочной ткани „сатин“, толщиной 0,12 мм и надевается на зимний комплект нательного белья (бельевая ткань-байка, толщиной 0,6мм и фуфайка, толщиной 0,95мм). Комбинезон 2 состоит из пяти слоев: шинельного сукна, толщиной 3,33 мм; ватина полушерстяного трикотажного (2 слоя), общей толщиной 5,68 мм; прокладочной ткани толщиной 0,35 мм; костюмной шерстяной ткани (бостон), толщиной 1,2 мм и подкладочной ткани, толщиной 0,35 мм и надевается на зимний комплект нательного белья(бельевая ткань- байка, толщиной 2,6мм и

сорочечная ткань, толщиной 1.21мм). Комбинезоны 3а и 3б состоят из четырех слоев: дублированной поливинилхлоридной ткани, толщиной 0.17мм, бязи, толщиной 0.39мм, синтепона (2 слоя), общей толщиной 10мм, дубль-сатина, толщиной 0.18мм. В качестве нательного белья служат майка с короткими рукавами из хлопчатобумажной ткани толщиной 0,6мм, файка с длинными рукавами из хлопчатобумажной ткани с начесом толщиной 0,95мм, трусы из хлопчатобумажной ткани толщиной 0,6мм и колготы из хлопчатобумажной ткани с начесом толщиной 0.95мм, на ноги надеваются носки из хлопчатобумажной ткани толщиной 2,5мм и зимние полуботинки. Вариант комбинезона 3б является наиболее приемлемым из четырех предложенных вариантов, так как на его обогрев затрачивается наименьшая энергия, а расположение нагревательных элементов в местах с наибольшими тепловыми потерями позволяет избежать перегрева отдельных частей тела строителя. С этой точки зрения, экспериментальные исследования в основном были проведены на комбинезоне 3б. Система электрообогрева комбинезона для строителей представляет собой восемь печатных плат (пакетов) А, В, С, D, E, F, G, H составленных из электрических резисторов марки МЛТ. Сопротивление каждого резистора  $R=30\text{ Ом}$ . Три пакета А, В, С устанавливаются в особых мешочках с прорезями и закрепляются на слое синтепона, граничащем с подкладкой комбинезона в передней части туловища. Пакеты D, E, F в мешочках закрепляются на слое синтепона, граничащем с подкладкой комбинезона в задней части туловища. Пакеты G и H в мешочках закрепляются на слое синтепона, граничащем с подкладкой комбинезона в области голени ног строителя.

Каждый пакет составлен из 12-ти резисторов, соединенных последовательно. Поэтому сопротивление каждого пакета  $R_A = R_B = R_C = R_D = R_E = R_F = R_G = R_H = 36\text{ Ом}$ . Подключение отдельных пакетов в электрическую цепь проводится при помощи специальных штеккеров, которые позволяют заменить вышедший из строя пакет. Для замены пакета расстегивается застежка – молния на подкладке, вышедший из строя пакет отсоединяется от штеккера, вынимается из мешочка и заменяется новым. Пакеты резисторов А и В, С и D, E и F, G и H соединяются попарно последовательно, так что:  $R_{AB} = R_{CD} = R_{EF} = R_{GH} = 72\text{ Ом}$ , а  $R_{AB}$ ,  $R_{CD}$ ,  $R_{EF}$  и  $R_{GH}$  подключаются в электрическую цепь параллельно. Общее сопротивление электрической цепи составляет:

$$R_{\text{общ}} = R_{AB} / 4 = 18\text{ Ом}.$$

Питание электрических резисторов осуществляется 12-тью никель-кадмиевыми аккумуляторами постоянного тока типа GP, рассчитанными на силу тока 2700мА и напряжение 1.2В. Аккумуляторы подключаются друг с другом последовательно, поэтому:  $U_{\text{общ}} = 14.4\text{ В}$ .

Сила тока в электрической цепи по закону Ома составляет:

$$I = U_{\text{общ}} / R_{\text{общ}} = 0.8\text{ А}$$

Для установки требуемой температуры в пододежном пространстве в электрическую цепь включен терморегулятор типа ХН-W1207.

Схема подключения пакетов электрических резисторов и терморегулятора в электрическую цепь комбинезона 3б приведена на рис. 1.

Аккумуляторы устанавливаются в боковых карманах комбинезона по шесть с каждой стороны и во время перерыва строителя могут подключаться к зарядному устройству для подзарядки или заменяться новыми.



Терморегулятор устанавливается в верхнем левом углу передней части кармана комбинезона и имеет клавишу для установки требуемой температуры пододежного пространства.

Приведена базовая основа и технология изготовления разработанных комбинезонов.

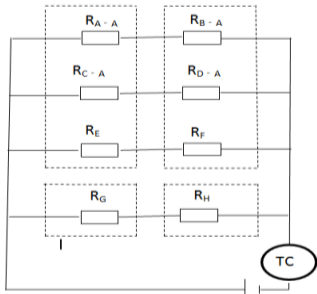


Рис. 1. Электрическая цепь комбинезона 3б

Для установки требуемой температуры в пододежном пространстве в электрическую цепь включен терморегулятор типа ХН-В1207.

Схема подключения пакетов электрических резисторов и терморегулятора в электрическую цепь комбинезона 3б приведена на рис. 1.

Проведена градуировка терморезисторов для экспериментальных исследований разработанных электрообогреваемых комбинезона и получена градуировочная зависимость для терморезистора типа ntc:  $t = -26,01 \ln(R) + 83,58^{\circ}\text{C}$ , которая справедлива при температурах от  $5^{\circ}\text{C}$  (включительно) до  $95^{\circ}\text{C}$  и градуировочная зависимость  $t = -0,0045R^2 + 0,21R - 1,43$ , которая справедлива при температурах от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ .

**В четвертой главе** приведены результаты экспериментальных исследований электрообогреваемого комбинезона 3б. Проведено исследование продолжительности работы аккумуляторных батарей при различных температурах внешней среды и выбор рационального положения терморегулятора. Через каждые 30 минут фиксировалось напряжение на клеммах батареи при трех положениях терморегулятора:  $28, 30, 32^{\circ}\text{C}$ . Напряжение полностью заряженной аккумуляторной батареи составляло  $16,57\text{ В}$ .

Несмотря на то, что при температуре внешней среды  $-20^{\circ}\text{C}$ , наименьшая разряженность аккумуляторной батареи наблюдается при положении терморегулятора  $28^{\circ}\text{C}$ , однако эта температура не может обеспечить тепловой комфорт строителя. Поэтому для температуры внешней среды  $-20^{\circ}\text{C}$  оптимальным положением терморегулятора является  $32^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре внешней среды напряжение аккумуляторной батареи падает от  $16,57\text{ В}$  до  $12,2\text{ В}$  в течение 4-х часов работы строителя. После перерыва аккумуляторная батарея заменяется на новую, а разряженная батарея ставится на подзарядку. При температуре внешней среды  $-15^{\circ}\text{C}$ , наименьшая разряженность аккумуляторной батареи наблюдается при положении терморегулятора  $28^{\circ}\text{C}$ , однако эта температура не может обеспечить тепловой комфорт строителя. Поэтому для температуры внешней среды  $-15^{\circ}\text{C}$  оптимальным положением терморегулятора является  $32^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре внешней среды напряжение аккумуляторной батареи падает от  $16,57\text{ В}$  до  $12,6\text{ В}$  в течение 4-х часов работы строителя. После перерыва аккумуляторная батарея заменяется на новую, а разряженная батарея ставится на подзарядку. При температуре внешней среды  $-10^{\circ}\text{C}$ , наименьшая разряженность аккумуляторной батареи наблюдается при положении терморегулятора  $28^{\circ}\text{C}$ , однако эта температура не может обеспечить тепловой комфорт строителя. Поэтому для температуры внешней среды  $-10^{\circ}\text{C}$  оптимальным положением терморегулятора является  $32^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре внешней среды напряжение аккумуляторной батареи падает от  $16,57\text{ В}$  до  $13,4\text{ В}$  в течение 4-х часов работы

строителя. После перерыва аккумуляторная батарея заменяется на новую, а разряженная батарея ставится на подзарядку. При температуре внешней среды  $-5^{\circ}\text{C}$ , наименьшая разряженность аккумуляторной батареи наблюдается при положении терморегулятора  $28^{\circ}\text{C}$ , однако эта температура не может обеспечить тепловой комфорт строителя. Поэтому для температуры внешней среды  $-5^{\circ}\text{C}$  оптимальным положением терморегулятора является  $30^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре внешней среды напряжение аккумуляторной батареи падает от  $16,57\text{ В}$  до  $14,29\text{ В}$  в течение 4-х часов работы строителя. После перерыва разряженная аккумуляторная батарея ставится на подзарядку и используется новая батарея.

При температуре внешней среды  $0^{\circ}\text{C}$ , наименьшая разряженность аккумуляторной батареи наблюдается при положении терморегулятора  $28^{\circ}\text{C}$ , которое является оптимальным и обеспечивает тепловой комфорт строителя. При этой температуре внешней среды напряжение аккумуляторной батареи падает от  $16,57\text{ В}$  до  $14,56\text{ В}$  в течение 4-х часов работы строителя. После перерыва аккумуляторная батарея ставится на подзарядку и будет работать еще 4 часа.

При достижении указанных температур терморегулятора последний отключает систему электрообогрева комбинезона и включает ее когда температура пододежного пространства понизится на  $1^{\circ}\text{C}$  при данной температуре внешней среды.

Проведено исследование местных теплотерь с поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне при различных температурах внешней среды. В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены графики изменения местных теплотерь с поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне 3б в течение рабочей смены при температурах внешней среды  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $0^{\circ}\text{C}$ .

Исследования показали, что наименьшее значение теплотерь с поверхностей туловища, плеча, бедра, голени, стопы, кисти и головы строителя наблюдается в самом начале и конце рабочей смены, при всех значениях температур внешней среды.

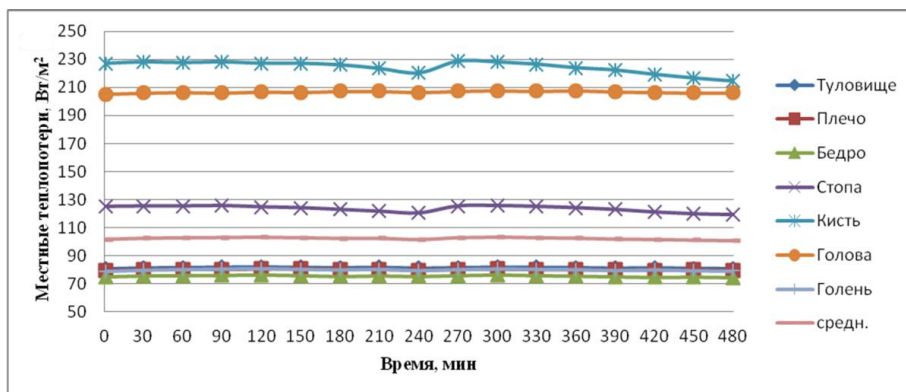


Рис. 2. Изменение местных теплотерь с поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне в течение рабочей смены при температуре внешней среды  $-20^{\circ}\text{C}$ .

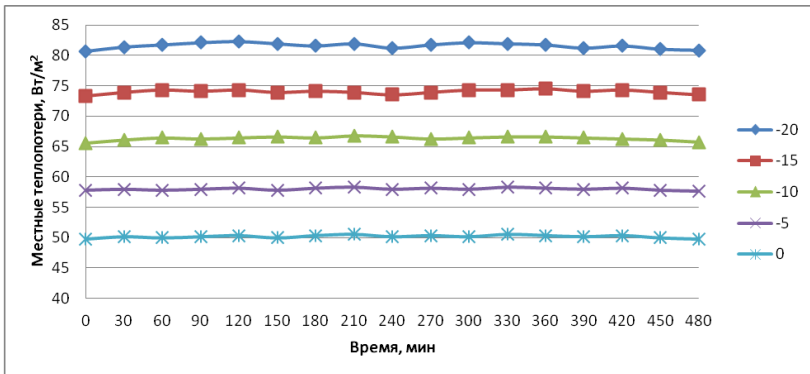


Рис. 3. Изменение местных теплототер с поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне в течение рабочей смены при температуре внешней среды 0 °С.

С понижением температуры внешней среды от 0°С до -20°С теплототери с поверхности туловища, плеча и бедра возрастают примерно в 1.5-1.6 раза, с поверхности стопы и кисти примерно в 1,7-1,8 раза, а с поверхности головы – в 1,6-1,7 раза. Теплототери с поверхностей туловища, плеча, бедра и голени строителя при фиксированной температуре внешней среды в течение рабочей смены изменяются незначительно, что связано с работой терморегулятора. Теплототери с поверхности стопы и кисти строителя постепенно уменьшаются до перерыва, затем в течение 30-и минут после чего резко возрастают, а потом постепенно убывают до конца рабочей смены. Резкий скачок теплототер после перерыва объясняется выходом строителя из теплого помещения на открытую стройплощадку, а непостоянство теплототер с поверхности стопы и кисти - отсутствием нагревательных плат этих зон.

Проведено исследование динамики изменения локальных температур тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне. В качестве примера на рис. 4 и 5 представлены графики изменения локальных температур тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне 3б при температурах внешней среды -20°С и 0 °С

Наименьшее значение температуры поверхностей туловища, плеча, бедра, головы и голени строителя наблюдается в самом начале и конце рабочей смены при всех значениях температур внешней среды. С понижением температуры внешней среды от 0°С до -20°С температура этих поверхностей возрастает примерно на 0.5-0.6 °С. Температура туловища, плеча и бедра строителя при фиксированной температуре внешней среды в течение рабочей смены изменяются скачкообразно, но незначительно что связано с работой терморегулятора.

Наименьшее значение температуры стопы и кисти строителя наблюдается в самом конце рабочей смены, при всех значениях температур внешней среды. С понижением температуры внешней среды от 0°С до -20°С температура стопы возрастает примерно на 1.5-2 °С, а кисти - 2-2,5 °С, что объясняется отсутствием

обогреваемых плат в этих зонах. С понижением температуры внешней среды от 0°C до -20°C температура головы возрастает примерно на 0.5 - 1 °С.

С понижением температуры внешней среды от 0°C до -20°C температура голени возрастает примерно на 0.5-0.8 °С. Температура голени строителя при фиксированной температуре внешней среды в течение рабочей смены изменяются незначительно, что связано с работой терморегулятора.

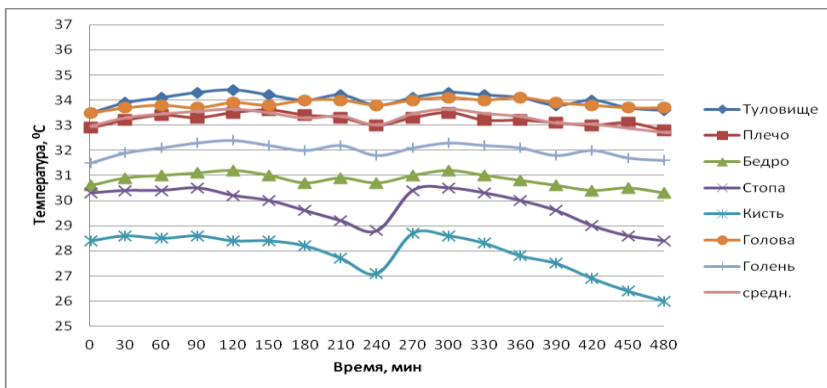


Рис. 4. График изменения локальных температур поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне в течение рабочей смены при температуре внешней среды -20°C

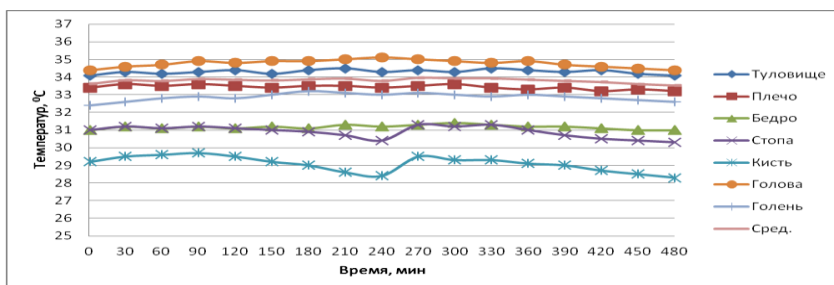


Рис. 5. График изменения локальных температур поверхности тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне в течение рабочей смены при температуре внешней среды 0 °С.

Проведено исследование средних температур на поверхностях отдельных слоев белья и электрообогреваемого комбинезона. Результаты исследований сведены в табл. 1.

Средняя температура на наружном слое электрообогреваемого комбинезона позволяет определить коэффициент теплоотдачи с поверхности тела строителя при различных температурах внешней среды. Он изменяется в пределах 9-10 Вт/м<sup>2</sup> К.

Таблица 1

Средняя температура на поверхностях отдельных слоев белья и электрообогреваемого комбинезона при различных температурах внешней среды, °С.

№ слоя	Поверхность	-20 °С	-15 °С	-10 °С	-5 °С	0 °С
1	2	3	4	5	6	7
1	левая	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5
	правая	34,78	34,96	35,13	35,3	35,48
2	левая	34,78	34,96	35,13	35,3	35,48
	правая	32,06	32,52	32,96	33,41	33,86
3	левая	32,06	32,52	32,96	33,41	33,86
	правая	31,54	32,06	32,55	33,05	33,55
4	левая	31,54	32,06	32,55	33,05	33,55
	правая	30,42	31,06	31,66	32,28	32,89
5	левая	30,42	31,06	31,66	32,28	32,89
	правая	0,88	5,3	8,79	12,31	15,82
6	левая	0,88	5,3	8,79	12,31	15,82
	правая	0,4	4,87	8,4	11,97	15,53

В пятой главе проведено математическое моделирование теплотеносных процессов в электрообогреваемых комбинезонах и оценка эффективности электрообогрева.

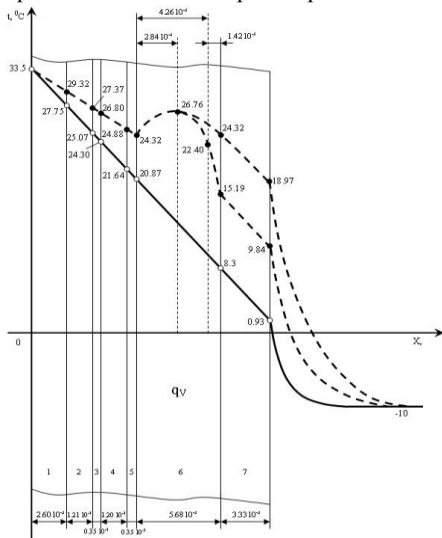


Рис. 6. Конструкция комбинезона 2 и температурные поля в ней.

Определена эффективность применения внутреннего электрообогрева комбинезона 2 для строителя путем сравнения теплотерь с поверхности тела человека при наличии и отсутствии обогрева и неизменной конструкции одежды и параметров внешней среды. Электрообогрев комбинезона 2 осуществляется токопроводящими графитированными лентами мощностью  $p=35$  Вт. В качестве источников питания используются аккумуляторные батареи, которые периодически подзаряжаются от электросети переменного тока во время перерыва строителя.

На рис. 6 показаны конструкция комбинезона 2 и температурные поля в ней при отсутствии электрообогрева (сплошная линия) и его наличии (пунктирная линия).

Определены теплотери с поверхности тела человека в комбинезона 2 для следующих двух случаев: 1). в комбинезоне отсутствует электрообогрев; 2). в слое „ 6 ” расположены токопроводящие графитированные ленты мощностью  $q_v$ .

Результаты расчетов показывают, что при неизменной конструкции комбинезона 2 и параметрах внешней среды применение внутреннего электрообогрева повышает температуры на всех поверхностях слоев одежды (за исключением слоя, контактирующего с телом человека) и снижает теплоотдачу от наружной поверхности одежды в 2,5 раза, увеличивая термическое сопротивление теплопереходу от поверхности тела человека к внешней среде примерно в 1,4 раза, т.е. защищает его тело от охлаждения, а применение электрообогрева снижает удельные теплопотери с поверхности тела человека в указанном комбинезоне 2 на  $30 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ , что позволит снизить массу одежды примерно в 1,25 раза, уменьшить расход материалов на ее изготовление и повысить работоспособность строителя.

Проведено моделирование нестационарных температурных полей в электрообогреваемом комбинезоне 3б, надеваемом на нательное белье, с учетом следующих обозначений: температура внутренней воздушной среды между левой поверхностью нательного белья и телом строителя -  $t_{f1}$ , температура внешней воздушной среды -  $t_{f2}$ , коэффициент теплоотдачи от внутренней воздушной среды к примыкающей к телу строителя поверхности нательного белья -  $\alpha_1$ , коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности комбинезона к внешней среде -  $\alpha_2$ , мощность внутренних источников теплоты  $q_v$ , общая толщина зимнего пакета -  $S$ , средний коэффициент температуропроводности отдельных слоев пакета -  $a$ , средняя массовая теплоемкость отдельных слоев -  $c$ , средняя плотность отдельных слоев пакета -  $\rho$ , оператор Лапласа -  $\nabla^2 t$  (рис. 7). Пакет нательного белья и комбинезона разбит на

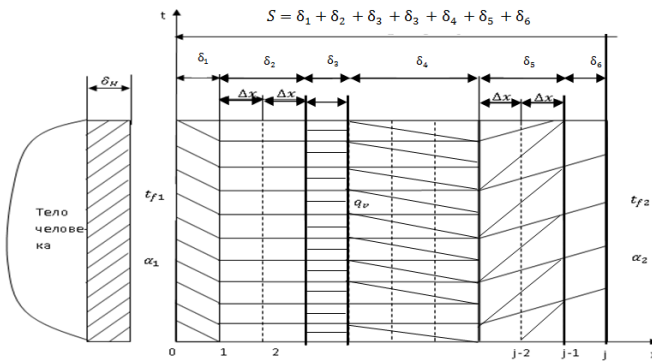


Рис. 7. Расчетная схема пакета комбинезона 3 б, включающей нательное белье и комбинезон

элементарные полоски толщиной  $\Delta x$  для реализации численного метода решения дифференциального уравнения теплопроводности  $\partial t / \partial \tau = a \cdot \nabla^2 t + q_v / (c \cdot \rho)$  с граничными условиями первого рода на примыкающей к телу строителя поверхности

нательного белья и на границах слоев и третьего рода - на наружной поверхности комбинезона и начальным условием  $t(0, x) = f(x) = 36,5 - E \cdot \left(\frac{x}{S}\right)$

Для решения дифференциального уравнения совместно с начальным и граничными условиями использовался метод конечных разностей. Температуру на поверхностях элементарных полосок в момент времени  $\tau + \Delta\tau$ , по известным температурам в тех же узлах разностной схемы для момента времени  $\tau$  определяется по формуле (1).

$$t_j^{n+1} = \frac{1}{2}t_j^n + \frac{1}{4}(t_{j+1}^n + t_{j-1}^n) + \frac{q_v \cdot \Delta\tau}{c \cdot \rho} \quad (1), \quad t_0^n = \frac{\frac{2\alpha_1 \Delta x}{\lambda} \cdot t_{f1} - t_2^n + 4t_1^n}{3 + \frac{2\alpha_1 \Delta x}{\lambda}} \quad (2),$$

$$t_j^n = \frac{\frac{2\alpha_2 \Delta x}{\lambda} \cdot t_{f2} + 4t_{j-1}^n - t_{j-2}^n}{3 + \frac{2\alpha_1 \Delta x}{\lambda}} \quad (3)$$

По формулам (2) и (3) определяются температуры на примыкающей к телу строителя поверхности нательного белья и на наружной поверхности комбинезона в любой момент времени  $\tau$ .

Для расчета и построения нестационарных температурных полей в пакете зимней одежды для строителей, включающей пакет белья и электрообогреваемого комбинезона 3б, составлена программа на алгоритмическом языке C++.

В качестве примера на рис. 8. представлены нестационарные температурные поля в пакете электрообогреваемого комбинезона для строителей при температуре внешней среды  $t_{f2} = -20^\circ\text{C}$ . Расчеты проведены при следующих исходных данных:

$q_v = 172 (\text{Вт} / \text{м}^3)$ , что соответствует мощности электронагревателей, равной 34,4Вт,  $S = 12,29 \times 10^{-3} \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,0495 \text{ Вт}(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  $C = 1090 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ ,  $\rho = 300 \text{ кг} / \text{м}^3$ ,  $t_{f1} = 36,5^\circ\text{C}$ ,  $E = 9$ ,  $\Delta x = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ,  $\Delta\tau = 600 \text{ с}$

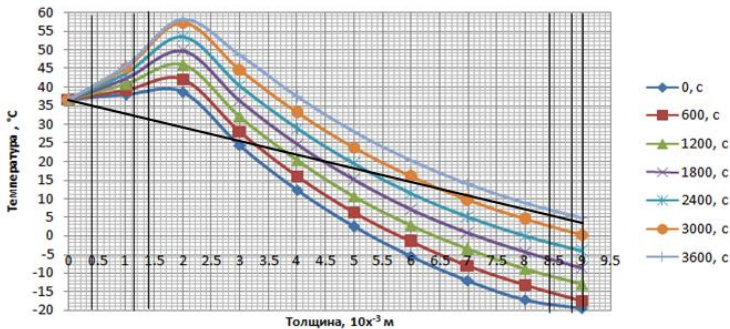


Рис. 8. Нестационарные температурные поля в пакете зимней одежды для строителей при температуре внешней среды  $-20^\circ\text{C}$ .

Проведена оценка эффективности разработанного комбинезона 3б. Для этого проведено сравнение этого комбинезона с электрообогреваемым комбинезоном фирмы „Гелиос”.

Электрообогрев комбинезона фирмы „Гелиос” осуществляется с помощью электронагревательной ткани, покрывающей всю поверхность комбинезона. В пакет комбинезона входят: основная покровная ткань, ветрозащитная прокладка, утепляющая прокладка, электронагревательная ткань и подкладка. Питание электронагревательной ткани осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением 11 В, мощностью 75 Вт. Электрообогрев имеет два режима нагрева: с использованием 50% мощности и с использованием 100% мощности.

Ниже в табл. 2 приведены основные параметры, необходимые для проведения сравнительного анализа. Температура внешней среды составляет – 20 °С, относительная влажность воздуха – 60%, скорость ветра – 3 м/с, носителем комбинезонов является человек размером – 100, ростом – 170, полнотой – 88.

Таблица 2

Основные параметры эффективности электрообогреваемых комбинезонов фирмы „Гелиос” и 3б.

Параметр	Электрообогреваемый комбинезон фирмы “Гелиос”	Электрообогреваемый комбинезон 3б
Потребляемая мощность, Вт	75	34,4
Масса, кг	5,1	3,4
Время непрерывной работы с одним комплектом аккумуляторов, ч	1,5	4
Средневзвешенная температура тела, °С	37,2	33,3

Данные таблицы позволяют провести сравнительный анализ электрообогреваемых комбинезонов.

1. Отношение потребляемых мощностей составляет  $75/38.8=1,93$ , что свидетельствует о том, что разработанный комбинезон 3б при одинаковых условиях потребляет почти в 2 раза меньшую мощность, связанную с работой терморегулятора.

2. Отношение масс сравниваемых комбинезонов составляет  $5.2/3.4=1.53$ , что свидетельствует о том, что разработанный комбинезон 3б примерно в 1.5 раза легче комбинезона фирмы „Гелиос” и поэтому обеспечивает более высокую работоспособность и производительность труда носчика.

3. Сравнение продолжительности непрерывной работы системы обогрева с одним комплектом аккумуляторов, показывает, что она в  $4/1.5=2.66$  раза выше у разработанного электрообогреваемого комбинезона 3б. Это позволяет избежать непроизводительных расходов времени на замену аккумуляторной батареи и иметь в комплекте комбинезона еще одну аккумуляторную батарею за рабочую смену вместо трех у комбинезона фирмы „Гелиос”.

4. Сравнение средневзвешенной температуры тела носчика, одетого в электрообогреваемые комбинезоны фирмы “Гелиос” и 3б, целесообразно провести по значению коэффициента дискомфорта, представляющего отношение средневзвешенной температуры тела носчика в комбинезоне к его оптимальной температуре. Оптимальная средневзвешенная температура тела носчика составляет 30.7 °С. Для работ средней тяжести оптимальный коэффициент дискомфорта составляет  $37.2/30.7=1.21$  для комбинезона



фирмы “Гелиос” и  $33.3/30.7=1.08$  – для разработанного комбинезона 3б. Отношение коэффициентов дискомфорта составит  $1.21/1.08=1.12$ , т.е. дискомфорт носчика в электрообогреваемом комбинезоне фирмы “Гелиос” в 1,12 раза превышает дискомфорт носчика в комбинезона 3б, что может привести к перегреву отдельных частей тела носчика вследствие нагрева тела на всех его участках и к различного рода простудным заболеваниям.

Аналогичные результаты получаются и при других отрицательных температурах внешней среды.

Таким образом, разработанный электрообогреваемый комбинезон 3б по анализируемым показателям наиболее эффективен по сравнению с комбинезоном фирмы “Гелиос” и его можно рекомендовать для носки не только на строительстве, но и для работников других профессий, вынужденных длительное время находиться на открытом воздухе в условиях отрицательных температур.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что существующие в настоящее время конструкции электрообогреваемых комбинезонов малоэффективны ввиду ограниченности продолжительности пребывания в них в условиях низких температур и сравнительно высокой себестоимости. Существующие системы обогрева в основном требуют наличие переменного тока, а системы обогрева, базирующиеся на постоянном токе, требуют большую мощность источников питания.

2. Получено, что теплозащитные свойства комбинезона для строителей можно повысить путем применения внутренних источников теплоты, причем наиболее выгодным для этой цели является электрообогрев. Разработаны 4 варианта комбинезона для строителей, отличающиеся системой электрообогрева.

3. Доказано, что для питания электрообогреваемого комбинезона 3б наиболее подходят никель -кадмиевые аккумуляторы постоянного тока типа GP, которые обладают большой емкостью и долговечностью к периодическим подзарядкам, а в качестве нагревательных элементов для комбинезона наиболее эффективны электрические резисторы типа МЛТ, которые обеспечивают равномерную раздачу тепла по его поверхности комбинезона и требуют сравнительно низкую мощность.

4. Показано, что размещение нагревательных элементов в соответствии с местными теплопотерями с поверхности тела строителя увеличивает теплозащитные свойства пакета материалов комбинезона 3б и позволяет повысить продолжительность работы аккумуляторных батарей до подзарядки, а применение терморегулятора - обеспечить комфортное тепловое состояние строителя.

5. Выявлено, что разработанный комбинезон 3б примерно в 1.5 раза легче, при одинаковых условиях потребляет почти в 2 раза меньшую мощность, с одним комплектом аккумуляторов работает в 2.66 раза дольше, обладает сравнительно низкой себестоимостью по сравнению с комбинезоном фирмы „Гелиос”.

6. Показано, что дискомфорт носчика в электрообогреваемом комбинезоне фирмы “Гелиос” в 1,12 раза превышает дискомфорт комбинезона 3б, что может привести к перегреву отдельных частей тела носчика вследствие нагрева тела на всех его участках и к различного рода простудным заболеваниям. Наружный слой комбинезона 3б из дублированной поливинилхлоридной ткани обеспечивает хороший отвод водяных паров из пододежного пространства и не допускает проникновение внешней влаги благодаря конической конструкции капилляров.

7. Доказано, что при неизменной конструкции комбинезона 2 и параметрах внешней среды применение внутреннего электрообогрева повышает температуры на всех поверхностях слоев одежды, снижает удельные теплотепотери с поверхности тела человека в комбинезоне 2 на  $30 \left( \text{Вт} / \text{м}^2 \right)$ , и теплоотдачу от наружной поверхности одежды в 2,5 раза, увеличивает термическое сопротивление теплопереходу от поверхности тела человека к внешней среде примерно в 1,4 раза.

8. Получено, что разработанные математические модели, алгоритм и программа на языке C++ позволяют рассчитывать нестационарные температурные поля в электрообогреваемом и необогреваемом комбинезонах, результаты которых хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными.

***Основные результаты диссертации отражены в следующих работах:***

1. Минасян З.А., Саргсян С.А. Метод расчета температурного поля в электрообогреваемой специальной одежде // Сборник трудов Международной научно-практической конференции "Иновационные технологии и защита окружающей среды".- Кутаиси, 2012, С.437-439.
2. Минасян З.А., Саргсян С.А. Применение внутреннего электрообогрева в одежде для защиты тела человека от охлаждения // Вестник Государственного инженерного университета Армении (Политеник): Сборник научных статей. – Ереван, 2013, - Часть 2. С. 603-609.
3. Մարգարյան Ս. Շինարարների համար էլեկտրատաքացվող հագուստի ստեղծման հնարավորությունները // ՀՃԱ, Լրաբեր, գիտատեխնիկական հոդվածների ժողովածու: Երևան, 2013,- Հատոր 10, N 1. էջ. 130-132:
4. Минасян З.А., Саргсян С.А. Расчет системы электрообогрева специальной одежды для строителей // Вестник Инженерной академии Армении: Сборник научно-технических статей.- Ереван, 2013, - Том 10, N 2. С. 327-330.
5. Минасян З.А., Саргсян С.А. Электрообогреваемая одежда // Вестник Государственного инженерного университета Армении (Политехник): Сборник научных статей. – Ереван, 2014, - Часть 2. С. 501-505.
6. Минасян З.А., Саргсян С.А. Разработка конструкции электрообогреваемого комбинезона для строителей // Материалы 6-ой Международной научно-практической конференции 12-ой Международной научно-технической конференции “Наука-образованию, производству, экономике” в 2-х частях, Минск, БНТУ, 29-30 мая, 2014г, - Часть 2. С. 176-181.
7. Արտոնագիր թիվ 2892 ԱՄ, դասիչ A62B 17/00. Էլեկտրատաքացվող կոմբինեզոն/ Ջ.Ա. Մինասյան, Ս.Հ. Մարգարյան // Արդյունաբերական սեփականություն, 2014, N 12, էջ 6:
8. Минасян З.А., Саргсян С.А. Исследование динамики изменения температуры тела строителя в электрообогреваемом комбинезоне // Вестник Государственного инженерного университета Армении (Политехник): Сборник научных статей. – Ереван, 2015, - Часть 2 .С. 616-622.

## Անփոփում

Ատենախոսական աշխատանքի նպատակն է բարձրացնել արտաքին միջավայրի ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում աշխատող շինարարների հագուստի ջերմապաշտպանիչ հատկությունները և նվազեցնել դրա զանգվածը:

Ներածական մասում հիմնավորված է ատենախոսական աշխատանքի արդիականությունը, ձևակերպված են հետազոտության նպատակը և խնդիրները, ներկայացված է աշխատանքի գիտական նորոյթը և գործնական արժեքավորությունը, կիրառման ոլորտը և պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում կատարված է գրականության տվյալների, պատենտային աղբյուրների, պարբերականների և ատենախոսությունների վերլուծություն տաքացվող իրերի և համակարգերի, տաքացուցիչ տարրերի, սնուցման աղբյուրների և էլեկտրատաքացվող հագուստի կառուցվածքների բնագավառներում: Պարզվել է, որ գոյություն ունեցող ժամանակակից էլեկտրատաքացվող համակարգերը նպատակահարմար չէ օգտագործել շինարարների համար նախատեսված հագուստում, քանի որ դրանք հիմնականում սնվում են փոփոխական հոսանքի ցանցից, ինչը արտադրական գործունեության ընթացքում սահմանափակում է շինարարի շարժումների ազատությունը: Նիքրոմե տաքացուցիչների, էլեկտրատաքացվող գործվածքի, բարակ թաղանթային և ժապավենային էլեկտրատաքացման կիրառումը պահանջում է էլեկտրաէներգիայի մեծ ծախս և մարտկոցների մեծ քանակություն, ինչը հանգեցնում է կոմբինեզոնի զանգվածի մեծացմանը: Էլեկտրատաքացվող գործվածքի օգտագործումը բերում է մարդու ամբողջ մարմնի տաքացման, ինչը անթույլատրելի է բժշկական տեսանկյունից:

Երկրորդ գլխում նկարագրված է փորձարկումների կատարման հերթականությունը:

Երրորդ գլխում առաջարկված են ՀՀ Հյուսիսային շրջաններում աշխատող շինարարների համար էլեկտրատաքացվող հագուստի 4 տարբերակներ՝ կոմբինեզոնի տեսքով: Կոմբինեզոն 1-ի տաքացումը իրականացվում է նիքրոմե տաքացուցիչ տարրերով, կոմբինեզոն 2-ինը՝ հոսանքահաղորդիչ գրաֆիտացված ժապավեններից տաքացուցիչներով, կոմբինեզոն 3ա-ինը՝ ՄՂԴ տեսակի էլեկտրական ռեզիստորներից տաքացուցիչներով հավաքված տպատախտակների տեսքով, որոնք դասավորված են շինարարի տեղային ջերմային կորուստներին համապատասխան՝ իրանի առջևի և հետևի մասերում, կոմբինեզոն 3բ-ինը՝ ՄՂԴ տեսակի էլեկտրական ռեզիստորներից տաքացուցիչներով հավաքված տպատախտակների տեսքով, որոնք դասավորված են շինարարի տեղային ջերմային կորուստներին համապատասխան՝ իրանի առջևի և հետևի մասերում, ինչպես նաև ձախ և աջ ոտքերի սրունքներին: Կատարված է կոմբինեզոնների նյութերի ընտրություն և հիմնավորում: Ցույց է տրված, որ կոմբինեզոն 3բ տարբերակը առավել արդյունավետ է, քանի որ նրա տաքացման վրա ծախսվում է ամենաքիչ էներգիան, իսկ տաքացուցիչների դասավորությունը մարմնի առավել մեծ ջերմային կորուստներ ունեցող տեղամասերում թույլ է տալիս խուսափել

շինարարի մարմնի առանձին մասերի գերտաքացումից: Փորձարարական հետազոտությունները հիմնականում կատարվել են 3բ կոմբինեզոնի վրա: Ներհագուստային տարածությունում պահանջվող ջերմաստիճանի հաստատման համար օգտագործվել է XH-W1207 տեսակի ջերմակարգավորիչ: Տպատախտակների սնուցումը իրականացվել է GP տիպի նիկել-կադիումային 12 մարտկոցների օգնությամբ: Մշակվել է կոմբինեզոնների պատրաստման տեխնոլոգիան:

Չորրորդ գլխում բերված է 3բ էլեկտրարաքացվող կոմբինեզոնի փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները: Կատարվել է հաստատուն հոսանքի մարտկոցների աշխատանքի տևողության հետազոտություն, արտաքին միջավայրի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում և ջերմակարգավորիչի արդյունավետ դիրքի ընտրություն: Ապացուցված է, որ է -20 °C, -15 °C և -10 °C ջերմաստիճանների դեպքում մարտկոցները աշխատում են մինչև շինարարի ընդմիջումը և ընդմիջումից հետո փոխարինվում են նոր լրակազմով, իսկ -5 °C և 0 °C ջերմաստիճանների դեպքում աշխատում է մինչև ընդմիջում, ընդմիջման ընթացքում վերալիցքավորելու դեպքում՝ մինչև հերթափոխի վերջ: Հետազոտվել են տեղային ջերմային կորուստները շինարարի մարմնից էլեկտրարաքացվող հագուստում արտաքին միջավայրի նշված ջերմաստիճանների դեպքում: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ամենամեծ ջերմային կորուստը նկատվում է աշխատանքի սկզբում և վերջում: Կատարվել է նաև շինարարի մարմնի տեղային ջերմաստիճանների փոփոխության դինամիկայի հետազոտություն էլեկտրարաքացվող կոմբինեզոնում արտաքին միջավայրի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում: Հետազոտվել է ներքնազգեստի և էլեկտրարաքացվող կոմբինեզոնի առանձին շերտերի միջև ջերմաստիճանները, ինչը թույլ է տալիս որոշել ջերմատվությունը շինարարի մարմնից դեպի շրջապատող միջավայր արտաքին միջավայրի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում:

Հինգերորդ գլխում կատարված է էլեկտրարաքացվող կոմբինեզոնների մեջ տեղի ունեցող ջերմափոխանակային պրոցեսների մաթեմատիկական մոդելավորում, ինչպես նաև էլեկտրարաքացման արդյունավետության գնահատում: Կատարվել է 3բ կոմբինեզոնի հիմնական պարամետրերի համեմատություն «Գելիոս» ֆիրմայի էլեկտրատաքացվող կոմբինեզոնի պարամետրերի հետ: Կատարված համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ առաջարկվող 3բ կոմբինեզոնը ըստ ծախսվող հզորության՝ 1,93 անգամ, զանգվածի՝ 1,53 անգամ, մարտկոցների լրակազմի անընդհատ աշխատանքի՝ 2,66 անգամ և մարմնի միջին կշռային ջերմաստիճանի՝ 1,21 անգամ առավել արդյունավետ է „Գելիոս” ֆիրմայի կոմբինեզոնից և այն կարելի է երաշխավորել ոչ միայն շինարարությունում կրելու համար, այլ նաև այլ մասնագիտությունների աշխատողների համար, որոնք հարկադրված են երկարատև գտնվել դրսում ցածր ջերմաստիճանային պայմաններում:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել է 8 գիտական աշխատանք:

# **SAMSON HAYKAZ SARGSYAN**

## **THE DEVELOPMENT OF SPECIAL PURPOSE HEATING COVERALL**

### **SUMMARY**

Thesis work aims at increasing the heat protection properties of the clothes of the workers at low temperatures of the external environment and reduces its weight.

The introductory part of the thesis work based on the works actuality, the research purpose and problems are formulated, the scientific introduction and its practical value have been introduced, the sphere of its usage and the main basic trends of the protection are presented.

The first chapter analyzes the literature data, patent sources, periodicals, articles and thesis, in the sphere of heating items, heating elements, power sources and electrically heated clothing structures. It turned out that existing electrically heating systems is not purposeful to use in the electrically heated clothing designed for builders, as they mainly fed from a wall outlet, which limits the movement freedom of the builder during the production activities. Nichrome heaters, electrically heated cloth, thin film and tape electrical appliance requires large electricity consumption and big quantity of batteries, which leads to the increase in the mass of coverall. The usage of electrically heated cloth heats up the whole human body, which is unacceptable from a medical point of view.

The second chapter presents the succession of the implemented experiments.

The second chapter suggests 4 different options of electrically heated clothing in the form of coverall for the workers in the northern regions of the Republic of Armenia. The 1<sup>st</sup> overall heating is carried with nichrome heating elements, coverall 2—by the electricity conducting graphitized ribbon heaters, coverall 3a—by MLT types of electrical resistors heaters collected printed circuit boards form which are placed on builder's local heat losses on corresponding front and back parts, coverall 3b—by MLT types of electrical resistor heaters assembled like an printed circuit boards form are placed on builder's local heat losses on corresponding front and back parts as well as the portions of the left and the right leg. A coverall material selection and justification has been made. It shows that coverall 3b option is most productive which uses the least amount of energy and allows avoiding heating different parts of the builder's body from overheating. The experimental studies were carried out mainly on the 3b coverall. For the inner clothing space the XH-W1207 type thermo regulated

was used for the required temperature. The printing boards are fed by the GP type nickel-kadium with 12 batteries. The coverall production technology has been developed.

The 3b electrically heated coverall's experimental results are presented in the forth chapter, then the measurements of the current batteries work duration has been tested during different external temperatures and the thermo regulator's productive position has been chosen. It has been proven that in the condition of  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$  and  $-10^{\circ}\text{C}$  temperature, the batteries work until the break, before the builder's break and are replaced by the new set after the break and in case of  $0^{\circ}\text{C}$  and  $-5^{\circ}\text{C}$  temperatures they work until the break, in case of charging during the break, until the end of the shift. A study has been done to examine the heat loss from the builder's body with the electrically heated clothes at the above mentioned temperatures in the external environment. The studies have shown that the greatest heat loss is observed at the beginning and at end of the work. An area builder's body temperature change and the dynamics research of the electrically heated temperature have been examined. The underwear and electrically heated coverall temperatures in between of the individual layers has been examined, which allows to determine the heat loss of the builder's body to the external environmental, during different temperatures.

The heat exchange process of mathematical modeling taking place in the coverall as well as the electrical heating production estimate has been presented in the fifth chapter. The 3b coverall's main parameters comparison has been made with the "Gelios" company electrically heated coverall parameters. The comparative analysis showed that the proposed 3b coverall according to its power consumption 1.93 times mass, 1.53 times the battery, in case of constantly battery work, 2.66 times and the average body weight temperature, is 1.21 times more productive than "Gelios" company's coverall and it can be recommended not only for wearing at the construction sites but also for workers who have to work at low temperatures for longer periods of times.

8 scientific papers have been published on the dissertation topic.

