

УДК 687.174

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

Черунова И.В., Колесник С.А., Стефанова Е.Б.

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Шахты, Россия (346500, Шахты, ул. Шевченко, 147), e-mail: i_sch@mail.ru

Проведен анализ климатических особенностей регионов Российской Федерации применительно к проблемам проектирования теплозащитной одежды для людей, занятых в промышленности в северной части страны. Учитывались следующие характеристики: температура воздуха, скорость ветра, влажность воздуха, средняя высота снежного покрова. Выявлены три характерных зоны, где выделяются такие выраженные группы климатических факторов, как интенсивная ветровая нагрузка + низкие температуры воздуха, высокая влажность + низкая температура воздуха и высокая влажность + интенсивная ветровая нагрузка. С учетом температурных режимов эксплуатации такой одежды были выполнены расчеты средней и локальной толщины защитной одежды, распределенной по поверхности изделия. На основе полученных расчетов разработан и исследован теплозащитный пакет материалов, который дополнен специальным материалом с встроенными нагревательными нитями.

Ключевые слова: теплозащитная одежда, проектирование, толщина материалов, климатические районы.

NEW TECHNOLOGIES IN DESIGNING PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR ARCTIC EXPLORATION CONDITIONS

Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Stefanova E.B.

Don state technical university, Shakhty, Russia (346500, 147 Shevchenko street, Shakhty) e-mail: i_sch@mail.ru

The analysis of the climatic characteristics of the regions of the Russian Federation in relation to the problems of designing heat protective clothing for people employed in the industry in the northern part country. Take into account the following characteristics: air temperature, wind speed, humidity, the average height of the snow cover. Identified three specific areas where Crafted such distinct groups of climatic factors as intense wind load + low air temperatures, high humidity + Low temperature and high vladnot + intensive wind load. Given the range of operating temperatures of the garment have been calculated the average and the local thickness of protective clothing, distributed over the surface of the product. On the basis of these calculations is developed and studied heat pack materials, which is complemented by a special material with built-in heating filaments.

Keywords: heat-shielding clothes, design, thickness of materials, climatic areas.

Особенности климата в различных регионах Российской Федерации характеризуются, с одной стороны, сформировавшимися параметрами, закрепившимися за отдельными территориями, а с другой стороны – непрерывными изменениями и формированием новых приоритетных факторов, которые определяют там специфику условий жизнедеятельности людей. Специальное районирование нашей страны в целях проектирования одежды для заданных условий эксплуатации имеет целью выделить характерные количественные показатели, которые заложены в методики расчетов параметров конструкции средств индивидуальной защиты человека от холода [1]. Согласно ГОСТ Р 12.4.236-2011 [2] наиболее низкая температура воздуха в Северных районах страны, на которую ориентированы теплозащитные свойства одежды, равна -41°C . Однако систематизированный анализ метеорологической информации о температурном режиме в регионах Арктической зоны России показал, что вероятными температурами пребывания и жизнедеятельности

человека являются температуры, существенно ниже установленного предела, достигая до -70 °С [3], что становится причиной пересмотра детализации климатического районирования Арктических территорий России для повышения качества тепловой защиты специальной одежды.

Цель исследования. Целью настоящей работы является разработка рекомендаций по проектированию теплозащитной одежды на основе исследований и корректировки современного районирования Арктических территорий РФ и внедрения в теплозащитные конструкции эффективных теплопроводящих материалов.

Материалы и методы исследования. Анализ характеристики климатических зон северной части России показал, что существуют районы, где температура воздуха не является единственным критерием для определения условий проектирования. К таким критериям следует также отнести низкие температуры, ветровую нагрузку, высокую влажность для территорий, где фиксирован большой периметр морского побережья.

В таблице 1 представлены обобщенные данные о климатических условиях в Северной части России.

Таблица 1

Характерные климатические характеристики Северной части России

Регион	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с.	Высота снежного покрова, см.
Архангельская область	-55	85	5	50-60
Ямало-Ненецкий Автономный округ	- 45-60	71	30	60-70
Республики Коми	-55	50	5,5	60-70
Красноярский край	-50	68	2,5	60 -70
Республика Саха Якутия	-71	30	2	20-60
Чукотский автономный округа	-42	80	15	35-60
Камчатка, Корякский автономный округ	-20-30	74	10-12	75-80

Таким образом, в рамках ранее сформированной карты районирования для проектирования одежды можно выделить дополнительные зоны, характеризующиеся специальным сочетанием сложных погодных условий для жизнедеятельности человека (рис.1).



А – (высокая скорость ветра + низкая температура воздуха);

В – (низкая температура воздуха + повышенная влажность воздуха);

С – (высокая скорость ветра + повышенная влажность воздуха).

Рис. 1. Специальные зоны в рамках проектного районирования северных территорий страны

С учетом специфических условий в характеристиках одежды, проектируемой для рассматриваемых условий, формируется три группы приоритетных свойств.

В выделенных зонах с преимущественными снегопадами и преобладанием высокой скорости ветра устанавливаются дополнительные требования к обеспечению ветрозащиты в многослойном пакете материалов с повышенным коэффициентом скольжения верхнего покровного слоя для снижения фиксирования снежной массы на поверхности одежды. В зонах, где преобладают особо низкие температуры и повышенная влажность воздуха, необходимо сформировать пакет материалов с повышенным уровнем теплового сопротивления и низкой гигроскопичностью. В зонах с преобладанием высокой скорости ветра и повышенной влажности воздуха в одежде необходимо использовать многослойный пакет не только с повышенным уровнем ветрозащиты, но и с высоким уровнем теплового сопротивления. Все рассмотренные зоны при любых критических сочетаниях условий характеризуются крайне низкими температурами, поэтому кроме основных и прокладочных материалов в многослойные пакеты требуется закладывать в конструкцию еще и слой с дополнительным источником обогрева, поэтому актуальной является разработка многослойной конструкции пакета материалов со встроенным слоем текстиля, оснащенного в своей структуре микроэлементами обогрева. При этом этот дополнительный слой в пакете материалов не должен ухудшать его деформационные свойства, должен быть гибким и допустимо мягким [4].

Для расчета толщины пакета материалов были определены условия, характерные следующим регионам северной части России: Ямало-Ненецкий Автономный округ; Якутия; Камчатка; Шельф Баренцева моря.

Для расчета параметров пакета материала одежды, рекомендуемой к эксплуатации в Ямало-Ненецком Автономном округе: время непрерывного пребывания на холоде 4 часа; степень охлаждения – балл теплоощущений 3; мужчина – 35 лет, рост 180, вес 85 кг.; площадь поверхности тела человека 2,05 м²; величина основного обмена 41,4Вт; вид деятельности: ходьба по ровной местности со скоростью 2,2 км/ч.; соответствующая мощность теплотерь на механическую работу Q_м = 19,64, Вт; мощность теплотерь на испарение влаги с поверхности кожи и верхних дыхательных путей Q_{исп} = 43,63 Вт; мощность теплотерь на нагревание вдыхаемого воздуха Q_{дых.н.} = 32,38 Вт [4].

В соответствии с методикой последовательных расчетов мощности радиационно-конвективных теплотерь Q_{рад.конв}, Вт, теплового потока на единицу поверхности тела человека q_{с.п}, Вт/м², средневзвешенной температуры для теплоощущений «слегка прохладно» $t_{К,прох}^{ср}$, °С; было рассчитано суммарное термическое сопротивление пакета материалов одежды рассчитывается на основе высоких, средних и экстремальных показателей температуры воздуха и скорости ветра в зимний период и учетом поправки на охлаждающие действие ветра (табл. 2) [4,5].

Таблица 2

Расчетное суммарное термическое сопротивление пакета материалов для теплозащитной одежды, рекомендуемой к применению в ЯНАО

Температура воздуха °С/ Скорость ветра, м/с		
Высокие Т= -24°С, V=2м/с	Средние Т= -28°С, V=2м/с	Экстремальные(низкие) Т= -60°С, V=2м/с
$R_{сум} = \frac{t_{К}^{ср} - t_{в}}{q}$;		
$R_{сум} = \frac{29,98+24}{69,3} = 0,78$	$R_{сум} = \frac{29,98+28}{69,3} = 0,84$	$R_{сум} = \frac{29,98+60}{69,3} = 1,3$

Толщина пакета для обозначенных климатических условий составляет: при высокой зимней температуре данного региона (условия – 24 мм, при средней – 27 мм, при экстремально низкой – 44 мм). Используя данные о рациональном распределении утеплителя по участкам тела человека, была рассчитана толщина пакета материалов в различных зонах теплозащитной одежды (табл. 3).

Таблица 3

Зональное распределение толщины пакета материалов по поверхности одежды, рекомендуемой для эксплуатации в ЯНАО

Область тела	Толщина, мм для температур воздуха:		
	высоких (зимних)	средних (зимних)	Экстремально низких

Голова	9,36	10,53	17,16
Туловище	27,36	30,78	50,16
Плечо и предплечье	27,12	30,51	49,72
Кисть	13,44	15,12	24,64
Бедро	25,68	28,89	47,08
Голень	20,64	23,22	37,84
Стопа	14,16	15,93	24,64

Расчет параметров пакета материалов для теплозащитной одежды, рекомендуемой к эксплуатации в Якутии, позволил получить следующее распределение толщины пакета по поверхности одежды (табл. 4). Толщина пакета для климатических условий с высокой зимней температурой составляет 29 мм, средней – 40 мм, экстремально низкой – 52 мм.

Таблица 4

Зональное распределение толщины пакета материалов по поверхности одежды, рекомендуемой для эксплуатации в Якутии

Область тела	Толщина ,мм, для температур воздуха:		
	высоких (зимних)	средних (зимних)	Экстремально низких
Голова	11,31	15,6	20,28
Туловище	33,06	45,6	59,28
Плечо и предплечье	32,77	45,2	58,76
Кисть	16,24	22,4	29,12
Бедро	31,03	42,8	55,64
Голень	24,94	34,4	44,72
Стопа	16,24	23,6	30,68

Расчет параметров пакета материалов для теплозащитной одежды, рекомендуемой к эксплуатации на Камчатке, позволил получить следующее распределение толщины пакета по поверхности одежды (табл.5). Толщина пакета для климатических условий с высокой зимней температурой составляет 20 мм, средней – 33 мм, экстремально низкой – 58 мм.

Таблица 5

Зональное распределение толщины пакета материалов по поверхности одежды, рекомендуемой для эксплуатации на Камчатке

Область тела	Толщина, мм, для температур воздуха:		
	высоких(зимних)	средних(зимних)	Экстремально низких
Голова	7,8	12,87	22,62
Туловище	22,8	37,62	66,12
Плечо и предплечье	22,6	37,29	65,54
Кисть	11,2	18,48	32,48
Бедро	21,4	35,31	62,06
Голень	17,2	28,38	49,88
Стопа	11,8	19,47	34,22

Расчет параметров пакета материалов для теплозащитной одежды, рекомендуемой к эксплуатации в условиях шельфа Баренцева моря, позволил получить следующее распределение толщины пакета по поверхности одежды (табл. 6). Толщина пакета для климатических условий с высокой зимней температурой составляет 18 мм, средней – 30 мм, экстремально низкой – 35 мм.

Таблица 6

Зональное распределение толщины пакета материалов по поверхности одежды, рекомендуемой для эксплуатации в условиях шельфа Баренцева моря

Область тела	Толщина, мм, для температур воздуха:		
	высоких (зимних)	средних (зимних)	Экстремально низких
Голова	11,27	11,7	12,48
Туловище	30,13	34,2	36,48
Плечо и предплечье	28,52	33,9	36,16
Кисть	15,18	16,08	17,92
Бедро	24,84	32,1	34,24
Голень	18,63	25,8	27,52
Стопа	17,71	17,7.	18,88.

В реальных условиях эксплуатации обеспечить мобильное реагирование на смену климатических условий и локальной теплопродукции в одежде можно, опираясь на конструкцию многослойного пакета с использованием материалов, соответствующих требованиям сурового климата Арктической части России, где кроме основных и прокладочных материалов может быть применен дополнительный слой, оснащенный в своей структуре микроэлементами обогрева.

Для разработки пакетов были выбраны образцы сенсорных тканей (рис. 2), масштаб увеличения 1:40.

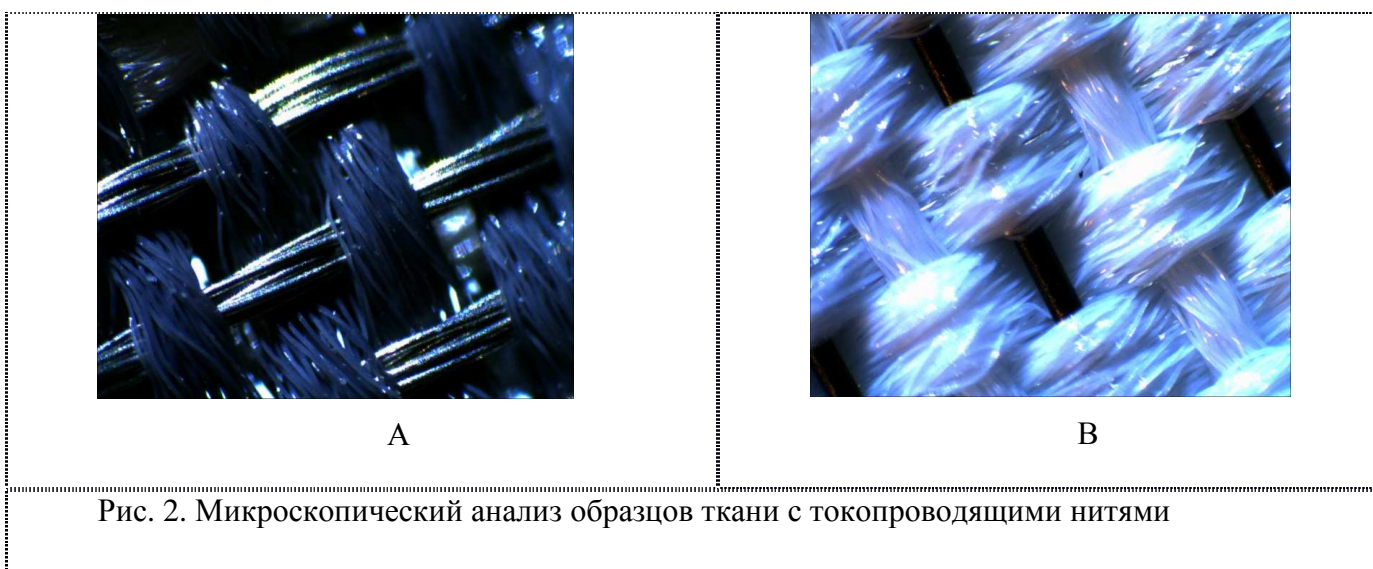


Рис. 2. Микроскопический анализ образцов ткани с токопроводящими нитями

A – ткань с металлизированными токопроводящими нитями, полотняного переплетения, с поверхностной плотность 194,5 г/м²; средняя температура поверхности 43,5

°С; потребляемый ток: $1,966 \pm 0,05$ А; напряжение питания: $11,0 \pm 0,1$ В; потребляемая мощность: $21,73 \pm 0,65$ Вт; размер образца: 221×195 мм; удельная мощность на 1м² образца $504,23 \pm 15,08$ Вт/м².

В-ткань с металлизированными токопроводящими нитями, полотняного переплетения, с поверхностной плотность 188 г/м²; средняя температура поверхности 33,0 °С, потребляемый ток: $2,503 \pm 0,05$ А; напряжение питания: $10,8 \pm 0,1$ В; потребляемая мощность: $27,04 \pm 0,79$ Вт; размер образца: 190×210 мм; удельная мощность на 1м² образца $677,69 \pm 19,8$ Вт/м².

Результаты исследования и их обсуждение. Предложены два варианта конструкции многослойных пакетов материалов с использованием сенсорных нагревательных тканей:

- Комплект многослойного пакета № 1: материал верха – Премьер-комфорт-250а (состав 80% хлопок, 20% ПЭ + антистатическая нить, плотность 230 г/м²); утеплитель (тинсулейт, 100% ПЭ); ткань с сенсорным разогревом – бязь (плотность от 194,5 г/м², полотняное переплетение); ткань подкладочная (полиэстер 100 %, плотность 97,2 г/м²) + ветрозащитная прокладка (плотность 190 г/м²).

- Комплект многослойного пакета № 2: мембрана – Нурога (100% нейлон, плотность 164 г/м²); утеплитель (тинсулейт, 100 % ПЭ); ткань с сенсорным разогревом (плотности 188 г/м², саржевое переплетение); ткань подкладочная (полиэстер 100 %, плотность 97,2 г/м²) + ветрозащитная прокладка (плотность 190 г/м²).

Проведен расчет площадей, занимаемых металлизированными токопроводящими нитями в общей структуре полотна. Предложена методика расчета и получены коэффициенты заполняемости ткани металлизированными токопроводящими нитями: для нагревательной ткани А: $K = 15$ %; для нагревательной ткани В $K = 4,7$ %.

Выводы или заключение. Проведенные исследования позволили выделить специальные зоны климатического районирования для проектирования теплозащитной одежды для Арктических регионов РФ, характеризующиеся выраженным сочетанием групп факторов, таких как низкая температура, высокая ветровая нагрузка, влажность воздуха. Для четырех регионов, характеризующихся отмеченными факторами климата, были рассчитаны параметры теплозащитных пакетов материалов для одежды, и с учетом нестабильности климатических факторов предложено использовать дополнительные слои в виде сенсорных нагревательных тканей. На базе двух типов таких тканей предложены варианты теплозащитных пакетов для одежды, которые показали преимущества типа А по уровню температуры теплоизлучающей поверхности. Для обоснования этой характеристики был проведен анализ структуры таких материалов и рассчитаны коэффициенты заполняемости

ткани металлизированными токопроводящими нитями, обеспечивающими распределение тепла по поверхности нагревательных тканей.

Работа выполнена в Донском государственном техническом университете при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания (Проект №2838).

Список литературы

1. Климатическое районирование [Электронный ресурс]: Web-мастера biofile.ru, режим доступа <http://biofile.ru/geo/7308.html>, 2013–2014 год.
2. ГОСТ Р 12.4.236-2011 Национальный стандарт РФ ССБТ «Одежда специальная для защиты от пониженных температур» [текст] . Введен 01.12.2011.
3. Черунова И.В. Защитные свойства спецодежды в условиях нефтедобычи / И.В. Черунова, И.В. Куренова, Л.А. Осипенко, Е.А. Щеникова, С.А. Колесник // Швейная промышленность. – 2011. – № 3. – С. 14-15.
4. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 160 с.
5. Бринк И.Ю. и др. Способ разработки теплозащитной конструкции брюк повышенной комфортности [текст] / И.Ю. Бринк, И.В. Черунова, М.С. Герасименко, А.Л. Терехов, И.В. Куприкова // Патент на изобретение RUS 2295896 18.02.2005.

Рецензенты:

Алиева Н.З., д.ф.н., профессор кафедры «Естественнонаучные дисциплины», Институт сферы обслуживания и предпринимательства ДГТУ, г. Шахты;

Бринк И.Ю., д.т.н., профессор кафедры «Моделирование, конструирование и дизайн», Институт сферы обслуживания и предпринимательства ДГТУ, филиал, г. Шахты.