DOI: 10.17117/na.2015.12.02.177

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.177.pdf>

Поступила (Received): 24.12.2015

**Селина Н.Г., Кораблина С.Ю., Осина Т.М.,
Афанасьева Р.Ф., Прохоров В.Т**
**Оценка обоснованности выбора пакетов материалов
по формированию комфортных условий
военнослужащим Арктики (сообщение 1)**

**Selina N.G., Korablina S.Yu., Osina T.M.,
Afanasyeva R.F., Prokhorov V.T.**
**Assessment of the validity of the choice of materials for
the formation of a package of comfortable conditions
servicemen Arctic (1 message)**

В сообщениях проведены исследования по созданию костюма и обуви для защиты от холода военнослужащего, находящегося в условиях Арктики. В основу создания теплозащитной одежды для эксплуатации в условиях Арктики должен быть положен научный принцип, учитывающий физиологию теплообмена человека с окружающей средой. При разработке теплозащитной одежды следует выполнять требования к теплоизоляции всех областей тела. С увеличением толщины пакета материалов утепляющей одежды повышается практически только температура кожи тех областей тела, которые защищены (туловище, плечо, бедро)

Ключевые слова: костюм, обувь, военнослужащий, в условиях Арктики, холод, холодовой стресс, охлаждение, теплозащитная одежда

Селина Надежда Геннадьевна
Аспирант
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Кораблина Светлана Юрьевна
Доцент
Федеральное бюро медико-социальной экспертизы
г. Москва, ул. Ивана Сусанина, 3

In the messages researches on creation of a suit for protection against cold of the serviceman who is in conditions of the Arctic are conducted. The scientific principle considering physiology of heat exchange of the person with environment has to be the basis for creation of heat-shielding clothes for operation in the conditions of the Arctic. When developing heat-shielding clothes it is necessary to fulfill requirements to thermal insulation of all areas of a body. With increase in thickness of a package of materials of the warming clothes practically only temperature of skin of those areas of a body, which zakshchishchena increases (a trunk, a shoulder, a hip)

Key words: a suit, the serviceman, shoes, in the conditions of the Arctic, cold, holodovaya stress, cooling, heat-shielding clothes

Selina Nadezhda Gennadevna
Graduate
Institute of the service sector and enterprise
(branch)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Korablina Svetlana Yurevna
Associate Professor
Federal bureau of medical and social expertise
Moscow, Ivan Susanin st., 3

Осина Татьяна Матвеевна

Кандидат технических наук, доцент
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Osina Tatiana Matveevna

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Institute of the service sector and enterprise
(branch)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Афанасьева Ралема Федоровна

Доктор медицинских наук, профессор, главный
научный сотрудник
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Afanasyeva Ralema Federovna

Doctor of Medical Sciences, Professor, chief scientific
officer
Institute of the service sector and enterprise
(branch)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Прохоров Владимир Тимофеевич

Доктор технических наук, профессор
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Prohorov Vladimir Timofeevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Institute of the service sector and enterprise
(branch)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Для прогнозирования должной теплоизоляции обуви, необходимой для обеспечения защиты стоп от охлаждения, а также допустимого времени непрерывного использования обуви в тех или иных условиях труда разработано программное обеспечение, согласно которой можно обоснованно выбрать пакет материалов для обуви применительно к конкретным условиям ее использования (температура воздуха, скорость ветра, энерготраты, продолжительность пребывания на холоде) с учетом характеристики климатических зон России (таблица 1).

Территории I,II,III,IV,V разделены на две части (А и Б), отличающиеся между собой по отдельным элементам климата, но в совокупности создающие примерно одинаковое теплоощущение человека. Каждая территория характеризуется сравнительно однородным типом одежды и обуви.

Как видно из приведенных данных таблицы 1, в I зону вошли территории А и Б, которые характеризуются резко отличающимися элементами климата, но вызывающими примерно одинаковое, общее теплоощущение. Это зона наиболее холодного климата.

I климатическая зона отличается тем, что на протяжении длительного периода времени наблюдаются низкие температуры воздуха, очень сильные ветры и значительная влажность воздуха (зона I А) и особо низкие температуры воздуха при высокой его сухости (зона I Б). На данной территории находится Сибирский полюс холода (Верхоянск, Оймякон), где абсолютный минимум температур достигает – 68-70 °С.

Скорость ветра на побережье северных морей I зоны составляет зимой 7-9 м/с., достигая в отдельные периоды 15-30 м/с. и более.

В континентальных районах I зоны скорость ветра меньше, но и в этих областях она может составлять 5-7 м/с. В наименьшей степени наблюдаются ветры в районе Сибирского полюса холода. Наиболее низкие температуры воздуха, как правило, наблюдаются в период затишья ветра, так что жесткость (суровость) погоды в этом районе не выше, чем на побережье.

**Таблица 1. Характеристика климатических зон России,
для населения которых требуется утепленная обувь**

Территория основных климатических зон России	Продолжительность (в днях) периодов			Средняя температура самого холодного месяца (январь) в град.	Минимальная температура в град.
	холодного	переходного	теплого		
I (А и Б) – территория особой и высококачественной одежды и особо утепленной обуви					
А – Арктические острова и восточная часть тундры	260-280	20-30	80-90	от -20 до -40	-50 абсолютный минимум
Б – территория ультраконтинентальной тайги, Камчатки, Северного Сахалина, побережья Охотского моря	200-220	60-80	70-90	от -25 до -50	-70
II-территория преимущественно обычной меховой одежды и утепленной обуви	180-200	70-120	60-80	от -15 до -30	- 50
III (А и Б) – территория преимущественно теплой ватной одежды зимой – континентальные районы таежной лесной, степной и пустынной зон (с холодной зимой) и Южный Сахалин	140-160	60-90	140-160	от -07 до -15	на западе от -50 до -55, на востоке от -50 до -55

II климатическая зона характеризуется резко континентальным климатом с холодной зимой и продолжительным холодным периодом, в течение которого средняя месячная температура остается ниже нуля, с четко выраженными переходными периодами. Отдельные показатели, характеризующие климат данной зоны, отличаются разнообразием. Наиболее низкие температуры воздуха зимой в Забайкалье, однако, при менее сильных ветрах, чем в других районах этой зоны. Скорость ветра зимой на западе этой зоны составляет в среднем 5-6 м/с. и постепенно повышается от запада на восток. Сильные ветры и снежные бури наблюдаются зимой в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Количество осадков, выпадающих зимой в данной зоне, различно. Этим определяется различная высота снежного покрова (30-70 см).

III климатическая зона характеризуется умеренно холодной зимой. В холодный период года на этой территории бывают оттепели, особенно в западных и центральных районах европейской территории России. В отдельные периоды наблюдаются понижения температуры, которые в ряде районов достигают от минус 35 до минус 40 °С и ниже.

В зимний период года наблюдаются ветры. Скорость ветра зимой составляет 4-5 м/с., однако наблюдается и повышение скорости ветра до 7-8 м/с. Ско-

рость ветров и частота их повторяемости повышаются с востока к западу указанной зоны. Влажность воздуха зимой выше, чем во II зоне и повышается от востока к западу, от материка к побережьям морей.

Наряду с характеристикой основных климатических зон, указанных в таблице 1, в которых требуется утепленная обувь для носки зимой, следует дать краткую характеристику IV климатической зоны. В этой зоне хотя и не требуется теплой специальной одежды и обуви зимой, но в связи с большой влажностью воздуха и почвы может наблюдаться значительное охлаждение ног.

IV климатическая зона характеризуется мягкой (район А) и очень мягкой (район Б) зимой. Средняя температура января (в районе А) составляет от 0 до минус 5 °С. Снежный покров неустойчив, и продолжительность времени со снежным покровом в году изменяется от 20 до 60-100 дней. Специфические условия носки обуви в этих районах создаются частыми оттепелями и обводненностью почвы зимой, значительной сыростью грунта при большом количестве осадков в переходные периоды (особенно осенью). Специфические условия каждой климатической зоны неодинаково влияют на организм человека. Поэтому для каждой климатической зоны требования к теплозащитной обуви будут различны. В различных климатических зонах температура нижних конечностей человека колеблется в больших интервалах, значительно превышая диапазон колебаний температуры тела.

В тех районах, где морозы чередуются с оттепелями, влажная вязкая почва или мокрый снег интенсивно охлаждают стопу при промокании обуви (IV зона). В этих условиях с поверхности обуви вытесняется пограничный слой воздуха, который играет положительную роль в экономии тепла организмом. Основное требование к конструкции обуви для первых трех климатических зон – предохранение ног от переохлаждения.

Таким образом, определение основных требований к теплозащитным свойствам обуви позволит разработать рациональный ассортимент обуви для населения, проживающего в различных климатических зонах.

В МГУДТ разработана и создана установка (рис. 1), а также методика по определению показателей теплофизических свойств материалов и пакетов материалов в интервале температур от -100 до +200 °С с использованием способа плиты. Пробы материалов испытывают при стационарной и нестационарной теплопроводности.

Установка для определения теплофизических свойств материалов состоит из двух холодильников), между которыми расположены две пробы 3 испытываемого материала или пакета материалов, и электронагревателя 4, подключенного к источнику питания 7. Сила тока и напряжение измеряют соответственно амперметром 6 и вольтметром 5. Источник питания можно включить через электросекундомер 8. Для создания на образцах температуры от 0 до 100 °С в качестве рабочего тела используют воду, а для создания температуры от 100 до 200 °С – глицерин. Рабочее тело циркулирует по холодильникам от ультратермостата 9, который одновременно задает и поддерживает требуемую температуру испытаний. Во время испытания при температуре от 0 до -100 °С приме-

няют пары жидкого азота. Перепад температур на образцах измеряют дифференциальными термопреобразователями АБ и ВГ, подсоединенными к многоточечному самопишущему потенциометру 2 типа КСП-4 или компьютеру.

Показатели теплофизических свойств материалов и пакетов материалов определяют на четырех пробах диаметром 80 мм. Толщину проб измеряют в пяти точках с погрешностью до $\pm 0,01$ мм. За результат толщины пробы берут среднеарифметическое пяти значений толщины.

1 - холодильники; 2 - потенциометр; 3 - пробы; 4 - электронагреватель;
5 - вольтметр; 6 - амперметр; 7 - источник питания; 8 - электросекундомер;
9 - ультратермостат

Рис. 1. Схема установки для определения теплопроводности материалов

Учитывая это, актуальным представляется разработка новых оперативных методов и средств, позволяющих быстро, качественно и без существенных материальных и трудовых затрат получать количественную оценку теплофизических характеристик различных материалов и их систем. Это обеспечит возможность рационального подбора материалов для пакетов верха обуви и позволит прогнозировать уровень теплозащитных свойств обуви в целом.

В связи с этим, для оценки теплозащитных свойств материалов для верха обуви в Витебском государственном технологическом университете был разработан автоматизированный измерительный стенд, позволяющий быстро и объективно определять теплопроводность и тепловое сопротивление различных материалов и их систем в лабораторных условиях.

Автоматизированный измерительный стенд состоит из прибора для исследования теплозащитных свойств материалов, работающего по принципу нестационарного теплового режима, автоматизированного устройства для установления и фиксации параметров испытания, регистрации и графического отображения полученных в ходе испытания экспериментальных данных, источников регулируемого питания приборной автоматики и электронагревателя.

Общая схема разработанного измерительного стенда представлена на рисунке 2.

Основным элементом измерительного комплекса является прибор для определения теплозащитных свойств материалов [6], в исходную конструкцию

которого с целью совершенствования методики проведения испытаний и получения более объективных экспериментальных данных был внесен ряд существенных изменений. Прибор состоит из разъемного металлического корпуса, плоского металлического нагревателя, теплоизоляционных оболочек для нагревателя и испытываемого образца, верхних и нижних металлических пластин, в которые вмонтированы датчики температуры, микрометра.

Металлические пластины для установки датчиков были выполнены из меди (коэффициент теплопроводности меди ~ 380 Вт/м*К) по размеру измерительных площадок с пазовыми направляющими (рисунок 2). Такая конструкция пластины позволяет измерять температуру в трех точках поверхности, что позволяет оценить неравномерность теплового поля. Соединение металлических пластин с конструкцией прибора производилось с помощью сварки.

Для контроля температурных параметров применялись датчики типа М222 Pt100 класс А с измерительным диапазоном 50 °С – 300 °С, точностью – 0,15 °С, временем отсчета – 0,15 с. С целью снижения тепловых потерь и улучшения теплопередачи в ходе испытания осуществлялась предварительная шлифовка поверхности металлических пластин и после установки измерительных компонентов в пазы пластин образовавшиеся пустоты заполнялись термопастой.

- 1 – образец материала; 2, 3 – верхняя и нижняя части металлического корпуса (латунь);
4 – теплоизоляционная оболочка нагревателя (пеноплэкс); 5 – охранный кольцо;
6 – теплоизоляционная оболочка образца (пеноплэкс); 7 – пружинный компенсатор перекося
(4 шт. по контуру); 8 – микрометр; 9 – датчик «холодной» стороны образца; 10 – датчик нагреваемой
стороны образца; 11- нагреватель; 12- верхние и нижние металлические пластины (медь);
13- корпус электронагревателя; A1 – вторичный преобразователь термометров сопротивления
0-6-RTDs; A2 – устройство регистрации и отображения данных HMI-750; G1 – источник
регулируемого питания электронагревателя; G1 – источник питания приборной
автоматики; SF – автоматический выключатель

Рис. 2. Схема автоматизированного измерительного стенда для определения теплозащитных свойств материалов

Для обеспечения равномерного теплового поля в разработанном измерительном стенде применялся составной нагревательный элемент (слюда + слюда с намотанной нихромовой проволокой + слюда), схема которого представлена на рисунке 3. Данный нагревательный элемент позволяет обеспечить проведение испытаний в широком диапазоне задаваемых температур (максимально допустимая температура – 1000 °С).

В процессе испытания образец материала круглой формы помещается на нижнюю металлическую пластину и накрывается верхним блоком с определенным усилием прижатия, что обеспечивает сведение до минимума толщины воздушных прослоек между образцом и прилегающими плоскостями прибора. Нижняя металлическая пластина прибора с помощью вмонтированного электрического нагревателя разогревается до получения необходимого перепада температур относительно верхней металлической пластины, после чего электронагреватель отключают. Далее в процессе испытания происходит свободное охлаждение нагретой нижней металлической пластины, теплота от которой проходит через пробу материала и поглощается верхней холодной металлической пластиной.

В ходе испытания фиксируется время, необходимое для охлаждения нагретой пластины в заданном интервале температур, определяется темп охлаждения нагретой пластины и на основании полученных данных рассчитывается коэффициент теплопроводности исследуемой пробы материала. Регистрация температурных и временных параметров испытания и графическое отображение протекающих в ходе испытания процессов теплообмена осуществляется в автоматическом режиме на приборной панели стенда. В качестве базового элемента сбора и обработки данных, поступающих от датчиков, был использован панельный контроллер НМІ 750 и модуль подключения термосопротивлений.

Интерфейс вывода графической информации представлен на рисунке 3. Вывод графика ведется в системе время-температура. Частота опроса датчиков – один опрос в секунду.

Разработанный измерительный стенд для определения теплозащитных свойств материалов позволяет:

- быстро, качественно и без существенных материальных и трудовых затрат определять теплопроводность различных материалов и систем в условиях нестационарного теплового режима;
- в автоматическом режиме отображать кривую охлаждения образца в заданном температурном диапазоне;
- измерять теплопроводность образцов различной толщины;
- обеспечить хорошую изоляцию образцов от окружающей среды во время опыта, что исключает влияние случайных колебаний окружающей среды на результаты испытаний;
- в автоматическом режиме регистрировать значения температур с нагреваемой и холодной поверхности образца в заданные моменты времени, а также фиксировать температуру окружающей среды;

– формировать графическое отображение зависимости температуры от времени в заданном масштабе на дисплее устройства, что позволяет оперативно оценивать качество проведения эксперимента по наличию нелинейных отклонений снимаемых показаний;

– осуществлять съём и передачу полученной в ходе испытаний информации на персональный компьютер для дальнейшей её обработки.

Разработанная установка характеризуется незначительными габаритами, простотой и удобством в пользовании. При необходимости конструкция установки позволяет при внесении соответствующих изменений осуществлять проведение испытаний и в режиме стационарного теплового потока.

Методика испытания образцов на разработанном измерительном стенде заключается в следующем:

1. Осуществляется подключение установки к источнику переменного тока, устанавливаются необходимые параметры испытания на панели автоматизированного устройства регистрации и отображения данных.

2. Нижняя металлическая пластина прибора нагревается с помощью электронагревателя до получения необходимого перепада температур между нижней и верхней пластинами.

3. Образец материала заправляется в рабочую полость установки, верхняя часть корпуса опускается до предельного нижнего положения, толщина испытываемого образца контролируется микрометрами, таким образом, чтобы исключить наличие воздушного слоя между образцом и нижней и верхней пластинами прибора.

4. Электронагреватель отключается. Нагретая пластина прибора охлаждается до заданного значения перепада температур между нижней и верхней пластинами AT_1 . Далее измеряется время, необходимое для охлаждения пластины до перепада температур AT_2 . Показания прибора фиксируются на автоматической панели устройства. По полученным данным рассчитывается темп охлаждения пластины t, c^{-1} .

5. Верхняя часть установки поднимается, и образец извлекается из прибора. Зафиксированные показания прибора передаются с автоматического устройства с помощью съемного носителя информации на ПК для последующей обработки.

При испытаниях по методу стационарного режима можно использовать прибор ИТ-3. На приборе моделируются реальные условия эксплуатации текстильных материалов, которые в процессе носки изготовленных из них изделий одежды и обуви контактируют одной стороной с нагретой поверхностью тела человека, передавая тепло более холодной окружающей среде. Прибор ИТ-3 (рис. 3, а) состоит из двух пластин 2 и 7 с резиновыми прокладками, в которые вмонтированы термопары.

Испытуемую пробу 5 закладывают между резиновыми прокладками 4 к 6 так, чтобы рабочие спаи 13 и 14 термопар касались поверхностей пробы. Термопара 15 служит для замера температуры нагретой поверхности пробы, а термопара 16 – холодной поверхности пробы. «Холодные» спаи термопар помещены в термостат 17 с тающим льдом, который поддерживает нулевую температуру с

точностью $\pm 0,5$ °С. Рабочая проба имеет диаметр 100 мм при толщине не более 10 мм. Опускание и подъем верхней пластины на пробу 5 осуществляется маховиком 10.

Ультратермостат 1 подает к нижней пластине 2 воду, нагретую до температуры окружающего воздуха. Верхняя пластина 7 обогревается электрическим нагревателем от стабилизированного источника напряжения 12. Мощность тока, подаваемая на пластину, регулируется в пределах 5-15 Вт. С помощью съемных грузов 11, расположенных на маховике, устанавливают давление верхней (горячей) пластины на рабочую пробу, толщину которой определяют толщиномером 9, вмонтированным в корпус прибора. Проверку и установку толщиномером на нуль производят с помощью кольца 8 до заправки пробы.

Рис. 3. Схема прибора ИТ-3 для определения коэффициента теплопроводности текстильных полотен (а) и тарировочная кривая для определения температуры пробы на приборе ИТ-3 (б)

Тепло от нагретой пластины 7 через пробу с прокладками передается на нижнюю пластину 2 и с помощью датчика теплового потока 3 регистрируется

на шкале потенциометра 19. Вода, циркулирующая с помощью ультратермостата, поглощает тепло, охлаждает нижнюю пластину. Стабилизированный источник напряжения и ультратермостат автоматически поддерживают постоянную разницу температур нагретой и холодной поверхностей пробы. Через 30 мин после включения нагрева верхней пластины с потенциометра поочередно снимают показания ТЭДС термопар и датчика теплового потока. При этом подача соответствующих напряжений на потенциометр осуществляется переключателем 18.

Таблица 2. Наименование полотна

№ п/п	Показатели	Числовые значения
1	Температура окружающего воздуха, °С	
2	Мощность нагревателя, Вт	
3	Толщина пробы,	
4	Температура воды в ультратермостате, °С	
5	ТЭДС датчика e_d , мВ	
6	ТЭДС «горячей» термопары e , мВ	
7	ТЭДС «холодной» термопары e , мВ	
8	Коэффициент теплопроводности K , Вт/(м·°С)	
9	Тепловое сопротивление K_9 , м ² ·°С/Вт	
10	Средняя температура пробы, °С	

Зная значение ТЭДС (мВ), по рис. 3, б находят соответствующие им значения температур L и G_z , а также среднюю температуру пробы. Затем по формулам (1) и (2.) определяют коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление полотна. Полученные данные и результаты расчетов заносят в таблицу (таблица 2).

Определение коэффициентов теплопроводности и тепловых сопротивлений обувных материалов

Основные теплофизические характеристики обувных материалов определяют опытным путем с использованием метода стационарной теплопроводности или методом нестационарной теплопроводности: регулярного режима I и II родов, граничных условий IV рода, зондового и др.. Для исследования обувных материалов метод стационарной теплопроводности использовали, например, И.Е. Манохин и Е.Н. Чунихина [13], метод регулярного режима I рода – Е.А. Мирошников и Л.В. Кедров [13], метод регулярного режима II рода – А.В. Лыков [13], метод граничных условий IV рода в системе двух тел и зондовый метод с плоским источником тепла – В.А. Смирнов и В.С. Каштан.

Для определения основных характеристик теплофизических свойств материалов можно использовать установку, позволяющую проводить испытания материалов в интервале температур от 100 до 500 °К и атмосферном давлении от 10^5 до 10^{-4} Па и действии внешнего давления N до 2МПа. Схема установки приведена на рисунке 4.

При использовании метода стационарной теплопроводности λ , Вт/мК материалов и пакетов вычисляют по формуле:

$$\lambda = \frac{I \cdot U \cdot h}{2S \cdot \Delta T} k, \quad (1)$$

а при методе нестационарной теплопроводности по формуле, предложенной В.А. Смирновым:

$$\lambda = \frac{I \cdot U \cdot t_0 \cdot h}{2\sqrt{8\pi e} \cdot S \cdot t_{\max} \cdot \Delta T} k, \quad (2)$$

где I – сила тока в нагревателе, А;

U – напряжение, В;

t_0 – время включения нагревателя;

h – толщина пробы, м; постоянные – 3,14;

$e = 2,72$;

S – площадь нагревателя, м²;

$t_{\max}$ – время достижения максимального перепада температуры в материале;

ΔT – максимальное значение перепада температур в материале, К;

k – тарировочный коэффициент установки, равный 0,84.

1 – пробы материалов; 2 – нагреватель; 3 – холодильники; 4 – вакуумный колпак;
5 – электросекундомер; 6 – источник питания; 7 – прибор для регистрации температуры пробы материала; 8, 16 – трубопроводы; 9 – вакуумметр; 10 – форвакуумный и паромасляные насосы; 11 – ультратермостат; 12, 14 – вакуумные вентили; 13 – трубка; 15 – вакуумная плита; 17 – измеритель перепада температур на пробах материала

Рис. 4. Схема установки для определения характеристик теплофизических свойств материалов

Тепловое сопротивление – $R(\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт})$ материалов вычисляется по формуле:

$$R = h / \lambda. \quad (3)$$

При определении теплофизических характеристик обувных материалов использовалась методика.

Таблица 3. Показатели теплофизических свойств материалов

Наименование материала	Толщина материала, мм	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/м·°C	Тепловое сопротивление, R , м ² ·°C/Вт
1. Меховая овчина	12,41	0,039	0,318
2. Искусственный мех на трикотажной основе	13,05	0,046	0,284
3. Искусственный мех на тканевой основе	5,59	0,049	0,114
4. Искусственный мех с полшерстяным ворсом	7,93	0,04	0,198
5. Байка обувная хлопчатобумажная	1,71	0,0520	0,033
6. Байка обувная полшерстяная	4,20	0,038	0,111
7. Ткань дублированная для верха обуви группы А	4,85	0,0690	0,0703
8. Материал нетканый иглопробивной дублированный	1,34	0,0548	0,024
9. Байка суровая	1,00	0,045	0,0222
10. Драп полшерстяной	1,60	0,045	0,0356
11. Сукно полшерстяное	0,98	0,0385	0,0254
12. Ткань обувная для межподкладки	0,30	0,0411	0,007
13. Бязь суровая	0,32	0,038	0,008
14. Тик-саржа	0,88	0,055	0,016
15. Полукожник хромового дубления для верха обуви	1,42	0,07	0,02
16. Выросток хромового дубления для верха обуви	1,59	0,052	0,03
17. Кожа для верха обуви – шевро	1,02	0,047	0,022
18. Кожа для верха обуви КРС – нубук	0,90	0,049	0,018
19. Подкладочная кожа – козлиная	0,51	0,069	0,007
20. Подкладочная кожа – спилок	0,96	0,071	0,014
21. Кожа стелечная ХРС дубления	2,47	0,12	0,021
22. Кожа подошвенная ХРС дубления	3,62	0,13	0,028
23. Непористая резиновая пластина	4,28	0,26	0,0165
24. Картон для протилек	2,2	0,09	0,026
25. Картон с повышенным содержанием кожаного волокна	3,14	0,12	0,026
26. Картон «Техон»	2,11	0,099	0,021

Экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности и тепловые сопротивления измеряемых обувных материалов представлены в таблице 3.

Как и физико-гигиенические свойства, теплофизические характеристики, полученные разными методами, лишь условно сравнимы. Их величины зависят от условий проведения испытаний: удельного давления на образец, его начальной температуры и влажности (влажностенности) материала.

В большинстве ранее проведенных исследований определяли условные, по выражению А.В. Лыкова, теплофизические характеристики обувных материалов при нормальных условиях, а не истинные при влажностенности, соответствующие реальным условиям эксплуатации обуви.

При исследовании характеристик теплофизических свойств (λ и R) материалов: тканей, кож, искусственных кож и меха, комплексных и трипированных материалов Жихаревым А.П. [40, 44, 45] установлено, что наиболее существенные изменения исходных характеристик наблюдаются при комплексном действии влаги и силового давления. При возрастании влажностенности до 40% и давления до 157,35 кПа наблюдается снижение теплового сопротивления материалов, что вызвано увеличением площади контакта между структурными элементами, уменьшением интегральной пористости материалов или средней плотности.

Опытная оценка спецодежды и обуви к использованию в климатических зонах с пониженной температурой может быть осуществлена в климатической камере в соответствии с ГОСТ Р 12.4.185-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от пониженных температур». Данный стандарт устанавливает два метода (А1 и А2) определения теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты, предназначенного для защиты от пониженных температур: с участием человека (метод А1) и на тепловом манекене (метод А2).

Сущность метода А1 заключается в определении теплоизоляции СИЗ С на основе результатов измерения температуры кожи человека и плотности сухого теплового потока с поверхности его стоп в заданных условиях испытания.

Сущность метода А2 заключается в определении теплоизоляции комплекта СИЗ С на основе измерения мощности потребляемой манекеном энергии для поддержания температуры его поверхности в заданных условиях испытания.

При проведении и описании эксперимента используются следующие термины, определения и обозначения:

- плотность сухого теплового потока, тепловой поток, $q_n, B_T / м^2$, мощность тепловой энергии, проходящей за единицу времени через единицу поверхности;
- сухой тепловой поток, тепловой поток, состоящий из одного или более компонентов: кондуктивного, конвективного или радиационного;
- датчик теплового потока, тепломерный датчик, устройство для измерения плотности сухого теплового потока, представляющее собой «вспомогательную стенку» на пути теплового потока и измеряющее разность температур на

её поверхности, которая при известном сопротивлении этой «стенки» пропорциональна плотности сухого теплового потока;

- градуировочный коэффициент, $K, B_T / (m^2 \cdot mB)$, значение преобразованного сигнала, отнесенное к плотности стационарного сухого теплового потока с поверхности рабочей стенки градуировочного тела, температурное поле которого практически не искажается из-за установки датчика;

- температурный датчик, устройство для измерения температуры поверхности кожи;

- теплоизоляция СИЗ С (средства индивидуальной защиты стоп), $I_c, m^2 \cdot ^\circ C / B_T$ или кло (кло = $0,155 m^2 \cdot ^\circ C / B_T$), полное сопротивление переносу тепла от поверхности стоп человека во внешнюю среду, включая материалы, воздушные прослойки между ними и пограничный слой воздуха, прилегающий к наружной поверхности обуви, представляющий собой отношение разности средней температуры кожи стоп и температуры окружающей среды, к средней плотности сухого теплового потока;

- тепловое сопротивление, $R_c, m^2 \cdot ^\circ C / B_T$, определяется как отношение разности температур между двумя поверхностями (слоя, пакета) к результирующему сухому тепловому потоку через единицу поверхности (слоя, пакета) в направлении температурного градиента. Тепловое сопротивление R_c является количественной характеристикой пакета материалов или их комбинаций, которая определяет сухой тепловой поток сквозь данную поверхность под воздействием установившегося температурного напора;

- пониженная температура (холодная среда), комбинация физических факторов (температура, влажность воздуха, радиационная температура, скорость ветра), обуславливающих охлаждение человека (общее и/или локальное) и требующих применение соответствующих мер снижения теплопотерь;

- частота сердечных сокращений, ЧСС, уд./мин.;

- артериальное давление, АД, мм.рт.ст.

Для определения теплоизоляции СИЗ С используются следующие средства контроля и вспомогательные устройства:

- температурный датчик – по ГОСТ 12.4.067. Чувствительность температурных датчиков не менее $0,2 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$ (ГОСТ Р 124.185-99);

- тепломерные датчики (ГОСТ Р 12.4185-99) с градуировочным коэффициентом не менее $150 B_T / m^2 \cdot mB$, теплопроводностью $10-5 B_T / m^2 \cdot ^\circ C$, чувствительностью не менее $5 \text{ мкВ} \cdot m^2 / B_T$, площадью $1,0-3,0 \text{ см}^2$;

- средство измерения сопротивления постоянному току и постоянного напряжения (универсальный цифровой вольтметр типа В7-23). Основная погрешность измерения сопротивления постоянному току должна быть не более $0,06$ и постоянного напряжения положительной и отрицательной полярности – не более $0,04$, класс точности – прецизионный;

- приборы для измерения температуры, влажности и скорости движения воздуха – по СанПиН 2.2.4.548-96;

- прибор для измерения артериального давления (типа ИАДМ-ОП);

- термометр для измерения подмышечной температуры тела;

– прибор для измерения частоты сердечных сокращений (электрокардиограф типа ЭК1Т-ОЗМ);

– микроклиматическая камера или другое специально оборудованное помещение, позволяющее обеспечивать на период проведения испытаний заданную температуру воздуха на высоте 1,5 м от пола с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. При этом разность температур воздуха на высоте (на высоте 1,7 и 0,1 м от уровня пола), а также между ограждениями и воздухом не должна превышать $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$. В данной работе была использована холодильная камера из ППУ сэндвич – панелей 6DF8303/27-Е. В состав холодильной установки входит: компрессорно – конденсаторный агрегат GTKL-072LND: состоящий из конденсаторного аппарата TFH2480ZBR, компрессора TFH2480Z.013K1037.

В диссертационной работе исследования по определению теплоизоляции пакета материалов обуви проводились по методу А1.

Порядок подготовки к проведению испытаний СИЗ С с участием человека (метод А1)

Изделия СИЗ С (теплозащитная обувь) до начала испытаний были выдержаны в свободном состоянии не менее суток при температуре воздуха $(22,0 \pm 2,0)^{\circ}\text{C}$ и его относительной влажности 30-60 %.

Размеры изделий должны соответствовать размерам стоп добровольца-испытателя (далее – испытателя), привлекаемого для их оценки.

Для оценки СИЗ С был привлечен испытатель – мужчина 50 лет, рост 174 см, масса тела 62 кг.

До начала испытания, испытатель, одетый в комплект «комнатной» одежды, находился в помещении при температуре воздуха $(22,0 \pm 2,0)^{\circ}\text{C}$ и его подвижности не более 0,1 м/с в положении «сидя»- не менее 30 минут, затем у него измеряли температуру тела под мышкой, артериальное давление и частоту сердечных сокращений. К участию в оценке СИЗ стоп не допускаются испытатели, имеющие температуру тела свыше 37°C или/и частоту сердечных сокращений свыше 80 уд. / мин. или/и артериальное давление свыше 140 и 90 мм.рт.ст. соответственно систологическое и диастолическое.

Рис. 5. Схема расположения тепловых датчиков на стопе человека

После этого на поверхности стопы испытателя прикрепляются в соответствии с рисунком 5 предварительно обработанные этиловым спиртом 3 температурных и 3 тепломерных датчика (возможно совмещение их чувствительных элементов в одном датчике).

Температурные и тепломерные датчики фиксируются на поверхности тела с помощью адгезивного материала (типа скотч, пластырь), не вызывающего раздражения кожи. Возможно использование эластичной ленты.

Во избежании чрезмерного общего охлаждения, которое может быть причиной дополнительного охлаждения стоп, испытуемый был одет в комплект утепленной спецодежды с теплоизоляцией $0,560 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ (3,6 кло) (1 кло = $0,155 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$).

Определение температуры кожных покровов и теплового потока с поверхности стоп проводилось с помощью измерительного комплекса, и холодильной камеры (рис.6 и 7)

Рис. 6. Схема измерительного комплекса для определения температуры теплового потока с поверхности стоп при пониженной температуре

Рис. 7. Измерительный комплекс для определения температуры теплового потока с поверхности стоп при пониженной температуре

Испытуемый в микроклиматической камере находился в положении «сидя» в целях создания условий для обеспечения более стабильного теплового потока с поверхности стоп. Продолжительность пребывания в микроклиматической камере определялась появлением общих теплоощущений «прохладно» и локальных (в области стоп) – «прохладно – холодно» и составила 60 мин.

Порядок проведения испытаний СИЗ С (метод А1)

В микроклиматической камере устанавливают температуру воздуха (-5,-10,-15)°С, относительную влажность 40-60%, скорость ветра $\leq 0,15$ м/с.

Указанная температура воздуха может быть скорректирована в соответствии с плотностью средневзвешенного теплового потока с поверхности тела испытуемого, которая должна составить $40-60 \text{ Вт/м}^2$.

Проводились измерения температуры кожи (t_k , °С) и теплового потока (q_n , Вт/м^2) с поверхности стоп согласно МУ К 4.3.1901-04 «Методика определения теплоизоляции средств индивидуальной защиты головы, стоп, рук на соответствие гигиеническим требованиям» в области тыльной поверхности стопы, плантарной части стопы и дополнительно в области большого пальца стопы, которая наиболее подвергается охлаждению (рис.5).

Температура кожи и тепловой поток определялись специальными датчиками согласно ГОСТ Р 12.4.185-99. Одновременно регистрировались теплоощущения испытуемого в баллах по семибальной шкале (табл. 6).

Замеры температуры кожи и теплового потока с поверхности тела испытуемого, температуры воздуха, его относительной влажности и подвижности (на высоте 1,5 м от уровня пола) проводились с периодичностью не реже 5 минут. Опрос испытуемого о его теплоощущениях проводился с той же периодичностью. Результаты измерений заносились в протокол испытаний (Приложение А). По истечении 60 минут датчики отключают от средств измерения, и испытуемый выходит из микроклиматической камеры.

Правила обработки результатов испытаний

По результатам измерения температуры кожи на 55 минуте определяют средневзвешенную температуру кожи в области стоп (T_{kc}), °С по формуле:

$$T_{kc} = 0,58(t_{k \text{ тыла пр. стоп}} + t_{k \text{ тыла лев. стопы}})/2 + 0,25(t_{k \text{ подошвы пр. стоп}} + t_{k \text{ подошвы лев. стопы}})/2 + 0,17(t_{k \text{ б. пал. пр. стоп}} + t_{k \text{ б. пал. лев. стопы}})/2 \quad (4)$$

По результатам измерения плотности теплового потока определяют его среднюю величину за период с 20-ой по 60-ую минуту и аналогично формуле (2.2) рассчитывают средневзвешенное значение теплового потока с поверхности стоп.

Рассчитывают среднюю температуру воздуха t_v за период испытания.

Определяют теплоизоляцию СИЗ С по формуле:

$$I_c = (t_{kc} - t_v)/q_n \quad (5)$$

где t_{kc} – средневзвешенная температура кожи стопы на 55 минуте испытания;

t_v – средняя температура воздуха за период испытания;

q_n – средневзвешенный тепловой поток с поверхности стоп за период с 20-ой по 60-ую минуту испытания.

Значения I_c , T_{kc} , q_n заносят в протокол испытаний СИЗ С.

Каждое изделие должно быть испытано с участием не менее трех человек. Если же оно изготовлено в соответствии с размерами конкретного испытателя, то исследования могут быть проведены только с его участием.

Число испытаний определяется получением среднего значения теплоизоляции с доверительной вероятностью не менее 0,95 при относительной погрешности не более 6%.

Результаты исследований терморегуляторных реакций человека в климатической камере (метод А1).

Данные исследования проводились на моделях обуви 1-3 (табл. 2.1) в микроклиматической камере при температуре относительно спокойного воздуха - 5°C; -10°C и -15°C, обуславливающей различную степень общего и локального охлаждения организма.

Полученные данные указывают, что при температуре воздуха -10°C общие теплоощущения при использовании моделей 1-3 оценивались по истечении 60 минут как «слегка прохладно», т.е. в этом случае общее охлаждение испытуемого не оказывает заметного влияния на терморегуляторные реакции стоп и что они обусловлены преимущественно степенью защиты стоп от холода.

Разработанное изделие, предназначенное для определенных условий эксплуатации, должно обладать защитными характеристиками, обеспечивающими комфортное состояние человека в зоне критических температур. Для оценки гигиенического соответствия полученных проектных решений и для проверки адекватности разработанной математической модели требуется определить способ проверки защитных свойств изделий.

С целью решения поставленной задачи был разработан специальный измерительно-расчетный комплекс «ИРК-5» для исследования специальной одежды на предмет тепловой защиты человека от воздействия температурных факторов окружающей среды [2, 34, 36, 37], который позволяет проводить испытания образцов изделий рассматриваемого назначения. Для натурных испытаний была рассмотрена методика расчетов температурных характеристик человека, основанная на меньшем количестве фиксируемых точек измерений, что повышает общую надежность измерительной системы. В таком качестве может быть рассмотрена методика К.Витте [1, 2, 12], как базовая для дальнейших исследований, которые необходимо проводить в натуральных условиях, приближенных к реальным прогнозируемым условиям эксплуатации.

Интерфейс программы представлен на рисунке 8.

Комплекс «ИРК-5» представляет собой аппаратуру, фиксирующую и передающую на компьютер данные, а также сам компьютер с разработанным программным обеспечением. Датчики температуры размещаются на теле человека и в окружающей среде. Показания, снимаемые с датчиков, поступают во вторичный прибор «РИЦ». В приборе они попадают в коммутатор, затем данные передаются в процессорный модуль, где и преобразовываются в цифровой сигнал. Через ПСК (плата сети кольцо) и АСК (адаптер сети кольцо) они отправляются в компьютер, используя интерфейс RS-232 (коммутационный порт).

Рис. 7. Интерфейс программного модуля комплекса «ИРК-5»

Эксперименты могут проводиться в условиях с широким диапазоном температур. Естественно, температура человека не должна опускаться или подниматься ниже или выше критического значения. Именно об этом и сообщает инструкторам программный модуль.

Анализ работ, посвященных проектированию одежды на базе имитационного и оптимизационного математического моделирования системы «Ч-О-С», позволил установить, что результаты моделирования не адаптированы к непосредственному формальному применению в системах автоматизированного проектирования одежды. Это приводит к тому, что конструктор вынужден задавать исходные данные для конструирования на основании своего опыта, интуиции и субъективного восприятия задачи проектирования.

В процессе работы уточнено геометрическое представление туловища человека, которое представляется цилиндром с сечением в виде овала для оптимизационной модели и с сечением в виде эллипса для имитационной модели. Такое представление туловища в большей степени отвечает антропометрии человека.

Разработана оптимизационная математическая модель теплообмена системы «Ч-О-С», которая позволяет минимизировать количество тепла с поверхности модели тела человека, при заданном объеме утеплителя оптимально распределить его толщину на разных участках модели. Разработана имитационная модель теплообмена между туловищем человека и окружающей средой. Впервые сравнены между собой результаты оптимизационного и имитационного математического моделирования системы «Ч-О-С», а затем проверены на натурных исследованиях.

Разработана методика и программное обеспечение для измерительно-расчетного комплекса «ИРК-5», применяемого для оценки теплового состояния человека в реальном времени. При помощи комплекса получены динамические параметры поверхностных температур человека, контроль теплонакопления, теплосодержания и дефицита тепла человека во время испытаний.

Проведенные разработки и исследования позволили сделать следующие выводы:

- с целью повышения качества проектирования теплозащитной были проведены исследования и разработаны оптимизационная и имитационная математические модели системы «Ч-О-С»;

- определено, что для оптимизационных моделей целесообразно представлять туловище в виде цилиндра с сечением овал (набор секторов окружностей), так как это может свести решение уравнений теплопередачи к осесимметричным. Для имитационных моделей целесообразней представлять туловище в виде цилиндра с эллиптическим сечением, так как это позволяет удовлетворить требованиям непрерывности граничных условий и упрощает генерацию модели сечения туловища человека. Такой подход позволяет повысить точность расчетов тепловых потоков с поверхности туловища человека;

- проведенный анализ результатов математического моделирования и сравнение с экспериментальными данными показал адекватность тепловых полей моделей реальным процессам системы «Ч-О-С», что дало возможность использовать результаты оптимизационного математического моделирования для САПР одежды;

- разработана методика и программный модуль автоматизированного расчета коэффициентов на свободу облегания конструкции изделия и необходимой толщины материала. Уменьшение количества конечных элементов в сечении в рамках математической модели более чем в 16 раз приводит к существенному увеличению скорости работы программы. Универсальность выходных параметров расчетного модуля позволили применить его в современной методике проектирования одежды и интегрировать в САПР одежды «Novo-cut»;

- на базе разработанной методики расчета параметров теплозащитной конструкции было разработано программное обеспечение, при помощи которого разработана в САПР «Novo-cut» конструкция специального теплозащитного костюма.

Создана и экспериментально проверена в условиях термокамеры теплозащитная куртка для температуры окружающей среды -50°C. Проверка состояния человека осуществлялась с помощью комплекса «ИРК-5». Результаты экспериментальных исследований показали приемлемость конструкторских решений с использованием блока САПР теплозащитной одежды.

Анализ методов оценки теплофизических характеристик материалов для производства одежды и обуви подтвердил тот факт, что очень длительное время законодателем моды были работы Р.Ф. Афанасьевой и её учеников, которые исследовали теплофизические свойства материалов, что позволяло быть им «на слуху», чтобы классифицировать их по показателям свойств и анализировать эти характеристики, полученные при испытании опытных образцов

одежды в климатической камере, формируя оценку материалов по их пригодности по ощущению носчика-испытателя, корректируя их с учетом целевого назначения того ассортимента одежды, который был в качестве объекта для оценки её соответствия требованиям, которым они должны были удовлетворять при их эксплуатации. Это лидерство сохранялось длительное время пока в МТИЛП – МГУДТ под руководством Жихарева А.П. не был разработан стенд для определения теплофизических характеристик широкого ассортимента материалов для одежды и обуви с креном их использования в качестве спецодежды и обуви в климатических зонах с пониженной температурой, в том числе и при разработке снаряжения для космонавтов.

А потом исследования были обозначены и для других профессий в том числе и для спецодежды и обуви, которые были востребованы для создания комфортных условий потребителям для климатических зон с повышенной температурой. Нельзя не отметить, что точность показаний на этом стенде может быть не всегда была высокой и требовался эталон для сравнения с расчетными характеристиками, но все равно это было шагом вперед по формированию требований к материалам для спецодежды и обуви, ориентируя производителей на разработку и производство именно таких материалов, которые бы обеспечивали формирование комфортных условий потребителям спецодежды и обуви как для климатических зон с пониженной, так и повышенной температурами.

Отрадно, что ученые Витебского технологического университета под руководством Горбачика В.Е. рискнули внести изменения в схему стенда и предложить более современную схему определения теплофизических свойств материалов с одновременной распечаткой этой информации на компьютере. Это тем значимее, что сегодня, а тем более завтра потребность в быстром определении таких свойств для новых материалов, которые могли быть востребованы и изготовлены на основе нанотехнологий просто не обходимо. Но при этом последнее слово о целесообразности использования одежды и обуви для таких целей остается за опытной ноской, потому что только в этом случае можно вынести вердикт быть или не быть этому комплекту в качестве спецодежды для тех, кто в этом нуждается. Наличие программного обеспечения, разработанного авторами сообщений, создает основу при использовании получать объективные оценки об пакетах, которые соответствовали требованиям при использовании в качестве производства спецодежды и гарантировали бы потребителю комфортные условия на тот период эксплуатации, который необходим для обеспечения их должностных обязанностей. Но и в этом случае последнее слово остается за опытной апробацией производственной партии спецодежды, изготовленной с учетом рекомендации разработчиков.

Список используемых источников:

1. Афанасьева Р.Ф. Некоторые способы поддержания температурного гомеостаза в условиях воздействия на человека холодового фактора // Теоретические и практические проблемы терморегуляции. Ашхабад, 1982. 152 с.
2. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. М.: Легкая индустрия, 1977. 136 с.

3. Белгородский В.С. Разработка методов и средств повышения комфортности обуви: автореф. дис.... канд. тех. наук. М., 2001. 22 с.
4. Бузов Б.А., Никитин А.В. Исследования материалов для одежды в условиях пониженных температур. М.: Легпромбытиздат, 1985. 221 с.
5. Жихарев А.П., Бузов Б.А. Установка для исследования физико-механических свойств материалов в широком интервале температур // Текстильное материаловедение. М., 1980. С. 35-38.
6. Жихарев А.П., Краснов А.П., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности. М.: Академия, 2004. 464 с.
7. Жихарев А.П. Развитие научных основ и разработка методов оценки качества материалов для изделий легкой промышленности при силовых, температурных и влажностных воздействиях: дис.... д-ра техн. наук. М., 2004. 374 с.
8. Кедров Л.В. Теплозащитные свойства обуви. М.: Легкая индустрия, 1979. 168 с.
9. Лебедева Л.Д. Определение теплозащитных свойств с помощью моделирования процесса охлаждения стопы человека: дис.... канд. техн. наук. М., 1976.
10. Лыков А.В. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. М.: Энергия, 1973. 336 с.
11. Михайлова И.Д., Прохоров В.Т., Михайлов А.Б., Осина Т.М. Математическая модель микроклимата в обуви при воздействии на нее низких температур // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2005. №2. С. 50-54.
12. Михайлова И.Д., Прохоров В.Т., Михайлов А.Б., Осина Т.М. Особенности распределения температуры в деталях обуви // Кожевенно-обувная промышленность. 2005. №5. С. 47-49.
13. Фомина Т.Т., Утту Т.С. Оценка комфортности обуви. М.: МТИЛП, 1988. 36 с.
14. Прохоров В.Т. и др. Особенности защиты человека от воздействия низких температур: Монография. Шахты: издательство ГОУ ВПО "ЮРГУЭС", 2007. 499 с.
15. Горбачик В.Е., Кузнецов А.А., Томашева Р.Н., Ринейский К.Н., Леонов В.В. Оценка теплозащитных свойств пакетов верха производственной обуви // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2015. № 28. С. 41.

© 2015, Селина Н.Г., Кораблина С.Ю., Осина Т.М.,
Афанасьева Р.Ф., Прохоров В.Т.
Оценка обоснованности выбора пакетов
материалов по формированию комфортных
условий военнослужащим Арктики (сообщение 1)

© 2015, Selina N.G., Korablina S.Yu., Osina T.M.,
Afanasyeva R.F., Prokhorov V.T.
Assessment of the validity of the choice of materials
for the formation of a package of comfortable
conditions servicemen Arctic (1 message)