



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г.ШАХТЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты)

На правах рукописи

Богданов Владимир Федорович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ
ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ СПАЛЬНЫХ МЕШКОВ С ПУХОВЫМ
УТЕПЛИТЕЛЕМ**

Научная специальность: 2.6.16.

Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
Бринк Иван Юрьевич

Шахты – 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПАЛЬНЫХ МЕШКОВ .12	
1.1 Пух водоплавающей птицы. Основные свойства	15
1.2 Утеплители подобные пуху – несвязные утеплители.....	17
1.2.1 Несвязные композиционные утеплители	19
1.2.2 Технологии получения несвязных композиционных утеплителей	19
1.3 Методы оценки качества пуха	23
1.4 Конструкции, технологии изготовления и теплофизические свойства пакетов с несвязными утеплителями	28
1.4.1 Типовые конструкции пакетов с несвязными утеплителями.....	28
1.4.2 Технология изготовления пакетов с несвязными утеплителями	30
1.4.3 Методы измерения термического сопротивления утепляющих текстильных и строительных материалов.....	35
1.4.4 Измерение тепловой защиты спального мешка.....	41
1.4.5 Теплофизические свойства пакетов с пуховым утеплителем	42
1.5 Нормативно-техническое обеспечение, современные требования и методы расчета, применяемые при проектировании теплозащитного аутдор-снаряжения с несвязными утеплителями	55
1.5.1 Стандарты, используемые при проектировании и оценке качества аутдор-снаряжения	55
1.5.2 Основные требования к спальному мешку для защиты от холода	60
1.5.3 Методы проектирования одежды для продолжительного пребывания в условиях температур ниже минус 40 °С	65
Выводы по главе 1. Постановка задач исследований	68
ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУХА И ПАКЕТОВ С НЕСВЯЗНЫМ УТЕПЛИТЕЛЕМ	71
2.1 Исследование поведения пуха в цилиндре при измерении наполняющей способности	72
2.2 Сравнительное исследование наполняющей способности пуха - ГР и физико-механических свойств двухслойных пакетов	77
2.2.1 Определение наполняющей способности пуха	77
2.2.4 Исследование упругих свойств двухслойного с переборками пакета при заполнении различными видами пуха	80
2.3 Зависимость термосопротивления пакета от ширины переборок двухслойных пакетов ...	83
Выводы по главе 2.....	87
ГЛАВА 3 ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУХОВЫХ ПАКЕТОВ	89
3.2 Разработка прибора и методики для измерения термосопротивления пакетов большой толщины при температурном напоре до 75 °С	92

3.3 Погрешности методики и подготовка образцов к измерению.....	96
3.3.1 Статистическая погрешность.....	96
3.3.2 Систематическая погрешность измерений	101
3.4 Сравнение стандартных методик измерения термосопротивления с методикой измерения на измерительном комплексе «БаскАрктик»	107
3.5 Определение термосопротивления пакетов, заполненных несвязными композиционными утеплителями	111
3.6 Сравнительные исследования термосопротивления пакетов с пуховыми утеплителями	114
Выводы по главе 3.....	117
ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ СПАЛЬНОГО МЕШКА	119
4.1 Методика расчета теплового баланса человека в спальном мешке.	122
4.2 Определение термосопротивления и толщины пакета спального мешка	130
4.3 Теплофизический расчет необходимой тепловой защиты спального мешка с учетом коэффициента формы.....	131
4.4 Расчет толщины спального мешка в зависимости от температуры окружающей среды	139
4.5 Коэффициент утепления отдельных участков тела человека. Нормировка утеплителя	141
4.6 Расчет оптимального распределения толщины пакета спального мешка по участкам тела	144
Выводы по главе 4.....	150
ГЛАВА 5 ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУХА ПО ОТСЕКАМ СПАЛЬНОГО МЕШКА	151
5.1 Построение конструкции деталей спального мешка с учетом необходимых припусков и прибавок.....	151
5.2 Расчет количества пуха по отсекам спального мешка	159
Выводы по главе 5.....	171
ГЛАВА 6 ПОЛУЧЕНИЕ НЕСВЯЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ	172
6.1 Разработка способа получения хлопьевидного материала из нетканого полотна	173
6.2 Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя	174
Выводы по главе 6.....	181
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	183
Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы	185
Список терминов и сокращений	186
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	188
Приложение А (обязательное) Техническое задание на разработку измерителя термосопротивления «БаскАрктик»	206
Приложение Б (обязательное) Порядок проведения испытаний на комплексе «БаскАрктик»	212
Приложение В (обязательное) Сводные данные характеристик пакетов, для которых определялось термосопротивление по ГОСТ 20489-75	215

Приложение Г (обязательное) Формулы в EXCEL расчета теплового баланса человека в спальном мешке.....	217
Приложение Д (обязательное) Варианты расчета толщины спального мешка.....	219
Приложение Е (обязательное) Последовательность расчета оптимального распределения толщин пакета по геометрической модели человека в позе сна (алгоритм).....	221
Приложение Ж (обязательное) Спальные мешки, протестированные по EN 13537.....	226
Приложение И (обязательное) Заявка на проведение экспертного оценивания соответствия технологий производства продукции (товаров, услуг) гражданского назначения мировому уровню.....	227
Приложение К (обязательное) Акты внедрения результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича.....	240

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность диссертационной работы. В связи с повышением активности в освоении полярных регионов Российской Федерации, развитием природного туризма расширяется производство аутдор-снаряжения, предназначенного для использования в экстремальных условиях пониженных температур. Важным предметом такого снаряжения является спальный мешок, который должен обеспечить человеку отдых при низких температурах окружающей среды. Главным отличием пребывания человека в экстремальных условиях холода во время спортивных мероприятий от регламентированного пребывания человека во время трудовой деятельности является добровольность и, подчас, фатальность. И эта проблема приобретает все более массовый характер и требует особо тщательного исследования.

Западная методология оценки тепловой защиты спальных мешков сводится к стандартизированному тестированию уже готовых спальных мешков, но не позволяет проектировать заданный уровень тепловой защиты. В России методика проектирования спальных мешков отсутствует.

Спальные мешки с пуховым наполнителем отличаются высокой тепловой защитой, компактностью при транспортировке. Пух – эффективный наполнитель для спального мешка. Его качество – наполняющую способность (Fill Power - FP), определяют по стандарту DIN EN 12130, однако вопросы ее соответствия реальным свойствам пухового пакета в процессе эксплуатации, а также вопросы дозирования пуха по отсекам изделий с учетом ограничения на массу все еще недостаточно проработаны и требуют уточнений. До настоящего времени недостаточно изучены теплофизические свойства пуха при изменении температуры окружающей среды. Экономические ограничения определяют необходимость создания утепляющих материалов, аналогичных по свойствам пуху.

Вопросы проектирования спальных мешков, учитывающие свойства пуха, пуховых пакетов, особенностей физиологических реакций человека и внешних

условий являются актуальной задачей, решение которой обеспечит длительный отдых человека в экстремальных условиях холода во время сна.

Работа реализована с учётом основных направлений области исследований по научной специальности: 2.6.16. «Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности»: 2. Проектирование структуры и прогнозирование показателей свойств и качества волокон, нитей, материалов и ИТЛП; 12. Антропобиомеханические основы и закономерности в антропометрических данных для построения рациональной внутренней, внешней форм и деталей конструкции при проектировании ИТЛП в цифровой и реальной среде; 13. Разработка оптимальных структур, конструкций, материалов и ИТЛП для снижения затрат на организацию их производства, повышения качества продукции и оптимизации процесса работы технологического оборудования.

Степень научной разработанности темы исследования. Научную основу темы исследования, составили работы Афанасьевой Р.Ф., Бринк И.Ю., Черуновой И.В., Колесникова П.А., Сурженко Е.Я., Ступакова А.А., Герасименко М.С. Вопросам исследования пуха, пуховой одежды посвящены работы Бекмурзаева Л.А., Лопатченко Т.П., Рукавишниковой А.С., Чижик М.А. Проектированием спальных мешков занимались Гайворонская В.В., зарубежные ученые Fuller M., Weiner, L.I., Holand B.

Существующие в настоящее время методики исследования спальных мешков не позволяют прогнозировать их тепловую защиту для заданных условий эксплуатации, научно-обоснованно рассчитывать количество пуха для заполнения пакетов изделий. Разработка методик проектирования спальных мешков с учетом свойств наполнителя, температуры окружающей среды позволит сохранить здоровье путешественникам в экстремальных условиях, что определяет актуальность данного направления исследований.

Целью диссертационной работы является разработка научно обоснованных методов проектирования спальных мешков с пуховым

наполнителем, отвечающих требованиям эксплуатационного, гигиенического и экономического характера.

Задачи работы в рамках поставленной цели:

– на основе изучения коммерческого показателя качества пуха – наполняющей способности и реологических характеристик пакетов с пуховым наполнителем установить взаимное соответствие между наполняющей способностью и требуемой плотностью заполнения пакетов пухом;

– разработать методику и прибор для определения термосопротивления пакетов изделий толщиной до 120 мм при температурном напоре до 75 °С;

– разработать на основе математического моделирования системы «человек – спальный мешок – окружающая среда» методику проектирования спальных мешков для заданных условий эксплуатации;

– разработать методику расчета распределения количества пуха по отсекам спального мешка;

– создать оборудование для производства утеплителей на основе композиционных смесей пуха и штапельных волокон, по свойствам аналогичных пуху.

Научные исследования проведены в период с 2017 по 2023 гг. на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г. Шахты в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 5-18. ФТТ (2021 – 2022 гг.) на тему: «Развитие технологий и моделей мягких оболочек и объектов для текстильной и лёгкой промышленности на основе концепций инноватики»; «Разработка новой технологии и создание производства высокотехнологичной сверхтеплой одежды (ниже минус 40 °С) для арктических условий эксплуатации» по соглашению № 020-11-2018-1143 от 20 декабря 2018 г.

Объект исследования: система «человек – спальный мешок – окружающая среда», спальный мешок, пакет с пуховым наполнителем, теплозащитная одежда, процессы теплового обмена человека.

Предмет исследования: теплофизические свойства пуха и пуховых пакетов, процессы теплового обмена человека в спальном мешке, модель тела человека.

Методы и методология исследования.

В процессе написания работы использованы:

– общенаучные теоретические методы исследования: изучение и обобщение литературных источников, научных журналов, трудов учёных, патентный анализ, комплексный анализ и системный подход в сопоставлении проблематики производства и научной работы, метод идеализации, методы математического моделирования и математической статистики, линейной аппроксимации, метод Стьюдента для расчёта доверительного интервала в программной среде Excel;

– экспериментальные методы: наблюдение и сравнение, эксперимент, метод моделирования, статистические методы обработки результатов по данным эксперимента, логический анализ;

Применялись программные продукты: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), Adobe Photoshop 2020, Mathcad 15, Paint 3D, САПР Juvili.

Научная новизна состоит в том, что в результате выполнения научного исследования впервые:

– экспериментально установлен коэффициент наполнения пакетов изделий пухом, который позволяет по показателю наполняющей способности рассчитать плотность заполнения пакетов пухом;

– впервые обоснован метод определения термосопротивления пакетов большой толщины с пуховым наполнителем при реальных тепловых напорах, соответствующих эксплуатации спальных мешков;

– обоснована и разработана методика расчета средней толщины спального мешка с необходимой тепловой защитой;

– разработаны математические модели «человек – спальник – окружающая среда», которые позволили рассчитать среднюю толщину и оптимальное распределение толщины спального мешка по участкам тела человека;

– разработана методика расчета распределения пуха по отсекам изделия.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что на основе физиологического отличия способа терморегуляции человека во сне и во время бодрствования разработана методика расчета требуемой тепловой защиты спального мешка.

Практическая значимость заключается в том, что:

– определена величина коэффициента наполнения, устанавливающего связь между наполняющей способностью пуха и требуемой плотностью заполнения им пакетов;

– разработан и внедрен в процесс производства прибор для определения термосопротивления пакетов большой толщины при тепловом напоре до 75 °С;

– разработана и внедрена методика расчета необходимой тепловой защиты спального мешка и оптимального распределения толщины пакета по участкам тела;

– разработана и внедрена методика расчета распределения пуха по отсекам спального мешка;

– разработано, запатентовано и внедрено в технологический процесс оборудование для производства несвязных композиционных материалов, аналогичных по свойствам пуху.

Результаты работы, выносимые автором на защиту:

– обоснованные результаты определения величины коэффициента наполнения изделий пухом, позволяющего установить связь между наполняющей способностью и требуемым количеством пуха для заполнения отсеков пакетов;

– обоснование необходимости измерения термосопротивления пакетов с пуховым утеплителем при тепловых напорах до 75 °С;

– методика расчета толщины спальных мешков, основанная на особенностях терморегуляции человека во время сна;

– математическая модель теплообмена в системе «человек – спальный мешок – окружающая среда»;

– алгоритм расчета заполнения отсеков спального мешка с двухуровневой нормировкой по массе.

Автор отвечает за подлинность и достоверность предоставленных данных, валидность и полноценность проведённых исследований и их результатов, которые подтверждаются методами сбора и обработки данных, выборками исследований, полученных эмпирическим путём с применением современного программного обеспечения для обработки полученных результатов, соответствием результатов экспериментальных исследований теоретическим расчётам, результатов натурных испытаний, внедрением отдельных положений диссертации в образовательный процесс, а также актами внедрения в ООО «БАСК».

Апробация работы и реализация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на: международной научно-практической конференции «Наука сегодня: проблемы и перспективы развития» г. Вологда, 28 ноября 2018 г.; 35-й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения Москва, январь 2018г.; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Лёгкая промышленность и сфера сервиса: проблемы и перспективы. Материалы» в Омске, 24-25 ноября 2020 г.; На второй международной научно-практической конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности» 28-29 февраля 2020 г.

Методика расчета спальных мешков внедрена на производстве ООО «БАСК»; опытное использование спальных мешков осуществлялось во время полярных экспедиций и альпинистский восхождений 2017 – 2022 г.г. Измерительный комплекс БаскАрктик для определения термосопротивления пакетов большой толщины при температурном напоре до 75 °С, оборудование для производства несвязных композиционных утеплителей используется в ООО «БАСК».ю

Личный вклад автора. Соискателем сформулированы цель и основные задачи исследования, проведена систематизация литературных данных по тематике исследований, выбраны методы теоретических и экспериментальных исследований, разработаны методики и реализованы программы испытаний, выполнены основные лабораторные исследования и натурные испытания.

Публикации. По результатам научного исследования опубликовано 16 печатных работ, в том числе: в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК – 4, в изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus – 2, РИНЦ – 4, также изданы 2 монографии и получены 2 патента Российской Федерации.

Структура и объём работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, 6-ти глав, выводов по главам и работе в целом, перечня использованных информационных ресурсов и приложений. Диссертация содержит 205 страниц основного текста, 60 рисунков, 40 таблиц, перечня использованных информационных ресурсов из 163 наименований, 9 приложений.

ГЛАВА 1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПАЛЬНЫХ МЕШКОВ

В настоящее время интенсивно развивающиеся туризм, альпинизм и другие экстремальные виды спорта, требующие длительного пребывания в условиях окружающей среды, придали импульс развития производства спортивного снаряжения, в частности спальных мешков. Аутдор-одежда и снаряжение, как элемент образа жизни, прочно вошли в ассортимент изделий, выпускаемых легкой промышленностью. В последние годы этот сегмент легкой промышленности в России растет опережающими темпами.

При проектировании аутдор-снаряжения для защиты от холода необходимо учитывать ряд противоречивых требований: необходимо обеспечить максимальную тепловую защиту, при этом минимальную массу и упаковочный объем. Существующие методики не позволяют в полной мере учесть эти требования.

Традиционным утеплителем одежды и снаряжения для защиты от холода является пух. Исследования, направленные на совершенствование проектирования и технологий изготовления изделий с пуховым утеплителем, в стране ведутся с начала 80-х годов прошлого столетия и нашли отражение в работах Бринка И.Ю. [1, 2, 3] по расчетам и исследованию специальной пуховой теплозащитной одежды, популяризации пухового спортивно-туристского снаряжения, проектированию технологического оборудования для переработки перопухового сырья, созданию технологического оборудования для дозирования пуха; в работах Бекмурзаева Л.А. [4, 5], посвященных вопросам проектирования пуховой одежды; а также Денисовой Т. В., Пасековой Т.Е., Назаренко Е.В., Паченцевой С. Г., Алейниковой О.А., Рукавишниковой А.С., Лебедевой Е.О, Бекмурзаева Т.Л., Бекмурзаева З.Л., Лопатченко Т.П. и др. Этими авторами разработаны методы проектирования и изготовления изделий с пуховым наполнителем; методы исследования физико-механических свойств пуха и

пуховых пакетов; методы оценки миграции пухового утеплителя и способы её снижения; конструкционные решения пуховых пакетов, обеспечивающих тепловую защиту в условиях ветровой нагрузки; предложены общие принципы корректировки лекал с учетом конструкционных решений, свойств материалов и характера внешних нагрузок на формируемый пакет перопухового утеплителя с вертикальным и горизонтальным простегиванием, что позволяет улучшить качество и снизить материалоёмкость утепленных изделий (Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г. Шахты). Работы Чижик М.А. [6] посвящены физико-механическим исследованиям параметров пакетов с несвязными наполнителями (ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»), Метелевой О.В., Дьяконовой Е.В. [7, 8] – миграции пухового наполнителя через ниточные швы (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»).

За рубежом в сфере проектирования пухового снаряжения для защиты от холода работы велись Fuller, M. [9], развитию методов тестирования спальных мешков при помощи термоманекенов посвящены работы авторов Meinander H, [11] Hänel SE [12], Wu YS, Fan J [13], Holand B [14].

Weiner, L.I. [15] разработал методику определения коммерческих измерений физико-механических свойств пухо-перового сырья и впервые ввел понятие «Наполняющая способность», Loconti, J.D. [16] обратил внимание научной общественности на недостатки метода определения наполняющей способности.

Большой вклад в проектирования одежды для защиты человека от холода внесли американские ученые Бартон А., Эдхолм О. [17], Fanger P.O. [18], российские ученые Колесников П.А [19], Афанасьева Р.Ф. [20, 21]. Работы Р.Ф. Афанасьевой, посвященные гигиеническим основам проектирования одежды для защиты от холода (ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России), положены в основу методических рекомендаций [22, 23].

Основная часть работ перечисленных авторов посвящена вопросам рационального проектирования одежды для защиты от холода, в том числе с пуховым наполнителем, исследованию теплофизических и физико-механических свойств пуха и пакетов, вопросам конструирования и технологии.

Несмотря на систематизацию знаний о пуховых утеплителях, конструкциях пакетов, физиологии человека и накопленный опыт проектирования специальной теплозащитной одежды различного назначения, отраженный в вышеперечисленных исследованиях, до настоящего времени не разработана научно обоснованная методика проектирования пуховой одежды и спортивно-туристского снаряжения для защиты от пониженных температур, которая могла бы быть положена в основу расчета заполнения отсеков изделий пухом, который, будучи алгоритмизированным, мог бы лежать в основе разработки компьютерной программы, используемой в практической деятельности предприятий, занимающихся производством пуховой одежды, снаряжения и спальных мешков.

В настоящее время на международном уровне постоянно дискутируется вопрос о том, каким образом измеренная согласно стандарту наполняющая способность пухового наполнителя может быть связана с реальными физико-механическими свойствами заполненного им пакета.

Анализ современного состояния отрасли производства пуховой одежды и спальных мешков показывает недостаточность отечественной нормативно-технической базы для формирования устойчивого конкурентного развития отрасли. Фактически имеющиеся в распоряжении у отечественных производителей стандарты на определение качества перопухового сырья, не позволяют сформировать четкого представления о методических основах расчета количества пуха, необходимого для поддержания заданного теплового состояния человека и достаточного для выполнения требований минимизации массы снаряжения. В настоящее время в России слабо развита теоретическая и нормативная база, необходимая для проектирования спальных мешков, нет общего представления о процессах терморегуляции человека в условиях

длительного сна в спальном мешке в условиях низких температур. Практически не разработано информационно-технологическое обеспечение проектирования пуховой одежды и спортивно-туристского пухового снаряжения для защиты от холода.

Анализ предлагаемой в настоящее время пуховой одежды и спортивно-туристского снаряжения для защиты от холода, которые бы учитывали противоречивые эксплуатационные требования, показал крайне ограниченный ассортимент качественных изделий отечественного производства.

Таким образом, проблема разработки методов и программного обеспечения проектирования пуховой одежды и спортивно-туристского снаряжения с прогнозируемым тепловым комфортом в условиях отрицательных температур окружающей среды, является актуальной научно-практической проблемой.

1.1 Пух водоплавающей птицы. Основные свойства

Утепляющий материал должен соответствовать трем важным критериям: соотношению термосопротивления к весу, сжимаемости и восстановлению после сжатия [9]. Именно соответствие этим требованиям выделяет пухоперовой утеплитель среди остальных [24, 25, 26, 27]. Мировое производство пуха составляло в 2014 году 270 000 тонн [28].

Преимущества пухоперовой смеси заключаются в ее теплозащитных и гигиенических свойствах, упругости, мягкости, экологичности, длительном сроке эксплуатации, малой массе. Европейский стандарт [28] определяет требования, необходимые для соблюдения гигиены и чистоты перьевых и/или пуховых наполнителей. Данный европейский стандарт применяется к готовым перьевым и/или пуховым материалам, используемым в качестве наполнителя для готового изделия.

Максимальной теплозащитой на единицу веса обладает гагачий пух, коэффициент теплопроводности которого практически соответствует

показателям теплопроводности воздуха. Наравне с самим пухом теплоизолятором выступает воздух, который накапливается между пушинками и пуховыми перьями. Величины средних показателей коэффициентов теплопроводности различных видов пуха в сравнении с коэффициентом теплопроводности воздуха представлены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Величины средних показателей коэффициентов теплопроводности утеплителей в сравнении с воздухом по данным [30]

Вид утеплителя	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м ² ×К)
Воздух	0,022
Гагачий пух	0,029
Гусиный пух	0,034
Синтетический утеплитель	0,024-0,039

Тем не менее, эти данные нуждаются в проверке с учетом условий фактической эксплуатации.

Помимо высоких теплозащитных характеристик пух обладает высокой прочностью, эргономичностью, длительным сроком эксплуатации. Если сравнивать пух с традиционными утеплителями, такими как шерсть или мех животных или синтетическим утеплителем, то главным преимуществом пуха является соотношение его теплозащитных свойств и веса [31, 25, 27]. К примеру, куртка на синтетическом утеплителе будет почти в 2 раза тяжелее, чем пуховая с такими же теплозащитными свойствами [32]. Кроме того, в синтетической куртке, рассчитанной на низкие температуры, будет тяжело двигаться и работать, в то время как пуховая куртка, в силу уникальных свойств пуха сжиматься и быстро расправляться, почти не стесняет движений. Утеплители на основе пухоперовой смеси обладают наиболее оптимальным для производства теплых и сверхтеплых одежды и спальных мешков комплексом свойств по сравнению с другими утеплителями [33, 34, 35, 36, 37].

Одной из основных теплофизических величин, характеризующих свойства утеплителя, является коэффициент теплопроводности [38], однако этот параметр для пуха может изменяться в широких пределах.

Надо отметить, что изделия с пуховым утеплителем имеют и свои слабые стороны:

– гигроскопичность пуха – пух во влажном состоянии не способен в полной мере выполнять свои теплозащитные свойства. Намокший пух сбивается в комочки, долго сохнет.

– миграция пуха и сложности в своевременном уходе. Постоянная миграция пуха в ячейке подразумевает применение специальных пухосдерживающих материалов, увеличивая тем самым материалоемкость всего изделия;

– экономическая составляющая. Качественный пух – очень дорогой материал, что сказывается не лучшим образом на цене для конечного потребителя.

С другой стороны, большая влагоемкость пуха обеспечивает одежде широкий диапазон термо-физиологического комфорта при изменении интенсивности энергозатрат и температуры. Также следует отметить, что в настоящее время существуют гидрофобные пропитки для пуха, что расширяет границы его применения.

Следовательно, область применения спальных мешков с пухом в качестве утеплителя ограничивается районами с показателями относительной влажности окружающей среды выше средней [3, 4].

1.2 Утеплители подобные пуху – несвязные утеплители

«Шарики» - несвязные утеплители в виде шариков.

Самым недорогим и распространенным несвязным утеплителем являются скрученные в шарики (примерно 1 см в диаметре) утеплители из различных волокон. Обычно состоят из пустотелых волокон полиэстера в виде шариков,

которые образуют пружинистую структуру. Такие наполнители хорошо переносятся потоками воздуха, их возможно использовать в автоматических дозаторах.

Брендовые иностранные утеплители в виде шариков выпускаются под следующими торговыми марками на рынке аутдор: PrimaLoft® Thermoball, The North Face Thermoball, Haglöfs QuadFusion™ Mimic, Solarball® от компании Ventex, «Био-пух».

DuPont™ Sorona – материал на биологической основе, так называемый «био-пух». Из этой основы выпускают шарики несколько торговых марок, одна из них Sustans.

«Лебяжий пух», «Синтепух» – утеплители в виде рыхлой однородной субстанции.

Thinsulate Featherless™ называют искусственным пухом. Это упругое волокно, которое хорошо сохраняет объем. По утверждению производителя утеплитель имеет FP 600, не впитывает влагу, великолепно сохраняет форму после стирки и сушки. В России выпускают подобные утеплители, которые называют «лебяжий пух»

PrimaLoft® ThermoPlume® произведен по похожей технологии из микроволокон, производитель утверждает, что он имеет FP 550; Allied Loftech Summit – подобный утеплитель, производитель декларирует FP 700.

На Рисунке 1.1, б в качестве примера несвязного утеплителя представлен утеплитель Холлофайбер в виде «шариков».



а



б

Рисунок 1.1 – Утеплители: а - пух водоплавающей птицы, б – «шарики» [41]

1.2.1 Несвязные композиционные утеплители

В настоящее время в области проектирования утепленной одежды перспективным направлением является разработка новых несвязных композиционных утеплителей на основе пухоперовой смеси [42].

Под композициями будем понимать комбинации в разных пропорциях двух и более утепляющих компонент, различных по составу, структуре и происхождению.

Несвязные композиционные утеплители можно подвергнуть следующей градации: смесь синтетических и натуральных волокон, смесь искусственных и натуральных волокон и смесь синтетических и искусственных волокон.

На рынке уже сейчас представлены несвязные композиционные утеплители. Так компания Прималофт выпускает композиционные утеплители серий PrimaLoft® Gold Insulation Down Blend и PrimaLoft® Silver Insulation Down Blend. В «золотой» линейке ультратонкое волокно Прималофт смешивается с натуральным гусиным пухом в соотношении 30/70; а в «серебряной» — 40/60 с утиным пухом. В композиционных утеплителях полезные свойства натуральных и синтетических волокон сочетаются таким образом, чтобы конечный результат позволил достичь максимальной эффективности теплоизоляции материала. Кроме того, композиционные утеплители по стоимости дешевле пуховых пропорционально доле синтетической составляющей в общем объеме.

1.2.2 Технологии получения несвязных композиционных утеплителей

Технология изготовления НКУ состоит из двух этапов: на первом этапе формируются компоненты для смешивания, а на втором этапе производится смешивание и гомогенизация смеси компонент. Нами проведены патентные исследования по теме технологии и оборудование производства несвязных композиционных утеплителей.

Известно много попыток создания термоизоляционного материала, имеющего структуру и свойства пуха, для использования его в утепляющих изделиях, например, в одежде, спальнях мешках, одеялах и прочих принадлежностях, и аксессуарах [39]. Предшествующие попытки создания подходящего утеплителя часто приводили к созданию материалов со структурой, отличной от структуры натурального пуха, слишком тяжелых и плотных в отличие от пуховых материалов. При этом полученные материалы с трудом поддаются увеличению объема в процессе обработки их на стандартном оборудовании, например, в процессе раздувания.

Появление множества современных утеплителей на базе синтетических волокон повлекло за собой разработку композиций утеплителей на основе введения в пухоперовую смесь синтетической компоненты. Такие композиции используют некоторые зарубежные фирмы. Современной проблемой является отсутствие исследований свойств утепляющего пакета, состоящего из пухоперовой смеси с добавлением синтетического утеплителя. Исследование свойств утепляющих пакетов предпринято на кафедре «Технологии и дизайна швейных изделий» НТИ (филиала) «МГУДТ» с целью изучения влияния компонентного состава утепляющей смеси на потребительские качества теплозащитной одежды [42]. Для исследования в использованы два варианта конструкций пакетов с объемными несвязными утеплителями – двухслойный (симметричный) и асимметричный с односторонней асимметрией. Конструкция пакета отражает топографию расположения утепляющего слоя. В традиционном варианте натуральным «разрыхлителем» пуховой смеси является мелкое перо. Несвязные синтетические утеплители или «синтетический пух» – это высококачественные скрученные (без применения клеевых соединений) в «шарики» микропружины, сильно переплетенные между собой. Они имеют высокую формоустойчивость и мягкость. В качестве синтетического утеплителя выбраны «шарики» известного российского производителя нетканых материалов. Варьируемой величиной являлось процентное соотношение пуха к

синтетическому утеплителю: 100 % пуха; 90 % пуха /10 % синтетического утеплителя; 80%/20 %; 70 %/30 % и так далее с шагом в 10%.

В [43] представлен объемный нетканый утеплитель для одежды, выполненный из волокнистой смеси, состоящей из натуральных и полиэфирных волокон в следующем долевом составе: натуральный гусиный пух – 80 %, гусиное перо – до 10 %, полиэфирное полое волокно – 10 %. Волокна скреплялись между собой коллоидным связующим в количестве не более 7 % от общей массы компонентов. Измерения показали наполняемость (Fill Power) 728,7-767,0. Таким образом, новый композиционный утеплитель обеспечивал повышение влагоустойчивости за счет наличия в его составе полиэфирных волокон при практически эквивалентном показателе упругости (в допустимых пределах варьирования).

В Соединенных Штатах Америки изобретению аналога пуха уделяется большое внимание. Подобные материалы описаны, например, в следующих патентных документах.

Так, в [45] описаны трудоемкие средства производства материала, имитирующего перо. Для расхождения или «веерности» отдельных волокон используется их скручивание, однако в соответствии с данным патентом для получения «пера» необходимо использование двух отдельных компонентов. В патенте США [46] описано применение куриных перьев или перьевых волокон, приклеенных к моноволокну для получения искусственного пуха. В [94] описаны средства производства высокообъемных нитей при помощи сшивания и разрезания полотна, состоящего из увеличиваемых в объеме непрерывных синтетических нитей. Патент США [47] описывает наполнитель, при изготовлении которого смешивают большие сформированные в виде цилиндра или сферы волокна и опушенные волокна, причем последние применяются для заполнения пустот. В [48] представлен наполнитель из полиэфирных волокон, включающий смесь штапельного полиэфирного волокна с органическим штапельным волокном, а в [49] описан улучшенный теплоизоляционный материал, представляющий собой смесь пуха с синтетическим штапельным

волокном, образованным полыми полиэфирными нитями, которые могут быть силиконизированы и выполнены в виде кордной ткани. Патент США [50] описывает теплоизоляционный материал, состоящий из натурального пера и пуха и синтетических полиэфиров, образующих сеть. В [51] описан изоляционный материал, сформированный посредством смешивания связующих волокон с изоляционными волокнами, а в [51] представлена волокнистая смесь, применяемая в качестве волокнистого наполнителя в швейных изделиях, при этом смесь волокнистого наполнителя содержит извитое полое полиэфирное волокно и извитое связующее волокно. Согласно патенту США [52] разработан материал, сформированный посредством смешивания первичных термопластичных, термореактивных, неорганических или органических волокон с вторичными термопластичными волокнами, а в [53] описан изоляционный материал, состоящий из смеси первичных и вторичных изоляционных волокнистых материалов (стекловолокна), при этом волокна одной группы имеют меньший размер, чем волокна другой группы, и используются для заполнения пустот между более крупными волокнами.

Таким образом, можно утверждать, что использование в качестве утеплителя несвязных композиционных материалов является актуальным и перспективным направлением при производстве теплозащитной одежды и поиск технических решений в этом направлении продолжается и в настоящее время.

Частично ранее перечисленные недостатки устранены в патенте [56], который является наиболее близким по технической сущности. Структура, получаемого объемного синтетического теплоизоляционного материала, содержащего множество элементов, выполненных с обеспечением их веерного расхождения, сплавленных на одном и свободных на противоположном конце, изготовленная по данному способу, аналогична структуре натурального пуха. Рассматриваемый способ производства такого синтетического теплоизоляционного материала включает этапы формирования непрерывного многоволоконного материала, его подачу на большой скорости через устройство, в котором мощный тепловой источник с короткой выдержкой по времени

осуществляет прерывистую заплавку пряжи с использованием синхронных лазерных лучей, после чего пряжа разрезается на отрезки заданной длины посредством одного из синхронных лазерных лучей или с помощью механических средств для обеспечения формы, позволяющей увеличить объем материала.

Вместе с тем, прототип обладает рядом недостатков, к которым следует отнести длительность процесса из-за предварительного формирования и периодического сплавления непрерывного многоволоконного материала и использование дорогостоящего и энергоемкого оборудования, что отражается на стоимости конечного продукта.

Технической задачей предлагаемого в диссертации способа является снижение энерго- и материальных затрат, за счет сокращения времени получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя и упрощения процесса производства, применения менее дорогостоящего оборудования при сохранении объемности и необходимых теплозащитных свойств.

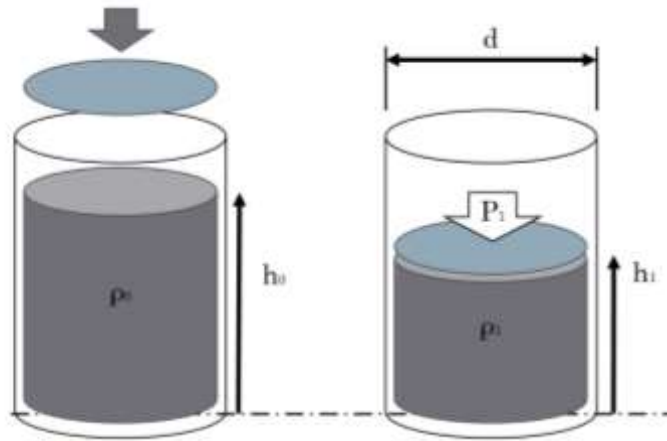
1.3 Методы оценки качества пуха

1. Существует достаточно развитая система Европейских стандартов (ЕС), характеризующих качество пухоперового наполнителя. Сегодня в нормативно-технической базе, действующей на территории РФ, существует единственный стандарт [57], который регламентирует состав перопухового сырья. Данный стандарт согласуется с европейским стандартом [58] и регламентирует метод отбора проб, процентное содержание пуха и пера в смеси. Этот ГОСТ принципиально можно было бы распространить и на композиционные утеплители на основе смеси пуха с другими материалами. Однако это касалось бы только процентного соотношения компонент. Стандарт, характеризующий способность пуха (несвязного утеплителя) сохранять объемность, в настоящее время в России не принят. Способность сохранять объемность пуха, или так называемая «наполняющая способность» в

европейских странах определяется согласно европейскому стандарту [59]. Действие этого стандарта производители распространяют и на определение наполняющей способности несвязных утеплителей.

Тестирование наполняющей способности впервые использовалось американскими военными в 1950-х годах [15]. IDFL – ведущий мировой институт качества (утепляющих текстильных материалов, в частности пуха и пера), определяют наполняющую способность [60] как “объемное измерение определенного количества пуха и пера, подвергнутых стандартному сжатию”. Именно этот параметр рекламируют почти на всех пуховых продуктах в аутдор промышленности. Наполняющая способность пуха рассматривается производителями и потребителями, как наиболее важный фактор в определении качества пухового снаряжения. Существуют различные международные стандарты для определения наполняющей способности, перечисление которых приведено в [61], британский стандарт 1998 года [62]. Каждый из этих стандартов полагается на одну и ту же фундаментальную методологию, в соответствии с которой образец пробы кондиционируется, взвешивается и помещается в большой цилиндрический стакан (Рисунок 1.2). Затем его аэрируют и начинают опускать с определенной скоростью перфорированный плунжер, пока вес его не будет уравновешен упругими силами пуха. После этого измеряется высота пуха под плунжером - h_1 и вычисляется объем, занятый пухом. Наполняющая способность определяется как частное от деления объема пуха под плунжером на массу пробы.

Стандарты определения наполняющей способности разных стран основываются на этом принципе, однако имеют несколько отличающиеся габариты измерительного цилиндра и массу навески.



h_0 - начальная высота пуха в цилиндре; h_1 - высота пуха в цилиндре с приложенной стандартной нагрузкой; d - внутренний диаметр цилиндра;
 P_1 - стандартная нагрузка (14,8 Па) при определении FP

Рисунок 1.2 – Схема проведения опыта по определению FP

В частности, европейский стандарт, на который мы будем опираться в дальнейшем, предусматривает измерение в цилиндрическом стакане высотой 500 мм, с внутренним диаметром 289 ± 1 мм навески пуха массой 30 г при давлении плунжера (диаметр 282 ± 3 мм, масса 94,25 г) 14,8 Па.

FP, $\text{см}^3/\text{г}$, определяется по формуле:

$$FP = S_{\text{ст}} \cdot h_1 / M, \quad (1.1)$$

где $S_{\text{ст}}$ – площадь основания цилиндрического стакана, см^2 ;

h_1 – высота пуха под плунжером, см;

M – масса навески пуха, г.

В Таблице 1.2, с использованием данных [63], представлено типовое применение различных сортов наполнителя в пухоперевых изделиях.

Таблица 1.2 – Типовое применение различных сортов пуха в производстве пухоперевых изделий

№	FP, $\text{см}^3/\text{г}$	Соотношение пух/перо, %	Описание использования
1	400	85/15 >	Сорт пуха используется в постельных принадлежностях или спальнях мешках низкого качества.

№	FP, см ³ /г	Соотношение пух/перо, %	Описание использования
2	500	90/10 - 85/15	Разумное качество, используемое в более дешевых спальнях мешках и куртках
3	600	90/10 - 85/15	Применение в высококачественных продуктах бытовой одежды и постельных принадлежностях
4	700	90/10	Качественные изделия аутдор одежды и снаряжения
5	800	>90/10	Премиальные изделия аутдор одежды и снаряжения

В [16] представлена критика метода определения наполняющей способности [15], в которой отмечается, что объемность пуха не играет большой роли при его использовании в качестве наполнителя спального мешка, поскольку сопротивление сжатию пуха не линейное, на практике в местах сжатия его человеком он очень сильно сдавливается до 200 г/см². Нелинейность кинетики сжатия пуха также подтверждена в работах [64, 65].

В литературе дискутируется вопрос о соответствии показателя наполняющей способности, полученного по методикам определения Fill Power (FP) в цилиндре и реальных свойств пакета одежды с пуховым наполнителем в процессе эксплуатации [66, 16].

Условия сжатия пуховой массы в цилиндре во время эксперимента по определению FP и условия сжатия пуховой массы в пакете во время эксплуатации изделия отличаются друг от друга. В изделии, воздух из пуховой массы под воздействием нагрузки выдавливается во все стороны, а в цилиндре только вверх. Под нагрузкой пуховая масса сжимается равномерно по всей толщине пакета, в то время как в цилиндре он сжимается неравномерно [16].

Неравномерное сжатие пуха в цилиндре можно визуально наблюдать в видеофильме, демонстрирующем определение FP [67]. На трех стоп-кадрах из

фильма зафиксированы три этапа сжатия пуховой массы в цилиндре. Кружком отмечен узор из контрастных пушин, находящихся в нижней части цилиндра, который практически не изменил свою конфигурацию при сдавливании плунжером (Рисунок 1.3).



Кадр 1 – начальная высота образца пуха

Кадр 2 – высота образца пуха в процессе сжатия плунжером

Кадр 3 – установившаяся равновесная высота столба пуха

Рисунок 1.3 - Изменение высоты столба пуховой массы в цилиндре при сдавливании плунжером в процессе измерения FP [67]

На обведенном красным кружком участке вблизи дна цилиндра виден «узор» из отличающихся по цвету пушин, который практически не деформировался при сжатии. Это свидетельствует о том, что в процессе видимого сжатия всей массы деформации нижних слоев утеплителя практически не произошло. Верхняя часть массы наполнителя сжалась и как бы заперла цилиндр. Таким образом интегральный показатель наполняющей способности, выраженный числом, отражает упругие свойства утеплителя с неравномерно распределенными свойствами. При этом следует ожидать, что в пакете во время сжатия пух будет сжиматься равномерно по всей толщине пакета, поскольку условия сдавливания в цилиндре и в пакете отличаются друг от друга. В пакете при сдавливании воздух может перемещаться во все свободные стороны, и упругость пуха не зависит от трения об стенку цилиндра.

В связи с этим встает вопрос о необходимости выявления соответствия между плотностью заполнения пакетов пухом и показателем наполняющей способности, измеренной в цилиндрическом стакане. В настоящее время плотность заполнения пакетов пухом определяется фирмами эмпирически на основании накопленного опыта. Так в [9] указано, что известный производитель одежды и спальных мешков компания RAB использует коэффициент наполнения равный 1,8.

Взаимосвязь между наполняющей способностью пуха и сопротивлением сжатию (упругостью) пакетов при более высоких давлениях чрезвычайно важна и нуждается в дальнейшем исследовании, с целью стандартизации измерения этого параметра как важнейшего для расчета плотности заполнения отсеков изделий пухом, расчета количества пуха для заполнения каждого отсека и последующей оценки эксплуатационных возможностей готовых пуховых изделий.

Поэтому одной из задач настоящей диссертационной работы является установление связи между наполняющей способностью, FP, и необходимой плотностью заполнения пакетов пухом.

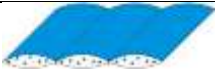
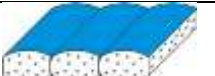




1.4 Конструкции, технологии изготовления и теплофизические свойства пакетов с несвязными утеплителями

1.4.1 Типовые конструкции пакетов с несвязными утеплителями

Первое в России экспериментальное и теоретическое исследование пуховых пакетов было проведено в 1987 году в [0]. В этой работе была приведена классификация пуховых пакетов. Тип пакета определялся по количеству слоев материалов, удерживающих пух, и его конструкции: двухслойный, двухслойный с переборками, трехслойный и четырехслойный. Были проведены сравнительные исследования физико-механических свойств этих пакетов, которые показали физические и экономические преимущества четырехслойных

пакетов. Практические аспекты изготовления и расчета пуховых пакетов на основе [0] были изложены в [2]. В последующем классификации пуховых пакетов представлялись в [6, 68], в которых дополнялись различные формы пакетов, но в представленных классификациях авторам не удалось сохранить единства терминологии, и они отличаются от базовой первоначальной классификации форме. В Таблице 1.3 представлена классификация основных типов пакетов, представленных в [72]. На основе анализа применяемой различными авторами терминологии мы определим терминологию, которая будет применяться в настоящей диссертации.

Таблица 1.3 - Основные характеристики и названия пуховых пакетов

№	Вид пакета	Количество слоев, шт.		Наименование пухового пакета в работах		
		Утеплитель	Ткань	[0,2]	[68]	[6]
1		1	2	Двухслойный	Двухслойный	Трехслойный
2		1	2	Двухслойный с переборками	Двухслойный с переборками	Трехслойный
3		1	2+1	Двухслойный с переборками и покровной тканью	Двухслойный с переборками и комбинированной оболочкой	Четырехслойный
4		2	3	Трехслойный	Трехслойный	Пятислойный
5		2	4	Четырехслойный	Комбинированный двухслойный без смещения	
6		2	4	Четырехслойный	Комбинированный двухслойный со смещением	Шестислойный (комбинированный)

Проведем анализ терминологии, принятой авторами.

Все пакеты 1-6 в [1,2] характеризуются по количеству слоев ткани в пакете. В работе [6] предложена классификация пакетов, с точки зрения многокомпонентной системы. Под многокомпонентной системой материалов (МСМ) понимают пакет различных по виду, составу и структуре материалов, скомплектованных определённым образом и соединённых между собой различными способами. Таким образом в [6] пакеты классифицируются по сумме всех слоев тканей и утепляющих материалов и носят соответствующее название. В то же время авторы [68] пакеты 1-4 называют по количеству слоев ткани, они называются двухслойными, а 5-6 называют по количеству слоев пуха, что может вносить разночтение.

Классификация, представленная в [6] многоуровневая и может распространяться на более широкий перечень конструкций пакетов с различными особенностями.

В диссертации во избежание разночтения мы будем придерживаться классификации, принятой в [0,2].

1.4.2 Технология изготовления пакетов с несвязными утеплителями

Основа пухового пакета как правило изготавливается из тонкой синтетической ткани с воздухопроницаемостью 6-8 $\text{дм}^3 \cdot \text{м}^2 / \text{с}$ для того, чтобы она не пропускала отдельные ворсинки пуха. Пакет представлен покровной и изнаночной деталями, на которые через заданные интервалы настроены переборки заданной ширины. На Рисунке 1.4 представлена последовательность изготовления двухслойного с переборками пакета детали рукава.

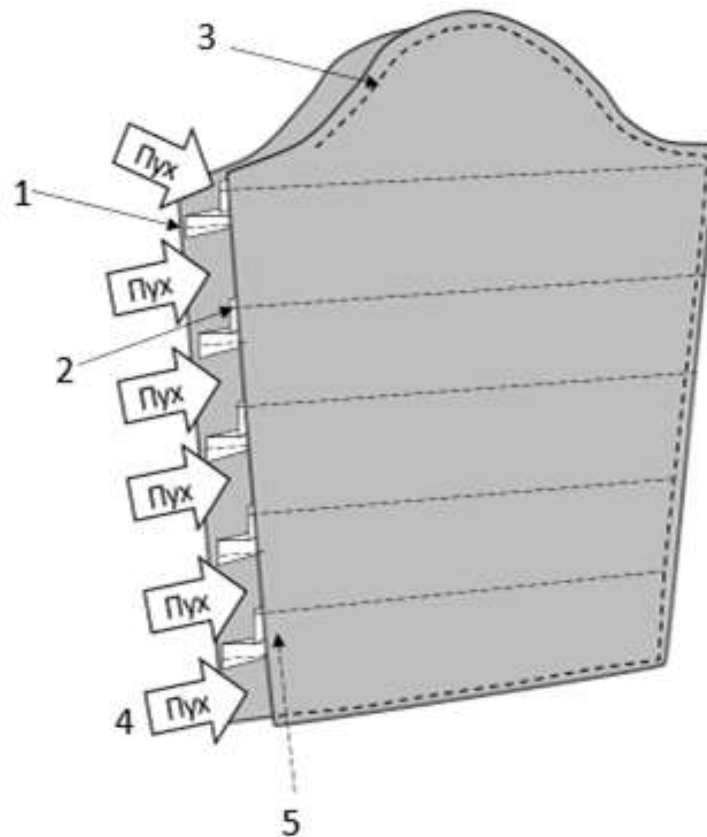


Рисунок 1.4 - Технологическая последовательность изготовления двухслойного с переборками пакета на примере рукава

Последовательность операций:

1. Настрачивание переборок на изнаночную деталь.
2. Настрачивание переборок на лицевую деталь.
3. Соединение срезов деталей с трех сторон.
4. Заполнение отсеков пухом.
5. Соединение открытых срезов деталей.

Пакеты могут отличаться своей конструкцией, способом обработки боковых срезов деталей, однако принципиальная последовательность операций не меняется. Отсеки должны заполняться заданными дозами пуха, которые определяются на основании наполняющей способности пуха, расчетной толщины детали, площади и расположения отсека.

Пух является очень легким материалом, легко поддающимся пневматической транспортировке. Для заполнения отсеков деталей пухом применяются различные наполняющих устройств и дозаторов, основанных на

пневматической транспортировке дозы пуха в отсек изделия. На Рисунке 1.5 представлен дозатор пуха.



1 – бункер загрузки; 2 – программатор; 3 – сопло транспортирующее пух

Рисунок 1.5 – Дозатор пуха [70]

Дозатор предназначен для заполнения деталей пуховых изделий любым несвязным утеплителем. Заполнение отсека изделия пухом проводится следующим образом. Сопло через не застроченную сторону детали вставляется в пространство отсека, рукой зажимается деталь вокруг сопла для того, чтобы при транспортировке пуха в отсек потоком воздуха не вынесло пух в помещение, после этого включается подача воздуха (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Заполнение пуха в отсек изделия с помощью прибора малой механизации

Заполнение отсеков пухом работник производит дозами и в последовательности задаваемой технологической картой по каждому отсеку и по каждой детали. Расчет доз пуха осуществляется на основе заданных параметров – расчетной толщины деталей изделия, осуществляемых на основе заданных параметров пребывания человека в условиях низких температур, площади и расположения отсеков в детали, плотности наполнителя, рассчитанной на основе наполняющей способности пуха.

В [72] представлена разработка и модель быстродействующего прямооточного дозатора пуха (Рисунок 1.7), основанного на интеграции потока пуха, на который были получены патенты [73, 74], однако они обладают при высоком быстродействии недостаточной точностью.



Рисунок 1.7 – Дозаторы ДЗО 1-М

В настоящее время самым современным дозатором считается Bealead DF-1603X (Рисунок 1.8), который обеспечивает заполнение пухом последовательно запрограммированными дозами весом от 0,2-20 г, с точностью 0,1 г, со скоростью набивки 1-8 г/сек.



Рисунок 1.8 – Дозатор пуха Bealead DF-1603X

1.4.3 Методы измерения термического сопротивления утепляющих текстильных и строительных материалов

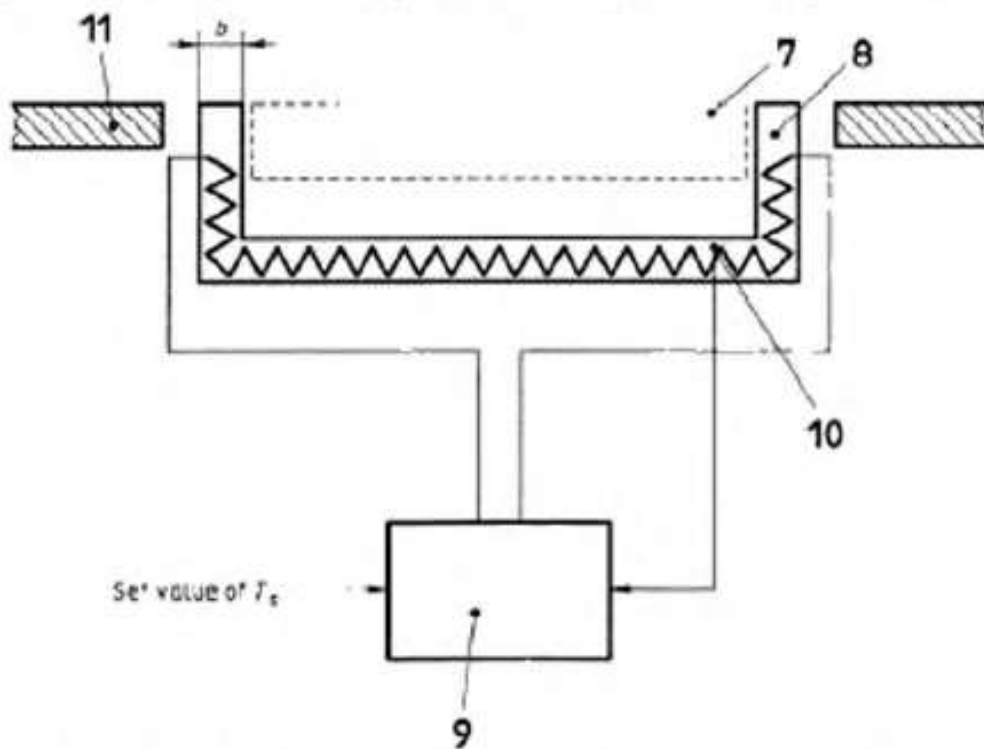
Разработаны методы измерения термосопротивления для различных типов теплоизолирующих материалов. Каждый из них имеет технические ограничения, обусловленные спецификой и отраслью применения материала.

В [75] измерение термосопротивления осуществляется для образцов размером 360×500 мм при не оговариваемой толщине образца, измеренных по [76] (для меха толщина определяется при давлении 0,1 Па, для других образцов 0,2 Па). Термосопротивление определяется на приборе ПТС 225 при нестационарном режиме. В стандарте не задается требование к толщине образца, однако перечисляются различные виды материалов, в том числе мех, нетканые полотна и пакеты, содержащие нетканые полотна. Испытания проводят при температурном напоре 45-55 °С при комнатной температуре 18-25 °С и относительной влажности воздуха 65±5 %. Фактор прибора и другие параметры, на основании которых проводится расчет, представлены в паспорте прибора. В приборе не предусмотрен тепловой изоляционный пояс. Это определяет ограниченность образцов по толщине.

Современные стандарты не определяют требования к использованию конкретного прибора, а задают условия, при которых должны производиться измерения.

Стандарт [77] устанавливает метод испытаний для определения в стационарных условиях теплостойкости и стойкости к водяному пару многослойных текстильных материалов. Методика предполагает исследование образцов размером 200×200 мм и толщиной до 15 мм. Рассмотрим только методику определения термосопротивления на представленном принципе с горячей охранной зоной, поскольку она является аналогом для принципа работы измерительной системы, подлежащей разработке в настоящей диссертации.

Важным этапом данной методики является определение термосопротивления. Предполагается исследование материалов толщиной до 5 мм, а также толщиной более 5 мм, измерение которых требует проведения калибровки для компенсации тепловых потерь с краев образцов. При измерении их теплостойкости необходимо вводить поправки на тепловой поток с краев образцов, если его толщина более чем вдвое превышает ширину b тепловой изоляции (Рисунок 1.9).



7 – измерительное устройство; 8 – тепловая изоляция; 9 – регулятор температуры; 10 – прибор для измерения температуры; 11 – измерительный стол. Величина b составляет 15 мм

Рисунок 1.9 – Тепловая изоляция прибора с регулятором температуры [77]

При определении теплостойкости образцов, которые по толщине превосходят ширину теплоизоляции более чем в два раза, отклонение от линейной зависимости между теплостойкостью и толщиной образца необходимо определить и скорректировать коэффициентом, определяемым как $1 + \Delta R_{ct} / R_{ct}$ измеренное. Для этого используются значения R_{ct} для разной толщины однородного

вспененного материала до общей толщины δ материала образца, подлежащего испытанию.

Во время определения теплостойкости значения температуры измерительного устройства и теплового ограждения должны быть одинаковыми. Однако установленные допустимые значения на практике могут вызывать небольшие различия в этих температурах, в результате чего тепловая мощность, передаваемая на измерительное устройство, не будет равна тепловому потоку, проходящему через образец. В таких случаях при определении теплостойкости применяют условия поправки, Δq_c :

$$R_{CTO} = \frac{(T_H - T_B)}{q - \Delta q_c}$$

Условие поправки для тепловой мощности, Δq_c (Рисунок 1.10) линейно соотносится с разницей в значениях температур измерительного устройства и теплового ограждения, как видно из формулы:

$$\Delta q_c = \beta(T_H - T_S)$$

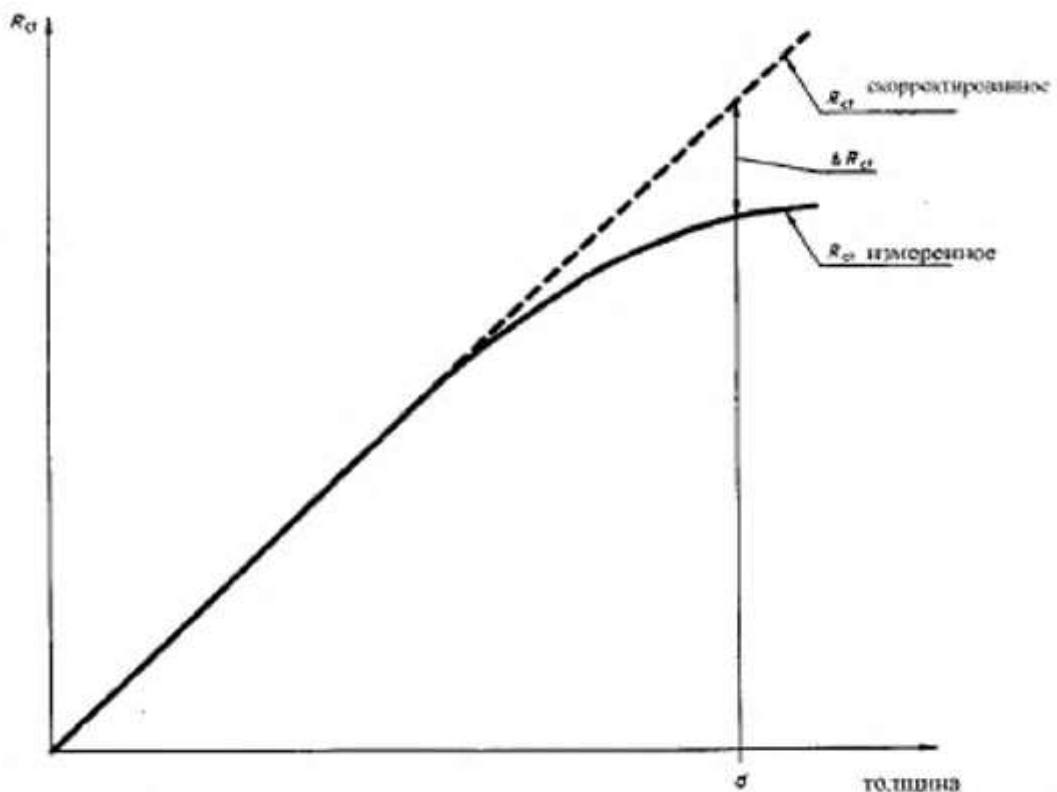


Рисунок 1.10 – Поправки [77] на тепловые потери с краев образцов во время измерения теплостойкости

Крутизну β определяют следующим образом. Измерительное устройство и тепловое ограждение покрывают материалом с высокой теплоизоляцией (например, вспененным материалом толщиной 4 см). Температуру воздуха устанавливают на 20 °С, а температуру измерительного устройства – на 35 °С. Регулятор температуры тепловой изоляции используется для изменения температуры изоляции от 34 °С до 36 °С постепенно, каждый раз на 0,2 °С. Тепловую мощность, передаваемую на измерительное устройство, регистрируют после достижения стационарного режима на каждой ступени регулировки.

Линейная регрессия этой тепловой мощности в зависимости от разницы температур измерительного устройства и теплового ограждения даёт прямую линию с крутизной β .

Образцы, подлежащие измерению в [77], имеют квадратную форму, 200×200 мм, и рекомендованные толщины до 30 мм, что отличает их от образцов толщиной до 120 мм, подлежащих измерению при проектировании пакетов, заполненных пухом водоплавающей птицы. Требование к образцам – изоморфность, а пуховые пакеты такими не являются.

В [78] представлен метод определения высокого и среднего термического сопротивления строительных материалов.

Сущность описанного метода заключается в определении плотности стационарного однонаправленного теплового потока, который проходит через однородный образец, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с плоскими параллельными лицевыми гранями, на приборе с горячей охранной зоной. Измерения проводят в центральной части рабочих плит прибора (зонах измерения), которые окружены охранной зоной. Данный стандарт ограничивает отклонение от параллельности лицевых граней образца в пределах 2% от толщины. Предусмотрено исследование образцов квадратной формы для различных толщин, вплоть до 150 мм. В Таблице 1.4 представлены минимальные и максимальные допустимые толщины образцов [78].

В стандарте представлены соотношения размеров нагревающей плиты, охранной зоны и толщины исследуемых образцов.

Таблица 1.4 – Минимальные и максимальные допускаемые значения толщины образцов [78]

Размер сторон плиты прибора в плане мм	Размер стороны зоны измерения в плане мм	Ширина охранной зоны мм	Максимальная допустимая толщина образца (значении, определяемое с учетом боковых теплопотерь) мм	Максимальное допускаемое отклонение от плоскости плит прибора (0,025 %)	Минимальная допустимая толщина образца, мм	Максимальная ширина зазора, мм	Минимальная допустимая толщина образца ¹⁾ (значение, определяемое максимальной шириной зазора) мм
1	2	3	4	5	6	7	8
200	100	50	30	0,05	10,0	1,25	12,5
300	200	50	35	0,08	15,0	2,50	25,0
300	150	75	45	0,08	15,0	1,88	18,8
400	200	100	60	0,10	20,0	2,50	25,0
400	100	150	80	0,10	20,0	1,25	12,5
500	300	100	65	0,13	25,0	3,75	37,5
500	250	125	75	0,13	25,0	3,13	31,3
500	200	150	85	0,13	25,0	2,50	25,0
600	300	150	90	0,15	30,0	3,75	37,5
800	500	150	100	0,20	40,0	6,25	62,5
800	400	200	120	0,20	40,0	5,00	50,0
100	500	250	150	0,25	50,0	6,25	62,5

Примечание - ¹⁾ Приведенные минимальные допустимые значения толщин соответствуют значениям ширины зазора, указанным в графе 7 данной таблицы.

Образцы, подлежащие измерению в [78], требуют, чтобы лицевые грани образцов, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, должны быть такими же плоскими, как и поверхности плит прибора, что должно обеспечивать погрешность измерения толщины образца не более 0,5%.

Образцы для измерения этим методом имеют квадратную форму с плоскопараллельными гранями. Измерения возможны для образцов большой толщины до 150 мм, как и в разрабатываемой методике. Образцы должны быть изоморфными.

В [79] измерение теплофизических характеристик проводится для значительных по размеру элементов строительных конструкций, которые в 4 раза превышают толщину и имеют размер не менее 1500 и 1000 мм. Измерения проводятся в условиях эксплуатации, то есть при температурных напорах, соответствующих условиям эксплуатации. «Приведенное сопротивление теплопередаче, Rq , определяют для ограждающих строительных конструкций, имеющих неоднородные участки (теплопроводные включения, откосы проемов, стыки, примыкания внутренних ограждений и наружных ограждений, расположенных под углом к испытываемому участку) и соответствующие им неравномерности распределения по поверхности ограждений температур и тепловых потоков. Таким образом, метод определения сопротивления теплопередаче и других подобных характеристик основан на создании в ограждающей конструкции условий стационарного теплообмена и измерении температур внутреннего и наружного воздуха» [79]. Испытания проводятся на неоднородных образцах, а также на готовых строительных конструкциях.

Для измерения теплофизических характеристик используется тепломер, который закреплен на конструкции, либо измеряются температуры внутренней и наружной поверхностей с последующим определением эквивалентного термосопротивления.

Показатели, характеризующие процесс теплопереноса через нетканые материалы, могут быть определены различными стандартизованными методами, выбор которых зависит от характеристик образцов. Как правило, это

образцы, обладающие плоскими фронтальными поверхностями, ограниченными боковыми стенками прибора размерами образцов толщиной не более 0,06 м.

Однако существующие методы невозможно применить для исследования пакетов для одежды и спальных мешков, предназначенных для пребывания человека в условиях очень низких температур – до минус 50 °С. Эти пакеты обладают очень большой толщиной - до 120 мм, их термосопротивление может составлять до 3 м²°С/Вт. Такие измерения не позволяют выполнить габаритные размеры рабочих зон существующих приборов. Кроме того, эти пакеты, будучи выполненными с применением пуха, не имеют плоскопараллельных фронтальных поверхностей, имеют конструкционную анизотропию, не являются однородными по структуре, и их толщина не может подвергаться непосредственному измерению в силу большой мягкости образцов.

1.4.4 Измерение тепловой защиты спального мешка

За рубежом для исследования тепловой защиты спального мешка применяют стандарт [80], который предполагает размещение термоманекена в спальном мешке. Применение такого стандарта требует достаточно дорогостоящих испытаний в зарубежной лаборатории.

Для исследования одежды в РФ применяют стандарт [81] с применением манекена, находящегося в термокамере. Применение стандартов определения тепловой защиты изделия на термоманекене [80, 81] экономически затратно. Кроме того, на них можно испытывать только уже готовое изделие. В то время как в процессе проектирования необходимо иметь возможность оперативно получать предварительные данные о тепловой защите проектируемых изделий.

Для предприятия, активно ведущего маркетинговую политику, постоянно обновляющему свой ассортимент, необходимо обеспечить оперативное измерение сопротивления теплопередачи образцов пакетов и готовых изделий

одежды и снаряжения в локальных зонах, определяющих (наиболее характеризующих) тепловую защиту.

Существующие стандарты и методики определения термосопротивления текстильных материалов рассчитаны на исследование при температурных напорах, не превышающих 20-30 °С. При испытании пакетов большой толщины (до 120 мм) существенную роль будут играть процессы рассеивания тепла. Величины коэффициента теплопроводности материалов, насыщенных воздухом, зависят от температуры. Чем ниже температура, тем меньше коэффициент теплопроводности.

При определении сопротивлений теплопередачи пакетов изделий при реальных температурных напорах, при которых происходит длительное пребывание человека в условиях холода, температура кожи находится в диапазоне 30-35°С, а температура внешней среды может опускаться ниже -40°С. Таким образом, температурный напор может достигать 70-80°С.

Это определяет необходимость создания реальных температурных условий для тестирования образцов пакетов и изделий.

При этом нагревательная пластина при заданной температуре должна создавать поток тепла, сопоставимый с потоком тепла с поверхности тела человека.

Методика проведения измерений пакетов должна опираться на положения, изложенные в стандарте [78] с учетом особенности исследуемых образцов.

1.4.5 Теплофизические свойства пакетов с пуховым утеплителем

Значительное обобщение исследований пуховых пакетов было проведено в [4], где рассматривались общие вопросы проектирования пакетов с объемными, в том числе с пуховыми материалами. В перечисленных работах, при учете теплопроводных характеристик пуха, авторы исходили из известных в литературных источниках теплофизических исследований пуха и пера.

Объектом измерения являются образцы пакетов теплозащитных изделий, заполненных несвязным утеплителем, а также готовая одежда и спальные мешки. Пакеты этих изделий имеют очень большую толщину, которая позволяет человеку существовать длительное время при очень низких температурах окружающей среды. Спальный мешок для обеспечения комфортного пребывания человека при температуре минус 24 °С имеет среднюю толщину пакета около 13 см при термосопротивлении 2,9 м²С/Вт. Эти параметры сопоставимы с толщиной и термосопротивлением изолирующих материалов, применяемых в строительстве. Теплоизолирующие материалы, применяемые в строительстве в части физических свойств и нормативно-технических требований достаточно схожи.

Неизотропность пакетов, заполненных несвязными утеплителями, такими как пух водоплавающей птицы или «шариками», наличие нерегулярных воздушных прослоек, содержащихся внутри пакета, неравномерная толщина пакета, влияющая на теплоотдачу от нагретой поверхности в пакет и теплоотдачу от поверхности пакета в окружающую среду, нестабильность толщины исследуемых пакетов, очень низкая поверхностная плотность пакета и большая толщина – являются макроскопическими особенностями испытуемых образцов. Именно эти параметры отличают подобные пакеты одежды, заполненные несвязными утеплителями, от пакетов с объемными неткаными материалами, имеющими стабильную толщину и плотность.

Кроме того, существует физическая особенность теплоизолирующих материалов, составляющих наполнитель пакета, – низкая плотность наполняющего материала. Для высококачественного пуха она может составлять 4,5 кг/м³. Это означает, что основной вклад в тепловую защиту вносит воздух, иммобилизованный структурой наполнителя. При температурном напоре между поверхностью тела человека и холодной окружающей средой свыше 70-80 °С теплофизические параметры воздуха в поверхностных слоях пакета существенно изменяются.

В Таблице 1.5, по данным [82], представлены теплофизические показатели воздуха в исследуемом диапазоне температур от плюс 30 до минус 50 °С.

Таблица 1.5 – Физические свойства сухого воздуха при нормальном давлении, $P_B=1,01 \times 10^5$ Па

$T_B, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$
-50	1,584	0,0204
-40	1,515	0,0212
-30	1,453	0,022
-20	1,395	0,0228
-10	1,342	0,0236
0	1,293	0,0244
10	1,247	0,0251
20	1,205	0,0259
30	1,165	0,0267

Как следует из Таблицы 1.5, коэффициент теплопроводности воздуха в представленном диапазоне температур уменьшается на 25 %, а плотность воздуха увеличивается на 30 %, что приводит к существенному изменению соотношений теплофизических параметров – плотности и теплопроводности компонент, составляющих утеплитель.

Соотношение плотности воздуха и, собственно, материала, составляющих исследуемый утеплитель, в предлагаемой методике существенно отличаются от большого количества утеплителей.

Такое изменение параметров воздуха влияет на параметры утепляющих материалов, которые содержат в себе воздух. На Рисунке 1.11 представлены графики изменения эквивалентного коэффициента теплопроводности различных материалов при различных температурах для четырех утеплителей, применяемых в строительстве: модифицированного пенополиуретана (PIR),

полистирола (экструзионного XPS и вспененного EPS) и минераловатного утеплителя (МВ) в диапазоне температур от плюс 80 до минус 190 °С [82].

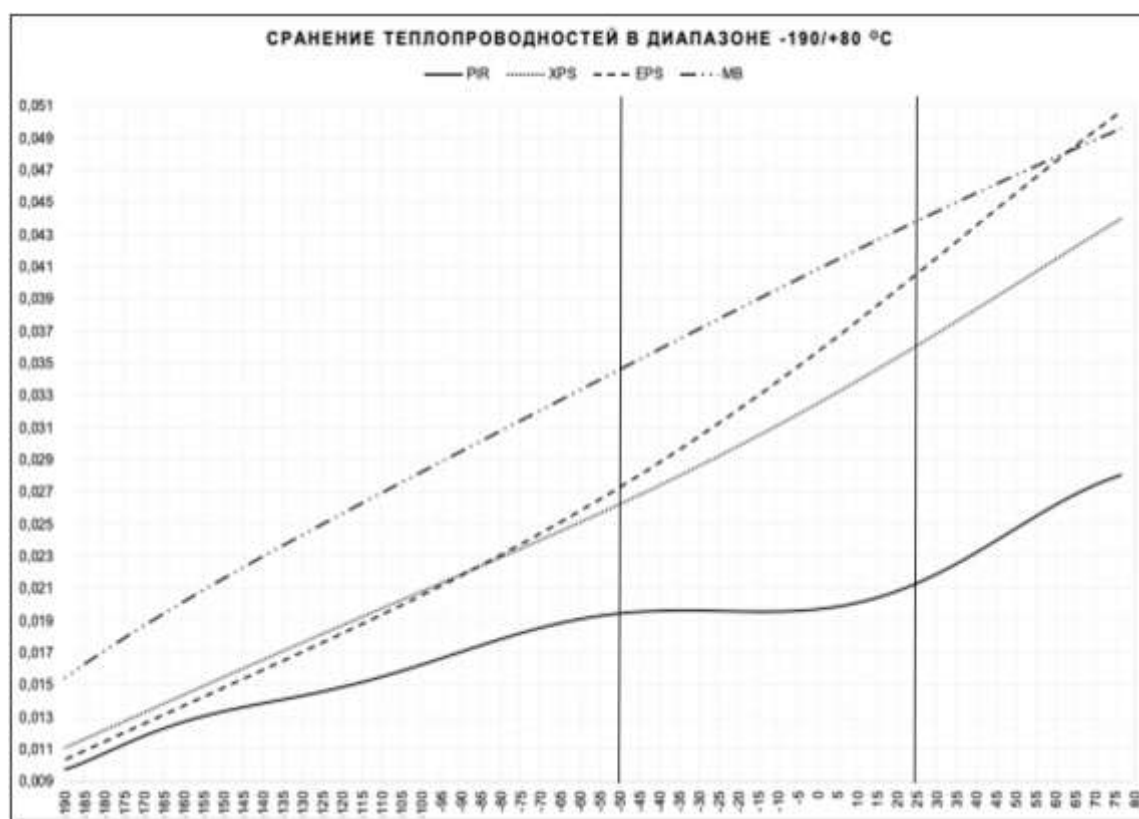


Рисунок 1.11 – График изменения коэффициента теплопроводности утеплителей: модифицированного пенополиуретана (PIR), полистирола (экструзионного XPS и вспененного EPS) и минераловатного утеплителя (МВ) в диапазоне температур от плюс 80 до минус 190 °С [82]

Как следует из рисунка 1.11, коэффициент теплопроводности для материалов EPS, XPS, PIR в заданном диапазоне температур уменьшился на 25-30 %, а коэффициент теплопроводности МВ изменился в данном диапазоне незначительно. Более низкое значение коэффициента теплопроводности у МВ обусловлено тем, что в данном образце микропоры заполнены газом, отличным от воздуха, с фазовым переходом, имеющим более высокую температуру, чем у воздуха.

Объект измерения в данной методике отличается от объектов измерений теплофизических величин, определяемых стандартами [75, 76, 77, 78], применяемыми в легкой промышленности и строительной индустрии.

Термосопротивление теплозащитной одежды – важнейший параметр, характеризующий ее качество. Однако тестирование готовых образцов изделий является дорогостоящим и сложным процессом. Например, стандарт тестирования спальных мешков [80, 83] EN 23537: 2016 (EN 13537: 2012) или [81] требует использования дорогостоящего, нагретого, зонированного манекена. Современные методы тестирования спальных мешков [84] применяются исключительно для конкурентного сравнения спальных мешков различных производителей, в коммерческом сегменте для взрослых потребителей. Для тестирования используются только новые спальные мешки, а при испытаниях не учитываются факторы накопления дефицита тепла в организме человека, увлажнения материалов утепляющего пакета в процессе испарения влаги с тела человека, которое приводит к увеличению его теплопроводности [85]. Использование в тестировании заполненных пухом пакетов позволит получить результаты, коррелирующие с более сложными готовыми изделиями, такими как спальные мешки и другое аутдор-снаряжение. Вместе с этим, необходимо учитывать тот факт, что плотность несвязного наполнителя влияет на термическое сопротивление аутдор-снаряжения.

Взаимосвязь между тепловыми свойствами пакета и плотностью перопухового наполнителя ранее исследовалась в коммерческих проектах [86,87,88,89], однако в этих работах редко проводились многократные повторения тестов, и в настоящее время многие производители по-прежнему используют методы проб и ошибок, чтобы определить необходимую плотность и количество перопухового наполнителя в изделиях. В связи с этим, научно-обоснованный способ определения взаимосвязи между плотностью заполнения и тепловым сопротивлением пакета с перопуховым наполнителем позволит на начальных этапах проектирования рассчитать эффективность теплоизоляции и, следовательно, обеспечит снижение материалоемкости изделия и повышение производительности предприятия.

Как известно [90,91], термическое сопротивление пакета линейно связано с его толщиной, и определяется выражением (1.2):

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot \Delta t, \quad (1.2)$$

где q – плотность теплового потока;

λ – коэффициент теплопроводности;

δ – толщина пакета;

Δt – разность температур наружных поверхностей;

λ/δ – теплопроводность;

δ/λ – термическое сопротивление.

В случае применения в пакете несвязного утеплителя, плотность которого можно изменить в широких пределах следует рассмотреть такой эффект – зависимость термосопротивления от плотности заполнения.

При увеличении плотности наполнителя термическое сопротивление достигнет своего максимума, а затем будет снижаться, поскольку волокна массы несвязного утеплителя вытеснят воздух из испытываемого пакета.

Продемонстрируем это на примере несвязного утеплителя – пуха водоплавающей птицы. Поскольку перо (кератин) имеет коэффициент теплопроводности $0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ [92], а воздух $0,026 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ при температуре 300К при нормальном атмосферном давлении [93], замещение неподвижного воздуха кератиновым материалом пуха должен привести к увеличению общего термосопротивления образца. Ожидаемая зависимость между термическим сопротивлением и плотностью перопухового изделия приведена на Рисунке 1.12.

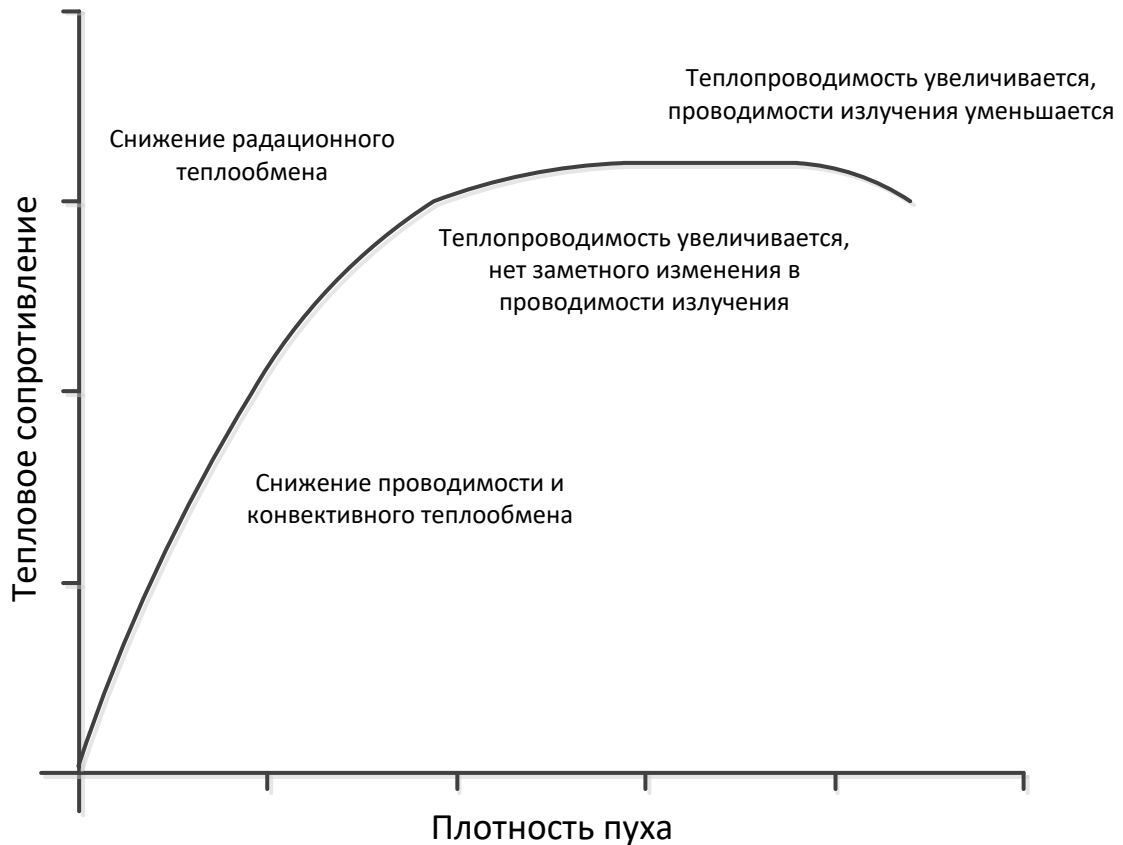


Рисунок 1.12 – Идеализированный график, изображающий гипотетическую зависимость между термическим сопротивлением и плотностью пуха в пакете

Исследования пакетов, направленные на выяснение рациональной степени их заполнения перо-пуховым наполнителем проводились в [94, 95], в которых исследовались пакеты различных конструкций в условиях холода при различной степени заполнения. Влияние массы перопухового наполнителя на теплозащитные свойства пакетов проводилось в стандартных условиях и при пониженных температурах. На основании анализа зависимости суммарного теплового сопротивления от массы наполнителя установлено, что с увеличением количества утеплителя в отсеке до 12,5...15,0 г суммарное тепловое сопротивление возрастает, а дальнейшее увеличение массы приводит к его снижению. Это, по-видимому, можно объяснить эффектом вытеснения воздуха из пакета при увеличении плотности наполнителя, описанным выше.

Однако полученные результаты исследования не могут быть использованы для практических задач определения оптимальной плотности заполнения отсеков изделия пухоперовой массой, поскольку рассматривались без

конкретных данных о реологических свойствах пакета и наполняющей способности пуха.

С целью пояснения сути проблемы изменения термосопротивления пакета в зависимости от плотности заполнения пухоперовым наполнителем были проведены опыты [9]. Для проведения эксперимента были изготовлены тестовые пакеты размером 31х31 см с использованием конструкции с ячеистыми стенками с полосками шириной 2 см для создания трех отдельных переборок. Боковые отсеки пакета имели ширину 10 см, центральная – 11 см. Схема тестовых пакетов показана на Рисунке 1.13.

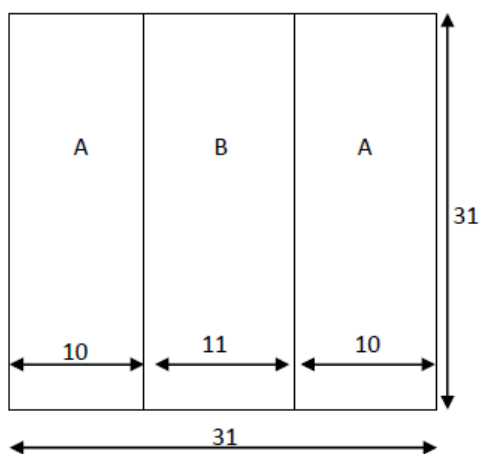


Рисунок 1.13 – Размеры заполненных тестовых пакетов, см

Переборки были изготовлены из подкладочной ткани рипстоп-нейлона, обычно применяемого при производстве высококачественных спальных мешков и теплозащитной одежды. Полоски, являющиеся внутренними переборками, изготовлены из прочной сетчатой нейлоновой сетки. Всего изготовлено 18 тестовых пакетов: 8 – заполнены утиной перопуховой смесью, 8 – гусиной и 2 – пустые.

Для проведения эксперимента были выбраны гусиная и утиная пухоперовая масса с одинаковой наполняющей способностью 404,6 см³/г. Каждый отсек в тестовом пакете заполнялся в широком диапазоне: от пустого до переполненного.

Для анализа отсеков, заполненных перопуховой смесью, использован метод измерения термосопротивления в соответствии с [97] с использованием прибора для определения термосопротивления Sweating Guarded Hotplate (SGHP) 8.2 (Рисунок 1.14) с площадью нагрева 31x31 см, которая обеспечивала быстрое тестирование и высокую воспроизводимость результатов.

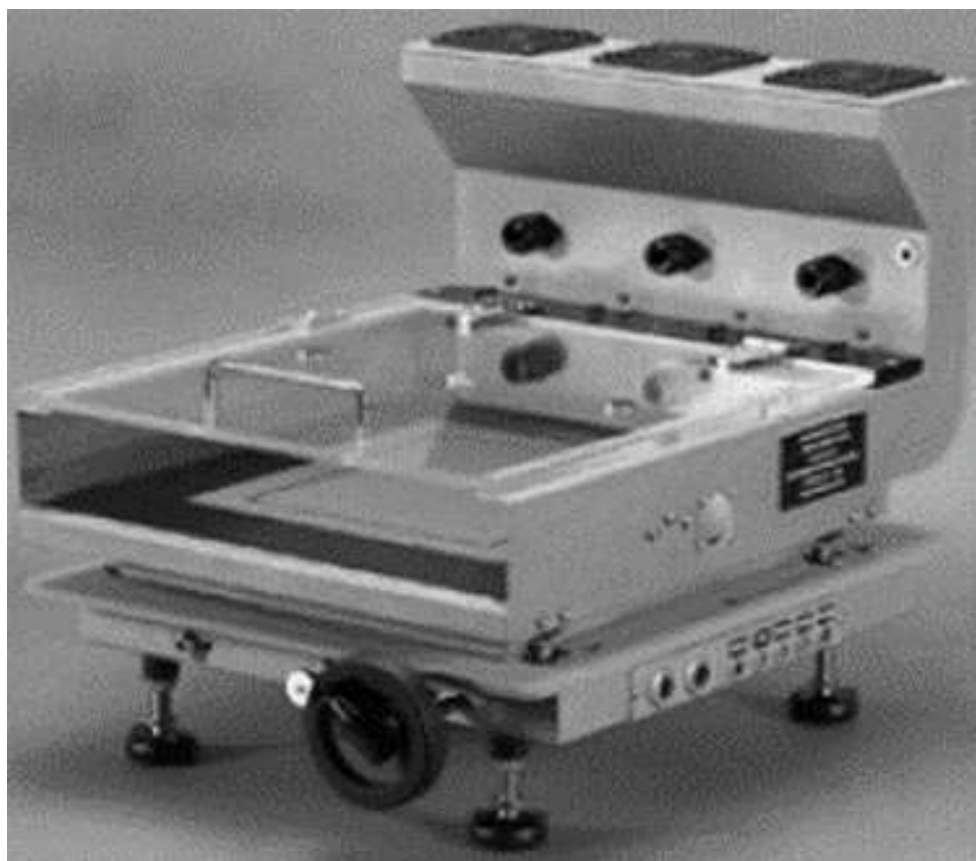


Рисунок 1.14 - Прибор для определения термосопротивления Sweating Guarded Hotplate (SGHP) 8.2

Температура контрольной пластины, защитного кольца и нижнего предохранителя были установлены на значении $35,00 \pm 0,01$ °С. Относительная влажность воздуха поддерживалась на уровне 65 ± 1 %, скорость движения воздуха $1 \pm 0,05$ м/с, измеренная датчиком скорости движения воздуха, расположенным на 15 мм выше образца. Температура окружающей среды, измеренная на нагревательной плите с подогревом, поддерживалась на уровне $20,0 \pm 0,1$ °С.

Для обеспечения хорошего контакта с испытательной пластиной образцы были выполнены как можно более плоскими.

На Рисунке 1.15 показана зависимость термического сопротивления R_{CT} от массы испытательного пакета для двух типов пуха, при этом видно, что по мере увеличения массы пуха в тестовом пакете растет термическое сопротивление. При низких массах заполнения это увеличение наиболее очевидно, поскольку пакет увеличивается по толщине и, следовательно, увеличивается толщина воздушной прослойки. После заполнения пакета 10 граммами пуха, рост теплового сопротивления значительно замедлился, что вряд ли связано с изменениями термосопротивления, поскольку толщина пакета уже приблизилась к максимуму, а также конвекции, поскольку естественная конвекция не может происходить внутри заполненного образца [96]. Поэтому уменьшение радиационного теплообмена внутри пакета, вероятно, станет основной причиной такого увеличения R_{CT} . Теоретическое плато (максимум) и падение R_{CT} , изображенное на Рисунке 1.12, не происходило в измеренных образцах. Даже если заполнение пакетов приближалось к предельному (300 % к их контрольного значения), их тепловое сопротивление продолжало расти.

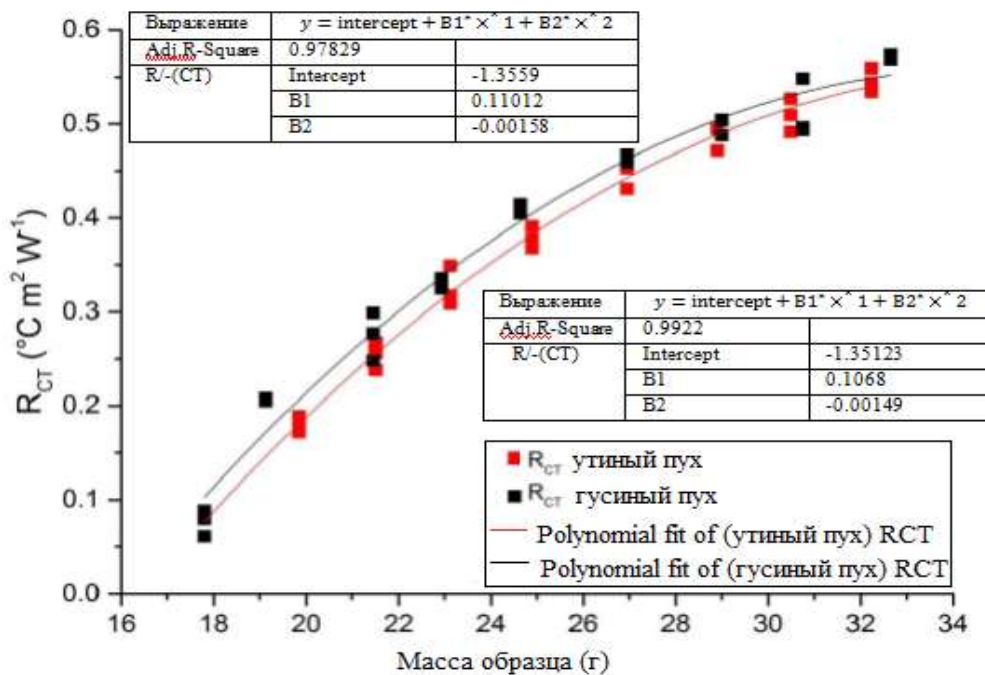


Рисунок 1.15 – Результаты термического сопротивления R_{CT} всех испытаний в зависимости от массы заполненных пакетов [9]

Данные на рисунке 1.15 показывают сходство между показателями образцов пакетов с гусиным и утиным наполнителем. Значения термического сопротивления $R_{СТ}$ образцов гусиного пуха незначительно выше, чем утиного.

Из полученных результатов автор [9] делает вывод, что увеличение количества пуха в изделии увеличивает его тепловое сопротивление. Эта идея может быть положена в основу производства одежды для защиты от холода, где добавление большего количества пуха увеличит теплозащитные характеристики одежды.

Однако, термическое сопротивление на единицу массы важнее среднего термического сопротивления $R_{СТ}$, это связано с тем, что человек часто несет свое снаряжение, а транспортировка любой дополнительной массы, особенно в гору, увеличивает его усталость [98]. Поэтому важны исследования отношения термосопротивления к массе. На Рисунке 1.16 приведены значения термосопротивления образцов пакетов, заполненных гусиной и утиной перопуховой массой.

На Рисунке 1.16 видно, что тепловое сопротивление на единицу массы возрастает до достижения общей массы 27 г, что соответствует приблизительно 190% от наполняющей способности. В этот момент тепловое сопротивление на единицу массы достигает максимума и остается относительно постоянным, при меньших значениях массы пуха пакет можно считать недозаполненным.

Знание зависимости показателей термического сопротивления от массы перопуховой смеси является важным при производстве теплозащитного аутдор-снаряжения. Но вместе с тем, хотя данное тестирование и показывает, что существуют оптимальные значения среднего термического сопротивления $R_{СТ}$ на единицу массы, они должны корректироваться в зависимости от проектируемой модели, используемых материалов и других факторов, влияющих на общую массу изделия.

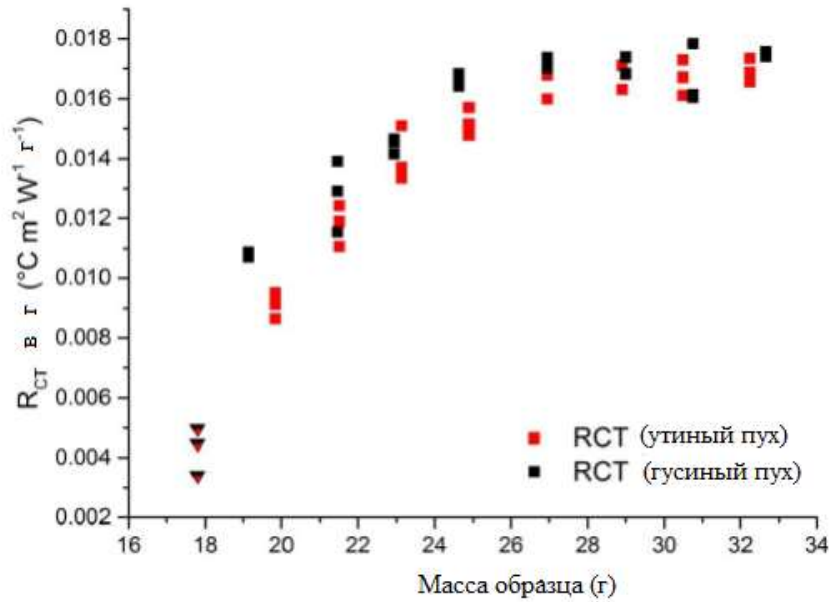


Рисунок 1.16 – Термическое сопротивление $R_{СТ}$ на единицу массы для всех испытаний в зависимости от общей массы тестового пакета. Красные/черные треугольники – пустые пакеты [9]

Испытания были проведены для широкого диапазона заполняющих масс, и показали, что даже при большом количестве пуха и высокой плотности заполнения тестовых образцов, снижение тепловых характеристик не наблюдалось. Это имеет важное значение для индустрии аутдор-снаряжения: можно получить два изделия с одинаковым соотношением тепловой защиты и веса, и различным термическим сопротивлением, что сделает их пригодными для разных климатических условий. Это конечно не позволит сделать спальный мешок, рассчитанный для сна при 0 °C, путем заполнения его пухом до такой степени, чтобы его можно было использовать при -30 °C (из-за возможного повреждения стежков, повреждения пуха из-за сжатия, перенапряжения переборок). Тем не менее, можно допускать небольшие различия в тепловых характеристиках без изменения других аспектов конструкции. Это гораздо более простой способ, чем традиционный метод увеличения высоты пакета при увеличении массы пуха.

Результаты проведенных экспериментов доказывают следующее:

- термическое сопротивление увеличивается по мере увеличения массы наполнения, чему способствует повышенная толщина и уменьшенная радиационная теплопередача;

- несмотря на значительное переполнение некоторых пакетов в сравнении с массой, рассчитанной на основе наполняющей способности пуха, не наблюдается снижения термического сопротивления, что указывает на то, что пакеты могут переполняться далеко за пределы «контрольного показателя», определяемого наполняющей способностью;

- термическое сопротивление на единицу веса увеличивается с заполнением до тех пор, пока не будет достигнут оптимальный уровень, после которого не происходит дальнейшего увеличения;

- «оптимальный» вес наполнения в изделии может варьироваться в широких пределах, однако результаты показывают, что, если производитель затрудняется в определении количества утеплителя, он должен прибегнуть к большей массе наполнения в целях обеспечения максимального соотношения тепла к весу.

Столь подробное обсуждение результатов экспериментов, проведенных М. Fuller необходимо для понимания сложности установления взаимозависимости плотности заполнения изделий пухом и наполняющей способностью. Полученный результат свидетельствует о частном решении, полученном в данном эксперименте – для перопуховой массы утиной и гусиной с наполняющей способностью 404,6 см³/г возможно применить коэффициент наполнения $K_z = 1,9$.

Однако этот коэффициент будет зависеть еще от статического параметра – наполняющей способности FP , но и от параметров, характеризующих его динамические свойства – модулей упругости сжатия и восстановления. Кроме того, следует ожидать зависимость физико-механических свойств от конструкций пакетов.

Поскольку нагретая конфорочная плита прибора Sweating Guarded Hotplate (SGHP) 8.2 не подходит для тестирования большинства спальных мешков,

курток или одеял, использование специальных тестовых пакетов позволяет воспроизводимо и быстро моделировать производительность аутдор-снаряжения, что подтверждается результатами с низкими значениями стандартного отклонения.

1.5 Нормативно-техническое обеспечение, современные требования и методы расчета, применяемые при проектировании теплозащитного аутдор-снаряжения с несвязными утеплителями

При проектировании спортивно-туристской одежды и спальных мешков с пуховым несвязным утеплителем, применяемых для защиты от холода, ощущается недостаток нормативно-технической базы. Существующие ГОСТы, на которые можно опереться при проектировании этих изделий в России, ограничиваются стандартами, касающимися изделий общегражданского назначения, например, стандарт [99] на пуховые изделия в который включены верхняя одежда и постельные принадлежности и спецодежда [22, 23, 100]. Отдельные регламентированные требования можно почерпнуть из зарубежных стандартов [80]. При проектировании аутдор-снаряжения для защиты от холода, отвечающего за значительно более жесткие требования, необходимо находить дополнительные решения, выходящие за пределы современной нормативно-технической базы. В дальнейшем мы рассмотрим имеющуюся нормативно-техническую базу, включающую методики проектирования и одежды, которую можно развить для проектирования спальных мешков.

1.5.1 Стандарты, используемые при проектировании и оценке качества аутдор-снаряжения

Одежда для защиты от экстремально низких температур должна сохранять свои защитные, эксплуатационные и гигиенические свойства в течении всего срока эксплуатации. Номенклатура показателей защитных свойств

одежды определяется комплексом факторов, которые действуют на организм человека. Используя положения стандартов [101,102,103], а также методики определения качества одежды [68,104], можно сформулировать основные требования, предъявляемые к качеству одежды для защиты от холода (Таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Показатели качества одежды для защиты от холода

Наименование группы показателей качества	Единицы измерения	Наименование показателя качества	Характеризуемое свойство
Защитные	$\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$	Тепловое сопротивление пакета	Способность теплообмена с внешней средой
	Н	Разрывная нагрузка шва	Прочность шва при разрыве
	циклы	Стойкость к истиранию на сгибах	Потеря свойств при истирании
Гигиенические	$\text{дм}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$	Воздухопроницаемость	Способность пропускать воздух
	$\text{мг} / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$	Паропроницаемость пакета	Способность пропускать водяные пары
	кг	Масса изделия	-
Надежность	дни, месяцы	Срок службы	Потеря свойств при эксплуатации
	баллы	Устойчивость к стирке или химчистке	Потеря свойств при стирке и химчистке
Антропометрические	баллы	Соответствие одежды размерам человека	-
Художественно-эстетические	баллы	Внешний вид	-
	баллы	Силуэт	-
	баллы	Качество отделки	-

В соответствии с [100] утепленную спецодежду подразделяют по уровню теплозащитных свойств на четыре класса по обеспечению необходимого уровня ее теплозащиты в зависимости от климатических поясов РФ. Режим трудовой деятельности человека защищен на законодательном уровне и регламентирован [105], предусматривающий ограничение времени пребывания в условиях пониженных температур на рабочих местах при различной интенсивности трудовой деятельности. Требования к теплозащитным свойствам спецодежды, предусмотренные в [100], установлены на уровне «допустимого теплового состояния», при котором сохраняются работоспособность и здоровье работающего в условиях регламентации времени непрерывного пребывания на холоде. Разработанные и применяемые для целей проектирования теплозащитной спецодежды методические рекомендации [22], а также [23] устанавливают гигиенические требования к комплекту СИЗ от холода и его составляющим (спецодежда, головной убор, рукавицы, обувь) в различных климатических регионах. В основу перечисленных нормативно-методических и нормативно-технических документов положены работы Р.Ф. Афанасьевой [106, 107, 20].

Принятые в настоящее время международные стандарты, регламентирующие способы определения тепловой защиты спальных мешков [80, 84], позволяют сравнивать конкурирующие модели различных производителей, но не учитывают индивидуальные особенности человека, а также не рассчитаны на испытания спальных мешков в реальных условиях эксплуатации.

В [80] манекен, одетый в стандартное термобелье, помещается в спальный мешок на плоской кровати из двухсантиметровой доски, со стандартной подложкой в виде коврика (с теплосопротивлением $0,85 \pm 0,06 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$). Вычисляется среднее тепловое сопротивление спального мешка пропорционально площади частей тела на которых находятся датчики. Европейский стандарт [80] ограничивает испытания спальными мешками с

температурой комфорта (T_{limit}) не ниже -24°C . При испытании более теплых спальных мешков стандарт дает большую ошибку, т.к. термосопротивление на спине манекена, из-за высокой сминаемости пухового утеплителя, определяется термосопротивлением подложки – стандартным ковриком и 2 см деревянной доской (примерно $1,0 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$). Это приводит к большой ошибке при усреднении в случае, когда спальник имеет высокое тепловое сопротивление – выше $1,5 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$. И чем более теплый спальник, тем больше ошибка.

В [84] варианте исследуется реальная тепловая защита человека в конкретных условиях, когда используются белье или одежда, вкладыш, сверху надет бивачный мешок, т.е. система «человек—спальный мешок—окружающая среда» [108]. В этом случае теплоизоляция будет намного выше, чем в первом варианте.

Стандарты [80, 84] предполагают одинаковую температуру вокруг спального мешка, но на практике она может варьироваться в достаточно широких пределах.

В условиях сна в спальном мешке на снегу постоянно присутствуют температурные напоры, направленные:

- снизу - вверх — от более теплого грунта в сторону более холодных слоев снега;
- сверху вниз — от лежащего человека по поверхности контакта с ковриком в сторону более холодных слоев снега.

Наибольшие тепловые потери спального мешка через контактную поверхность вниз будут в случае сна в спальном мешке на холодном промерзшем грунте без снега, когда температура поверхности равна температуре окружающего воздуха. В этом случае условия пребывания в спальном мешке будут наиболее жесткими, поскольку его нижняя часть будет контактировать с грунтом, обладающим высоким коэффициентом теплопроводности, а не с воздухом, как это предполагают стандарты [80, 84].

Поэтому необходимо учитывать вероятность использования спального мешка на бивуаках с различной степенью заснеженности.

Дефицит тепла в организме человека приводит к снижению температуры его кожного покрова и, соответственно, температурного напора и теплового потока. Приемлемая (комфортная) температура при небольшом охлаждении тела прогнозируется на 8, 6 и 4 часов сна [109]. Однако этот параметр не установлен стандартом ASTM и, как правило, является дополнительным исследованием. В [110] приводятся критерии различных уровней теплового состояния человека, определяемых дефицитом теплосодержания, которые будучи упомянутыми в [109], но не устанавливаются стандартом ASTM.

Еще одним важным моментом является соответствие измерений, проведенных в различных лабораториях. Если не менее шести лабораторий испытывают одни и те же типы мешков, допуски, связанные с методом испытаний, должны быть точно определены. В 2009 г. были сформулированы по внесению дополнений в EN 13537:2002. В них предлагалось использовать подход, аналогичный приведенному в стандарте ASTM E 691 на методику проведения межлабораторных исследований для определения сходимости результатов испытаний.

Положительными аспектами стандарта являются возможность сравнить температурные характеристики спальных мешков разных производителей, так как тестирование производится стандартными методами, и ведение «температурной коррекции», учитывающей, в частности, гендерные физиологические особенности [111].

Стандарты EN [80, 84] применяются исключительно для конкурентного сравнения спальных мешков различных производителей в коммерческом сегменте для взрослых потребителей. Для тестирования используются только новые спальные мешки, а при испытаниях не учитываются накопление дефицита тепла в организме человека, увлажнение материалов утепляющего пакета в процессе испарения влаги с тела человека.

В РФ не приняты стандарты, которые регламентируют испытания теплозащитных свойств спальных мешков. Требования международных

стандартов на Россию не распространяются, но некоторые российские производители добровольно проводят тестирование спальных мешков по [80].

В связи с этим актуальными задачами являются теоретическое обоснование и практическая реализация методики проектирования спальных мешков с заранее заданными температурными свойствами с учетом достижений российских исследователей в области проектирования теплозащитной одежды и снаряжения. [9]

В [22, 23] представлены критерии оптимального и допустимого теплового состояния человека, однако эти методические указания не распространяются на тепловое состояние в режиме сна [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Это требует доработки существующих методик с целью проектирования спальных мешков.

Предприятия при проектировании спальных мешков опираются в основном на экспертные оценки прогнозных характеристик спальных мешков и на сравнение с аналогами. В международной литературе широко представлены методы экспериментальной оценки тепловой защиты спального мешка, основанные на испытаниях тепловой защиты уже изготовленных производителями спальных мешков при помощи термоманекенов различных конструкций [112, 114, 115, 116, 117].

Но эти подходы не позволяют осуществлять прогнозирование тепловой защиты и обусловленный этим расчет распределения по деталям количества несвязного утеплителя на этапе проектирования.

В связи этим актуально создание инженерной методики расчета распределения наполнителя по деталям в соответствии с прогнозируемой тепловой защитой.

1.5.2 Основные требования к спальному мешку для защиты от холода

Принятые стандарты и разработанные методики проектирования СИЗ безусловно должны использоваться как опорные точки для проектирования спальных мешков, однако существуют принципиальные отличия, обуславливающие дальнейшее развитие данных методик с целью создания методического обеспечения проектирования спальных мешков. Главным отличием является добровольность, подчас фатальная, длительного пребывания человека в условиях холода во время путешествия, тогда как пребывание человека в условиях низких температур во время трудовой деятельности регламентировано нормативно-технической документацией. Важно, что увлечение активным зимним отдыхом приобретает массовый характер, это требует особого, отличительного от традиционного, подхода к проектированию спальных мешков, предназначенного для защиты человека в условиях экстремального холода.

Выделим главные отличительные особенности.

Сон в условиях холода. Существующие нормативные и методические документы не распространяются на проектирование средств тепловой защиты человека во время сна [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] при низких и особо низких температурах, достигающих отметки до минус 60 °С, когда интенсивность его теплопродукции составляет менее 80 Вт. Обеспечение человеку комфортного отдыха во время сна в условиях пониженных температур является актуальной задачей, которой до настоящего времени в России не уделялось достаточного внимания. В то же время за рубежом исследование тепловой защиты спальных мешков является актуальными и востребованным. Проведенные ранее Разумеевым К.Э. и Разбродиным А.В. [118,119] исследования тепловой защиты человека, спящего под одеялом в помещении, не могут быть применены для расчёта тепловой защиты человека во время сна в более жестких условиях холода на открытой территории, в неотапливаемых помещениях или в палатках. Требования к тепловой защите спального мешка представлены в [120]. Метод в [118,119] не учитывает полного теплового баланса человека, представлен на идеализированной одноцилиндровой модели тела

человека и поясняет только влияние кривизны поверхности тела на большую расчетную толщину пакета спального мешка, превышающую 0,07 м. Такие толщины пакетов, при использовании традиционных рулонных синтетических утеплителей существенно ухудшают эргономику человека.

Характеристика окружающей среды. Нормативные суммарные тепловые сопротивления для спецодежды регламентированы до значений температуры окружающей среды до минус 41 °С, для более низких температур (минус 40°С и ниже) можно воспользоваться формулами, представленными в [100]. Принципиальным отличием при проектировании тепловой защиты аутдор-снаряжения и спальных мешков является необходимость учета пониженного атмосферного давления, что характерно для условий горной местности. Как известно, утеплители, применяемые в аутдор-снаряжении – пух и перо водоплавающей птицы, «шарики» и другие несвязные композиционные материалы, содержат большое количество воздуха. Сами волокна утеплителя обеспечивают поддержание объема воздуха в пакете снаряжения и препятствуют конвективному теплопереносу. Согласно [17], с уменьшением атмосферного давления коэффициент теплопроводности воздуха уменьшается, при этом увеличивается термосопротивление пакета.

Ограничение по массе. Аутдор-снаряжение предназначено для длительной эксплуатации в автономных условиях, когда человек переносит все необходимое оборудование и питание в рюкзаке, и ограничение по массе играет решающую роль. Увеличение массы снаряжения приводит увеличению энергозатрат на его транспортировку, и как следствие к необходимости их восполнения, то есть требует увеличения веса продуктов питания, что приводит к снижению скорости передвижения и увеличивает время пребывания в походных условиях [98]. Таким образом, при расчете тепловой защиты спального мешка следует учитывать жесткие ограничения по массе, которая не должна превышать 3-4 кг. При проектировании спецодежды ограничения по массе жестко не устанавливаются.

Продолжительность пребывания в условиях холода. В походных условиях человек должен преодолевать холод как некую не ограниченную по времени данность, которая может составить от нескольких суток до нескольких недель. Поэтому в качестве исходной информации при проектировании аутдор-снаряжения важно рассматривать продолжительное пребывание человека на холоде, ограниченные возможности по изменению теплопродукции в результате изменения физической активности и предусматривать определенный дефицит тепла в организме. Кроме того, для условий фатального пребывания на холоде, когда человек сталкивается с нехарактерными флуктуациями атмосферы, приводящими к значительному снижению температуры окружающей среды, необходимы научно обоснованные способы выживания с применением имеющихся в наличии средств. При расчетах необходимой тепловой защиты человека в процессе трудовой деятельности длительность его пребывания на холоде ограничена и регламентируется [22]. В [120] на основе [122] приведен пример расчета спасательной одежды для восьмичасового пребывания человека в условиях холода в условиях чрезвычайных ситуаций, однако ограничения по массе не накладывались.

Упаковочный объем. Объем переносимого человеком в походных условиях снаряжения и питания ограничен емкостью рюкзака. Рюкзак, как правило, выбирается как «необходимый», а не «достаточный» по объему, т.е. с минимальным объемом, необходимым для упаковки всего требуемого снаряжения и питания. Минимизация объема рюкзака позволяет приблизить центр тяжести рюкзака к позвоночному столбу, меньше сгибаться под тяжестью рюкзака, повысить ветроустойчивость и мобильность при преодолении рельефа. Поэтому аутдор-снаряжение для защиты от холода должно упаковываться в возможно меньший объем (не более 10—15 дм³) и после распаковки хорошо восстанавливать свой объем. Для СИЗ упаковочный объем не играет большой роли. Неоднократно отмечалось, что проектируемое аутдор-снаряжение должно удовлетворять двум противоречивым требованиям: минимизации объема упаковки и последующей быстрой релаксации толщины [15]. Именно поэтому

пух водоплавающих птиц, хорошо восстанавливающий свои упругие свойства после распаковки, широко используют как утеплитель в спальнях мешках [123].

На Рисунке 1.17 представлена диаграмма отличий требований, предъявляемых к аутдор-снаряжению и средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода, составленная на основе особенностей условий эксплуатации, рассмотренных нами ранее.



Рисунок 1.17 – Диаграмма отличий условий эксплуатации СИЗ и аутдор-снаряжения для защиты от холода. Стрелками показаны направления повышения требований к эксплуатационным характеристикам аутдор-снаряжения и СИЗ

Представленная диаграмма наглядно демонстрирует отличие требований к СИЗ для защиты от холода и спальным мешкам, а также направление повышения требований, которые обозначены стрелками. Увеличение времени пребывания человека при низких температурах, масса снаряжения ниже 3 кг, упаковочный объем менее 10-15 дм³, увеличение диапазона отрицательных температур эксплуатации ниже минус 40 °С, во время сна при теплопродукции человека 70 Вт, составляют перечень экстремальных условий, в которых спальник должен сохранить обеспечить нормальный отдых и жизнь человеку.

1.5.3 Методы проектирования одежды для продолжительного пребывания в условиях температур ниже минус 40 °С

Проанализируем некоторые работы, посвященные проектированию сверхтеплой одежды для различных специфических условий, на основе которых можно развивать методику проектирования спальных мешков.

Основными исходными данными, положенными в основу теплового расчета спасательного снаряжения для спецконтингента [0], являлись: время пребывания при температуре воздуха минус 50 °С в течение 72 часов; мощность энергозатрат человека 200 Вт; допустимый дефицит тепла в его организме 450 кДж, ограничение на массу комплекта снаряжения – 3кг. Спасательный комплект носил одноразовый характер.

Величина допустимого дефицита тепла в организме в 450 кДж соответствовала дискомфорту второй степени по данным Р. Ф. Афанасьевой [106]. Эта величина была выбрана на основании субъективных наблюдений испытуемых, спортсменов, пребывавших длительно время при низких температурах в условиях термокамеры, крайнего Севера, высоты.

Для решения этой задачи были использованы методы математического моделирования теплообмена системы «человек – одежда – окружающая среда», на основании которых было рассчитано оптимальное распределение толщины теплоизолирующего пакета по участкам тела. Отправной точкой при расчете распределения толщины пакета явилась необходимость обеспечения максимальной теплозащиты человека при заданной массе снаряжения. Такой подход к решению задачи проектирования позволил значительно сократить объем экспериментальных исследований теплозащитного снаряжения и свести его практически только к полевым и лабораторным испытаниям готовых изделий.

В основу проведенных расчетов были положены модельные представления человека, предложенные в работе Столвийка [124]. При построении

математической модели теплообмена человека было принято допущение о стационарности его средневзвешенной температуры кожи в процессе пребывания на холоде и вводится величина среднего для тела коэффициента формы.

Проверка адекватности математической модели реальным теплофизическим процессам была осуществлена по данным, приводимым в [106, 20, 125].

По методике [106] с учетом заданных условий была определено суммарное термосопротивление, в этом случае оно равно суммарному термосопротивлению одежды $R = 1,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, и средневзвешенная толщина плоского пакета составит $\delta_n = 0,0408 \text{ м}$. Фактическая толщина пакета с учетом кривизны тела составила $0,47 \text{ м}$.

Коэффициенты утепления, представленные в [106], не распространяются на температуру минус $50 \text{ }^\circ\text{C}$, поэтому перераспределение толщины одежды по участкам тела было произведено на основе математического моделирования до величины средней толщины пакета в $4,8 \text{ см}$.

В [120] была рассчитана спасательная одежда с учетом основных факторов, влияющих на эффективность проведения поисково-спасательных работ:

- низкая температура воздуха (до минус $50 \text{ }^\circ\text{C}$) и морской воды (до минус $2 \text{ }^\circ\text{C}$);
- штормовые ветры (до 25 м/с);
- сильное волнение моря (до 7 баллов);
- ледовое покрытие (в течение 7 месяцев, кроме Баренцева моря);
- значительные расстояния (сотни километров) от спасательной службы до предполагаемого местонахождения человека в аварийной ситуации;
- ограниченное время для принятия решения о проведении поисково-спасательных работ;
- снижение психологических и физиологических показателей человека при переохлаждении и т. д.

Расчет производился по ГОСТ Р 12.4.236-2011 «Одежда специальная для защиты от пониженных температур» с экстраполяцией на температуру минус 50 °С. В Таблице 1.7 представлены результаты расчета средневзвешенной толщины одежды при различных температурах для длительного пребывания в условиях холода, по данным [120].

Таблица 1.7 – Результаты расчета средневзвешенной толщины одежды при различных температурах для длительного пребывания в условиях холода [121]

№ п/п	Планируемое время непрерывного пребывания на холоде, ч («комфорт»/«прохладно»)	Температура воздуха, °С					
		Средневзвешенная толщина утеплителя для теплоощущения «прохладно», мм					
		-18,0	-20,0	-25,0	-40,0	-41,0	-50,0
		$\delta_s = 32,7$	$\delta_s = 36,5$	$\delta_s = 45,9$	$\delta_s = 75,2$	$\delta_s = 75,4$	$\delta_s = 95,5$
1	1	-4,77	-2,63	2,8	19,3	20,4	30,6
2	2	7,5	10,2	17,1	38,2	39,6	52,7
3	3	13,0	16,1	23,6	46,9	48,4	62,9
4	4	16,3	19,4	27,4	51,9	53,5	68,8
5	5	18,5	21,6	29,8	55,1	56,8	72,6
6	6	19,8	23,1	31,5	57,4	59,1	75,3
7	7	20,9	24,3	32,8	59,1	60,9	77,3
8	8	21,7	25,1	33,8	60,4	60,6	78,8

Из анализа материалов [120] следует, что:

- пребывание человека на холоде в костюме с утеплителями, имеющими толщину 12,8, 22,3, 34,7, 44,9 мм, при температуре минус 50° С в течение 8 часов невозможно;

- непрерывное пребывание человека на холоде в костюме в течение 8 ч при толщине утеплителя 45 мм возможно только при температуре воздуха от минус 5 °С до минус 10 °С;

- при заданной температуре воздуха минус 50° С и толщине утеплителя 45 мм время непрерывного пребывания, определяющее предельно допустимое теплоощущение («прохладно») в состоянии покоя, составляет около 43 мин; при легкой работе это время увеличивается до 49 мин.

Применение утеплителей из искусственных волокон (марки «Thisulate») толщиной 45 мм не только не обеспечивает защиту от холода при температуре

минус 50 °С в течение 8 ч [126], но придает конструкции одежды громоздкость и низкую эксплуатационную пригодность.

Существует также зарубежные методики, в основе которых лежит уравнение теплового баланса тела человека, предложенное А. Бартоном и О. Эдхолмом [17]. Используя эту модель, Auliciems и de Freitas [127], а затем de Freitas [128] для оценки теплоизоляционных свойств одежды разработали методику, включающую метеорологические показатели (температура воздуха, скорость ветра, облачность) и степень физической нагрузки. В отличие от российских моделей в этом аналоге скорость ветра учитывается как фактор, уменьшающий тепловое сопротивление одежды, при этом уменьшение менее значительно при усилении ветра.

В [129] проведены сравнительные исследования проектирования одежды по российской и приведенных в [127,128] методиках. Установлено, что основные расхождения в оценках теплоизоляционных свойств одежды при расчетах по двум методикам – российской и зарубежной – проявляются для холодного периода. Оценка по российским методикам предъявляла более высокие требования к тепловой защите, чем зарубежные.

Выводы по главе 1. Постановка задач исследований

Проведенные аналитические исследования литературных данных позволяют сделать вывод о том, что обеспечение необходимой тепловой защиты спального мешка требует учета многих параметров, таких как особенности терморегуляции человека во сне, конструкция пакета, заданная толщина пакета, наполняющая способность пухового утеплителя, внешние условия эксплуатации изделий.

В процессе выполнения диссертационной работы необходимо решить следующие задачи.

1. Существующий метод определения наполняющей способности пуха позволяет определять товарное качество сырья на рынке, но не дает ответа на вопрос, с какой плотностью необходимо заполнять отсеки изделий пухом.

Для этого на основе исследования реологических характеристик пуха и пуховых пакетов необходимо установить соотношение наполняющей способности пуха, определяемой по стандарту EN 12130 с необходимыми эксплуатационными свойствами пакета, заполненного с определенной плотностью пухом. Выявить влияние конструктивных и эксплуатационных особенностей пакета, деталей изделия на расчет необходимой плотности заполнения изделий пухом.

2. Пакеты с пуховым наполнителем имеют значительную толщину, которая может достигать 120 мм, кроме того, пух, как теплоизолирующий материал имеет плотность сравнимую с плотностью воздуха. Коэффициент теплопроводности воздуха с уменьшением температуры от плюс 35 до минус 50 °С уменьшается приблизительно на 25%, что влияет в целом на коэффициент теплопроводности пуха. Поэтому необходимо учитывать изменение термосопротивления пакета при реальном температурном напоре и обеспечить измерение термосопротивления для пакетов с пуховым наполнителем толщиной до 120 миллиметров.

Таким образом, необходимо разработать измерительную систему, которая позволит измерять термосопротивление пакетов большой толщины (до 120 мм) при температурных напорах до 75°С (от плюс 35 до минус 40 °С).

3. На основе российских методик проектирования одежды для защиты от холода с учетом известных международных стандартов для определения тепловой защиты спальников необходимо разработать методику расчета требуемой тепловой защиты для спальников с пуховым утеплителем, которая позволит учитывать на основе модельных представлений особенности строения тела и эффективной площади теплоотдачи спящего человека и физиологических особенностей терморегуляции спящего человека.

4. Разработать программу и методику распределения пуха по толщине спального мешка учитывающую величину наполняющей способности и обеспечивающую оптимальное перераспределение утеплителя с учетом эффективности утепления отдельных зон тела человека.
5. Актуальной задачей является разработка технологического оборудования для получения композиционных утеплителей на основе смешивания пуха со штапельными волокнами, которое позволит частично заменить пух для того, чтобы удешевить изделия.

ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУХА И ПАКЕТОВ С НЕСВЯЗНЫМ УТЕПЛИТЕЛЕМ

Проблемой видится установление соотношения показателя наполняющей способности и реологических характеристик пакета. В экспериментальной системе, реализующей способ определения наполняющей способности в соответствии с EN 12130 много факторов влияют на получение окончательного результата. Это трение пуха о стенки цилиндра, трибоэлектрическое трение о стенки, усиливающееся по мере проводимых в цилиндре опытов, требующее периодической антистатической обработки цилиндра, выдавливание воздуха из измеряемой массы утеплителя. Выяснение влияния этих эффектов требует проведения анализа процесса измерения наполняющей способности и дополнительных экспериментов.

Основные результаты этого раздела были опубликованы в работах:

Бринк И.Ю., Богданов В.Ф., Куренова С.В. Исследование метода определения наполняющей способности пуха для швейных изделий. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 2 (392). С. 38-41.

Бринк, И.Ю. Несвязные утеплители: монография / И.Ю. Бринк, С.А. Колесник, М.А. Гончарова, В.Ф. Богданов, В.И. Романенко, Е.Е. Ширшов. – Новочеркасск: Лик, 2019. – 82 с.: ил. (6,5 п.л. / 1,07 п.л.).

Романенко В.И., Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Исследование наполняющей способности различных видов пуха. Наука сегодня: проблемы и перспективы развития [Текст]: материалы международной научно-практической конференции,.: в 2 частях. Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – 120 с.

Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Исследование термосопротивления двухслойных пуховых пакетов. Евразийское Научное Объединение. 2018. № 1-1 (35). С. 21-23.

2.1 Исследование поведения пуха в цилиндре при измерении наполняющей способности

В литературе дискутируется вопрос о соответствии наполняющей способности, полученной по методикам определения FP (Fill Power) в цилиндрическом стакане, реальным свойствам пакета одежды, заполненного пуховым наполнителем в процессе эксплуатации [16].

Есть ряд отличий поведения пуховой массы в тестовом цилиндре во время эксперимента по определению FP и поведением пуховой массы в пакете одежды в реальных условиях. В изделии, например, в спальном мешке, воздух из пуховой массы под воздействием нагрузки выдавливается во все стороны, а в цилиндре только вверх. Под нагрузкой пуховая масса сжимается равномерно по всей толщине пакета, в то время как в цилиндре он сжимается неравномерно.

Нами детально исследовано послойное изменение динамики сжатия пуха в процессе измерения FP [129]. Диаметр цилиндра (241 мм), навеска пуха (28,4 г) и нагрузка плунжера (14,8 Па) соответствовали стандарту IDFL. Для увеличения наглядности эксперимента в цилиндре, заполненном массой аэрированного белого гусиного пуха, были расположены 12 меток из серых пушин гагачьего пуха, которые были пронумерованы так, как это изображено на левом стоп кадре рисунок 1. Величина интервала между метками характеризует толщину соответствующего слоя пуховой массы. На Рисунке 2.1 представлены графики изменения высоты каждой метки в процессе сжатия. Для наглядности график размещен на фоне кинограммы из 6 отдельных кадров, демонстрирующей процесс сжатия пуховой массы в цилиндре. В нулевой момент времени пух начинал сдавливаться плунжером, и каждые 5 секунд фиксировалась степень сжатия. По мере снижения скорости сжатия интервал

времени фиксации положения увеличивался. Продолжительность эксперимента составила 60 с до полной стабилизации изменения высоты столба пуховой массы.

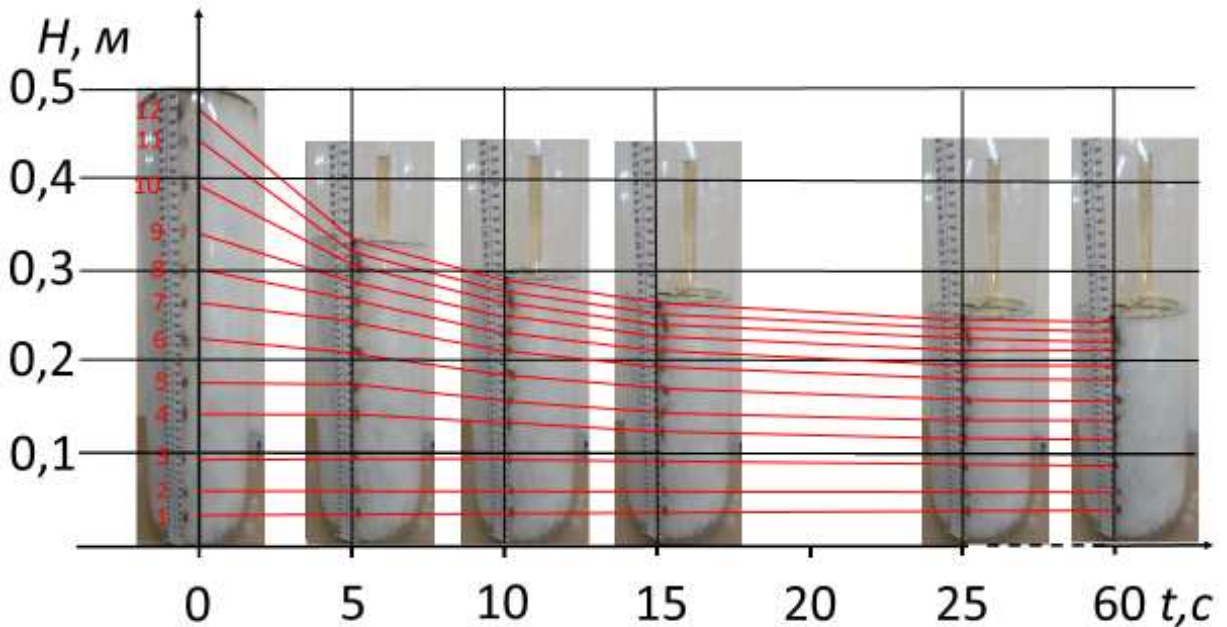


Рисунок 2.1 – Изменение положения меток в процессе сжатия пуховой массы в цилиндре

Полученные данные свидетельствуют, что масса пуха, располагавшаяся внизу до уровня 0,1 м, практически не сжалась в процессе эксперимента. В первые 5 секунд изменялась только толщина верхних слоев пуховой массы, располагавшихся первоначально в диапазоне 0,2 – 0,5 м.

Упругая деформация i -того слоя пуховой массы, характеризуемая относительным изменением интервала между метками, в момент времени t может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_i^t = \frac{\delta_i^t}{\delta_i^0},$$

где ε_i^t – упругая деформация i -того слоя пуховой массы, находящейся между i и $i-1$ метками в момент времени t , $i=1\dots 12$;

δ_i^t – интервал между i и $i-1$ метками в момент времени t , $i=1\dots 12$;

δ_i^0 – интервал между i и $i-1$ метками в момент времени 0, $i=1\dots 12$;

Представленные на Рисунке 2.2 зависимости характеризуют нелинейное изменение упругой деформации пуховой массы от первоначального положения метки в столбе пуховой массы в процессе сжатия плунжером.

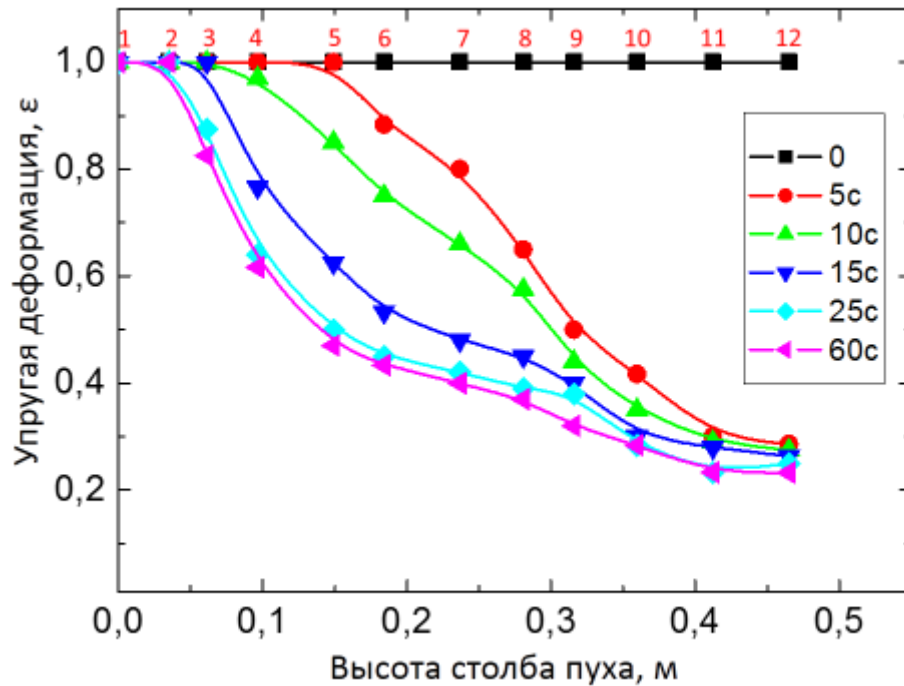


Рисунок 2.2 – Зависимость послойного изменения упругой деформации от начальной координаты метки в цилиндре в различные интервалы времени процесса сжатия

Такое поведение пуховой массы в процессе сжатия объясняется следующими факторами: одноосным выдавливанием воздуха из массы пуха через плунжер, трибоэлектрическим и механическим трением о стенки цилиндра, кажущейся вязкостью пуховой массы [131]. Пропорционально упругой деформации слоев будет изменяться и послойная плотность, которая также будет нелинейно распределена по высоте сжатого в процессе эксперимента столба пуховой массы.

В [66] исследовалась зависимость модуля упругости пухового пакета в зависимости от приложенного давления. В слоях пуховой массы в пакете при увеличении одноосного давления до 50 Па наблюдается незначительное (на ~5 %) снижение модуля упругости E , обусловленное структурным уплотнением и взаимопроникновением структурных элементов отдельных пушин. Это значит,

что в определенном приближении деформационные свойства пухового пакета могут считаться подчиняющимся закону Гука.

При исследовании пуховой массы в цилиндре наблюдаются отклонения от закона Гука. На рисунке 2,3 представлена послойная зависимость модуля упругости E пуха в цилиндре при приложении давлений в диапазоне от 14,8 до 20,5 Па (черные маркеры). Послойное давление измерялось как сумма давления плунжера плюс давление, оказываемое вышележащими слоями пуха в цилиндре. Эти давления послойно возникают по высоте столба пуховой массы при одноосном сжатии в стакане при измерении наполняющей способности.

Представленная зависимость хорошо демонстрирует изменение расположения маркеров в пуховой массе, изображенное на рисунке 2.1. Верхние слои пуха по достижению стационарного положения плунжера были сильно сжаты, в то время как нижние слои были сжаты незначительно. Верхние слои изотропной массы пуха по окончанию процесса сжатия показали величину модуля упругости на уровне 23 Па, а нижние слои – более 200 Па.

Значительное изменение модуля упругости связано с процессом одноосного вытеснения воздуха из цилиндра, трением пуховой массы о стенки цилиндра и трибоэлектрическим эффектом. На Рисунке 2.3 представлен график послойного изменения модуля упругости E .

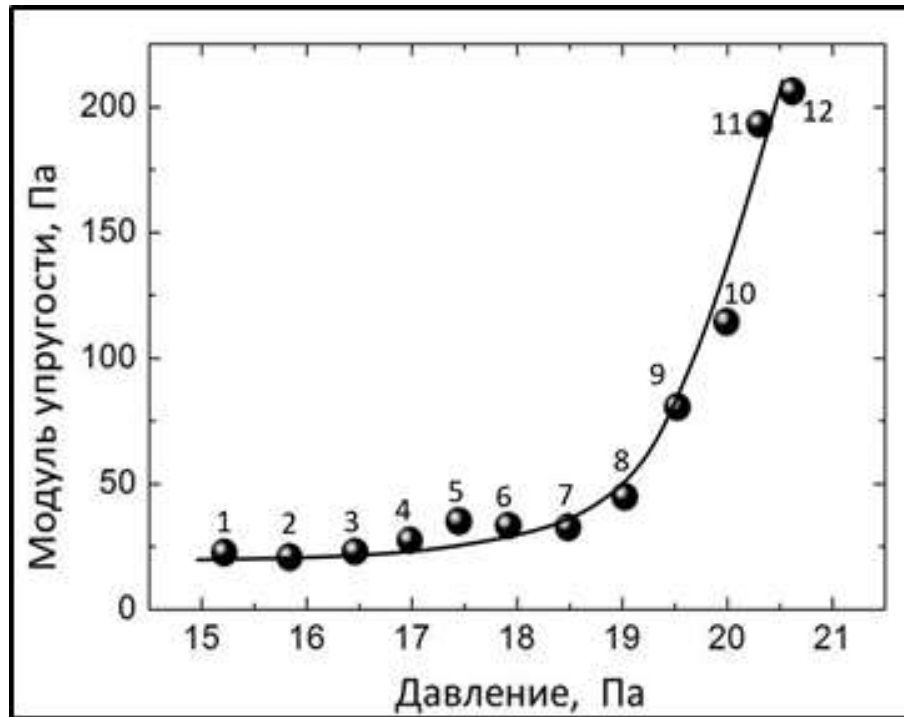


Рисунок 2.3 – Изменение модуля упругости E пуховой массы в зависимости от давления, послойно увеличивающегося при измерении наполняющей способности при одноосном сжатии в цилиндре

Полученный график демонстрирует отличие поведения модуля упругости при сжатии пакетов, который в диапазоне до 50 Па остается практически неизменным [66], и при сжатии в цилиндре, где он послойно изменяется практически в 10 раз при изменении давления в диапазоне от 14,8 в верхней части цилиндра до 20,5 Па в нижней части цилиндра.

Необходимо отметить, что давление, равное 14,8 Па, при котором производится определение наполняющей способности пухового наполнителя, приблизительно соответствует давлению на стенку потока воздуха при ветре, имеющем скорость около 5 м/с [132]. Таким образом, можно сделать вывод, что результаты теста определения FP могут только в относительной мере характеризовать поведение пакета одежды с пуховым наполнителем при ограниченном ветре.

Полученный результат показывает, что наполняющая способность FP определенная в тест системе, согласно EN 12130 не является показателем адекватным реологическим характеристикам пуха в пакете одежды.

2.2 Сравнительное исследование наполняющей способности пуха - FP и физико-механических свойств двухслойных пакетов

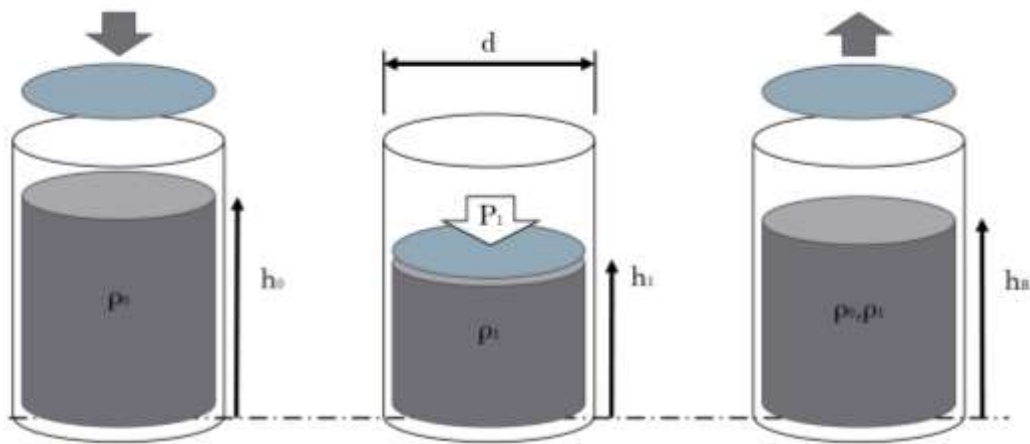
Тест по определению наполняющей способности пуха (FP) является коммерческим, на его основании расценивается и продается пух во всем мире. FP - интегральная характеристика неравномерно распределенной в цилиндре массы пуха сжатой плунжером при низком давлении 14,8 Па. На полученный результат оказывают влияние краевые эффекты: трение пуховой массы о стенку цилиндра, трибоэлектрический эффект, одноосное выдавливание воздуха из пуха. Пуховые пакеты изделий в процессе эксплуатации испытывают более высокие давления, и пух в них сжимается равномерно, следовательно, показатель FP не может напрямую использоваться для расчета оптимальной плотности заполнения пакета изделия пухом. Поэтому необходимо проведение дополнительных экспериментов, которые позволят разработать методику расчета плотности заполнения пакетов изделий пухом на основе коммерческого показателя FP.

2.2.1 Определение наполняющей способности пуха

Нами были определены величины наполняющей способности 4-х основных видов пуха: гагачьего, гусяного, казарки и утки. Стандарт EN 12130 [59] для определения наполняющей способности пуха был создан и получил всеобщее распространение при исследовании высококачественного гусяного пуха. Именно на этом пухе он демонстрирует наиболее стабильные результаты, показывая его преимущества над другими видами пуха.

Стандартные методы [58,59] определения наполняющей способности не позволяют определить FP пуха гаги и казарки. Это связано с тем, что отдельные пушинки этих видов птиц связаны друг с другом, и в цилиндре невозможно путем аэрации получить изотропную однородную массу пуха. В то же время в

пакетах изделий эти виды пуха хорошо взбиваются и обеспечивают хорошую тепловую защиту. Нами проведены сравнительные исследования FP пуха гагачьего и казарки при ручном перемешивании и раскладке пуха в измерительном цилиндре с целью достижения изотропности массы пуха. Методика проведения эксперимента представлена на Рисунке 2.4 [130].



- h_0 - начальная высота пуха в цилиндре;
 h_1 - высота пуха в цилиндре с приложенной стандартной нагрузкой;
 h_b - высота пуха в цилиндре после снятия стандартной нагрузки;
 d - внутренний диаметр цилиндра
 P_1 - стандартная нагрузка при определении FP , 14,8 Па.

Рисунок 2.4 - Схема проведения опыта по определению FP и релаксации пуха

Методика заключается в следующем: в цилиндрический цилиндр помещается 28,35 г исследуемого пуха, он разрыхляется аэрацией, а затем металлическим стикером до однородной массы, замеряется высота свободно лежащего слоя пуха. Затем опускается крышка, под воздействием которой пух начинает оседать. Крышка обеспечивает давление 14,8 Па. Через 1-2 минуты, когда пух перестанет оседать, т.е. займет устойчивый минимальный объём замеряется высота h_1 . Затем крышка убирается, и через 1-2 минуты замеряется высота столба пуха h_b . FP – параметр, который характеризует объем в кубических дюймах навески пуха 28,35 г под давлением 14,8 Па, определяется по формуле (2.1):

$$FP = \frac{S_{\text{осн.ст}} h_1}{16,39}, \quad (2.1)$$

где $S_{осн.ст}$ – площадь основания цилиндра равная 624 см^2 ;

16,39 – коэффициент перевода, см^3 .

Для обработки результатов измеряются начальная высота столба пуха, h_0 , высота столба пуха после воздействия стандартной нагрузки, h_1 , высота столба пуха после снятия стандартной нагрузки, $h_в$. На основании измерений вычисляются: отношение высоты пуха во время приложения нагрузки к высоте пуха после снятия нагрузки $h_1/h_в$, отношение высоты пуха после снятия нагрузки к высоте до приложения нагрузки, $h_в/h_0$, отношение восстановленной высоты после снятия нагрузки к высоте столба пуха при нагрузке $h_в/h_1$. По измеренным+ параметрам определяются модуль Юнга по аналогии с [133] для режима сжатия пуха – E_0 , (2.2) и для режима восстановления $E_в$, (2.3) соответственно.

$$E_0 = \frac{14,8h_0}{(h_0-h_1)}, \text{ Па}; \quad (2.2)$$

$$E_в = \frac{14,8h_в}{(h_в-h_1)}, \text{ Па}. \quad (2.3)$$

Результаты измерений представлены в Таблице 2.1. Разница между показателями FP одной и той же пробы не превышала 5 %, [134].

Таблица 2.1 – Основные абсолютные и относительные параметры пуховой массы в цилиндре, при измерении FP

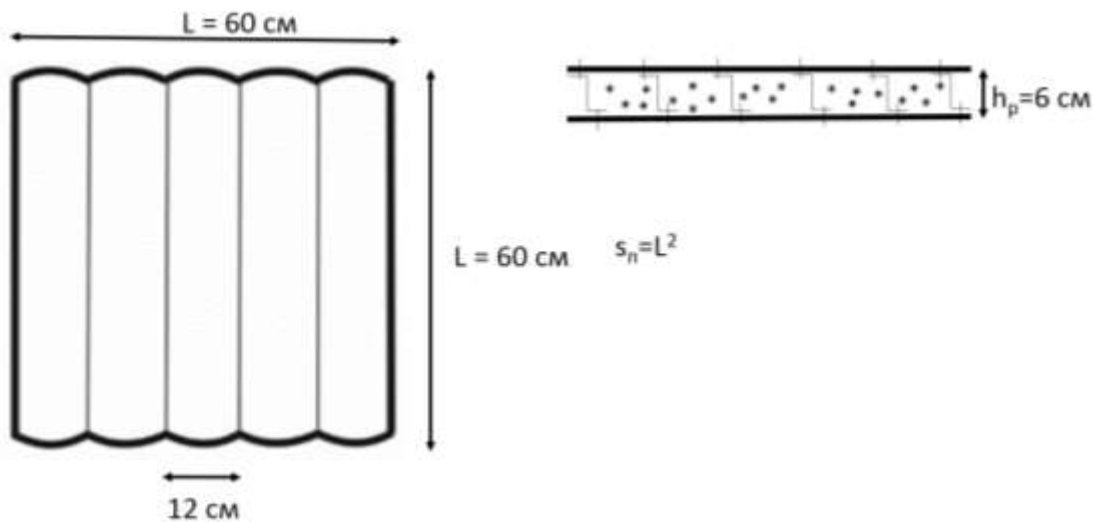
Эксперимент 1.										
Вид пуха	m, г	h_0 , см	h_1 , см	$h_в$, см	h_1/h_0	$h_1/h_в$	$h_в/h_0$	FP	E_0 , Па	$E_в$, Па
Гусь	28,35	50	25	30,8	0,5	0,81	0,62	950	29,4	78,1
Утка	28,35	31	13	18,3	0,42	0,71	0,59	500	25,3	50,7
Гага	28,35	35	17	24,9	0,48	0,68	0,71	650	28,6	46,2
Казарка	28,35	30	14,5	19,8	0,48	0,73	0,66	550	28,4	55,1
Средняя величина модуля Юнга для всех видов пуха, Па									27,9	57,5

Модуль Юнга E_0 характеризует упругость пуха, сжимающегося от уровня аэрированного состояния до уровня при стандартной нагрузке 14,8 Па, а модуль упругости $E_в$ характеризует упругость массы пуха в диапазоне от сжатого

состояния при стандартной нагрузке до восстановленного состояния. В последней строке представлены средние значения модулей Юнга для всех видов пуха: для режима сжатия пуха – E_0 , (2.2) и для режима восстановления E_B , (2.3) соответственно.

2.2.4 Исследование упругих свойств двухслойного с переборками пакета при заполнении различными видами пуха

Для эксперимента были изготовлены двухслойные с переборками пакеты, размером 60×60 см и толщиной 6 см и шириной отсеков 12 см (Рисунок 2.5).



L – ширина и длина пакета; h_p – расчетная толщина пакета, определяемая шириной переборок; S_n – площадь пакета

Рисунок 2.5 – Двухслойный пуховый пакет

Расчет количества пуха в пакете производился по формуле (2.4):

$$m_{\text{п}} = \frac{4mS_{\text{п}}h_{\text{п}}}{\pi d^2 h_{\text{в}}}. \quad (2.4)$$

Для перерасчета плотности заполнения пухом пакета в формуле (2.4) выбрана высота восстановившейся толщины ячейки, поскольку выбранная нами толщина пакета 6 см предполагает, что эта толщина будет восстанавливаться после сжатия.

Во время эксперимента пакет предварительно взбивался и разравнивался до толщины $h_{0п}$, затем равномерно нагружался при давлении 14,8 Па, замерялась толщина пакета $h_{1п}$, после этого нагрузка снималась, пакет восстанавливал толщину и измерялась восстановленная толщина пакета - $h_{вп}$. Жесткостью переборок в эксперименте пренебрегается, так как они изготавливаются из очень мягкой ткани, для которой нет требований к пухопроницаемости.

На Рисунке 2.6 представлена схема эксперимента по определению реологических характеристик двухслойного с переборками пухового пакета.

Пакет накрывается пластиной, которая имеет массу 540 г, что соответствует давлению на пакет в 14,8 Па. Поскольку во время сдавливания пакета, пластина может иметь перекося, толщина пакета измеряется по углам пластины и затем вычисляется средняя толщина.

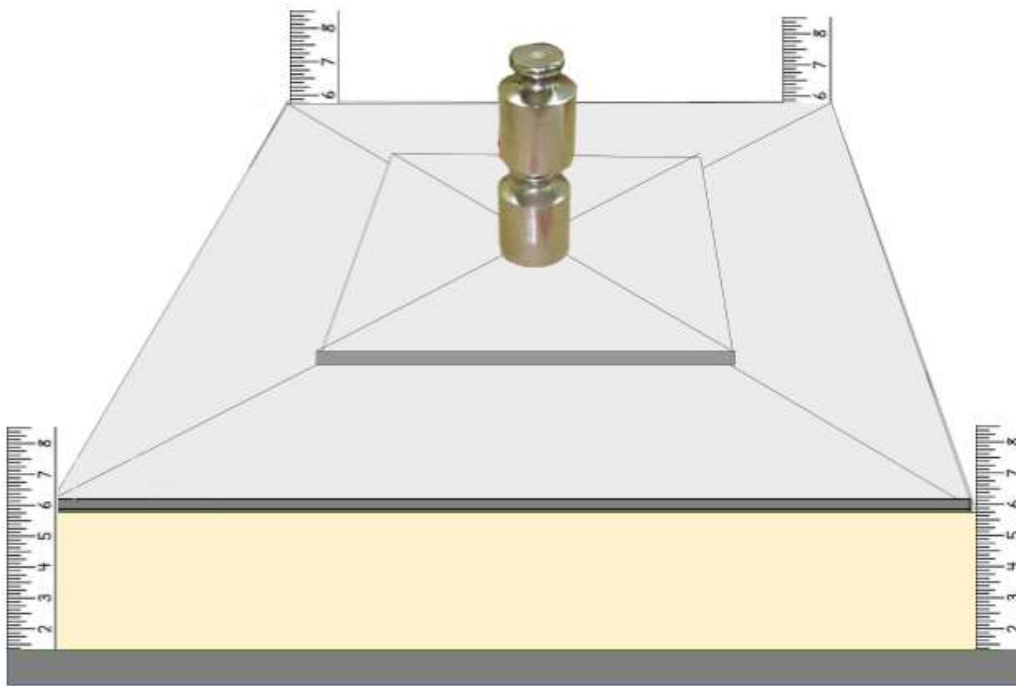


Рисунок 2.6 – Схема эксперимента по определению модуля Юнга пухового пакета

В Таблице 2.2 представлены измеренные и вычисленные реологические характеристики пуховых двухслойных пакетов, заполненных различными видами пуха: гусиным, утиным, гаги и казарки.

Таблица 2.2 – Основные реологические характеристики двухслойных пуховых пакетов

Вид пуха	FP	$m_{п}$	$h_{0п}$	$h_{1п}$	$h_{вп}$	$h_{1п}/h_{вп}$	$h_{вп}/h_{0п}$	$h_{1п}/h_{0п}$	$E_{оп}^*$	$E_{вп}^*$
Гусь	950	41,0	6	4,6	5,15	0,89	0,85	0,76	63,00	137,64
Утка	500	70,1	6	4,1	4,7	0,87	0,78	0,68	46,42	115,15
Гага	650	63,2	6	4,3	4,7	0,91	0,78	0,72	51,88	172,72
Казарка	550	68,4	6	3,95	4,5	0,88	0,75	0,66	43,02	120,27
Средняя величина модуля Юнга									51,08	136,44

Примечание - * индексом помечены модули Юнга для пакета.

Из Таблицы 2.2 следует, что в пакете, при отсутствии априорных погрешностей характерных для измерения FP по стандартной методике (трение пуха об стенки цилиндра и одноосное выдавливание воздуха) и при измерении реологических характеристик в ячейке (жесткость ткани ячейки), существенно увеличиваются модули упругости для всех видов пуха по сравнению с результатами экспериментов, представленных в Таблице 2.1.

В Таблице 2.3 представлены усредненные величины модуля Юнга определенных для двухслойных пакетов и навесок пуха в цилиндре, заполненных пухом различных видов птицы.

Таблица 2.3 – Величины модуля Юнга для двухслойных пуховых пакетов и и навески пуха в цилиндре

Вид пуха	FP	Пакет				Цилиндр			
		$m_{п}, г$	$h_{0п}, см$	$h_{1п}, см$	$E_{оп}, Па$	$m_{п}, г$	$h_{о}, см$	$h_{1}, см$	$E_{о}, Па$
Гусь	900	41,0	6	4,6	63,00	28,35	50	25	29,4
Утка	500	70,1	6	4,1	46,42	28,35	31	13	25,3
Гага	650	63,2	6	4,3	51,88	28,35	35	17	28,6
Казарка	550	68,4	6	3,95	43,02	28,35	30	14,5	28,4
Средняя величина модуля Юнга					51,08				27,9

Таким образом, следует для расчета плотности наполнения пуха в пакете внести коэффициент коррекции наполнения, который рассчитывается по формуле (2.5):

$$K_n = E_{оп}/E_o, \quad (2.5)$$

$$K_n = 51,08/27,9 = 1,83$$

Из Таблицы 2.3 следует, что усредненные модули Юнга сжатия, измеренные в пакете и цилиндре существенно отличаются друг от друга. Поведение пуха при сжатии в пакете существенно отличается от поведения пуха в цилиндре и превышает соответствующие значения модуля Юнга в 1,83 раза. Подробное исследование поведения реологических характеристик пуха в различных системах позволит установить рациональные соотношения между показателями наполняющей способности пуха и плотности заполнения отсеков пакетов различных конструкций.

Это значит, при проектировании количества пуха для заполнения в двухслойный пакет необходимо применять коэффициент наполнения пухом - $K_n = 1,83$. В проведенных экспериментах не учитывалась форма перпендикулярного сечения отсеков, которая в зависимости от ширины переборок может изменять свою кривизну. Этот фактор может послужить для коррекции величины K_n .

2.3 Зависимость термосопротивления пакета от ширины переборок двухслойных пакетов

Отличительной чертой пуховых пакетов, является то, что они не имеют плоскопараллельных фронтальных поверхностей, имеют конструкционную анизотропию, не являются однородными по структуре, имеют распределенные локализованные вдоль переборок воздушные прослойки.

Нами были проведены исследования термосопротивления пуховых пакетов с переборками, различной ширины. Для этого были изготовлены 8 образца пакетов, размером 0,6*0,6 м с переборками различной ширины: 0,06; 0,028 м [135].

Количество пуха в пакете было рассчитано таким образом, чтобы плотность пуха в единичном отсеке была постоянной для всех однотипных

пакетов, то есть неизменно при различной ширине перегородок в образцах выполнялось условие равенства площадей сечения всех трех пакетов:

$$S_{\text{п}}=S_{\text{в}};$$

где: $S_{\text{п}}$ – площадь сечения отсека плоского пакета с перегородкой шириной 0,06м;

$S_{\text{в}}$ – площадь пакета с выпуклой образующей и перегородкой меньшего размера.

Отличие пакетов по толщине заключалось в том, что нижняя выпуклая сторона пакета приподнимает его над горизонтальной плоскостью нагревающей пластины, тем самым образуя под пакетом воздушную прослойку. На Рисунке 2.7 графически представлено изменение всех параметров пакета при уменьшении толщины переборки.

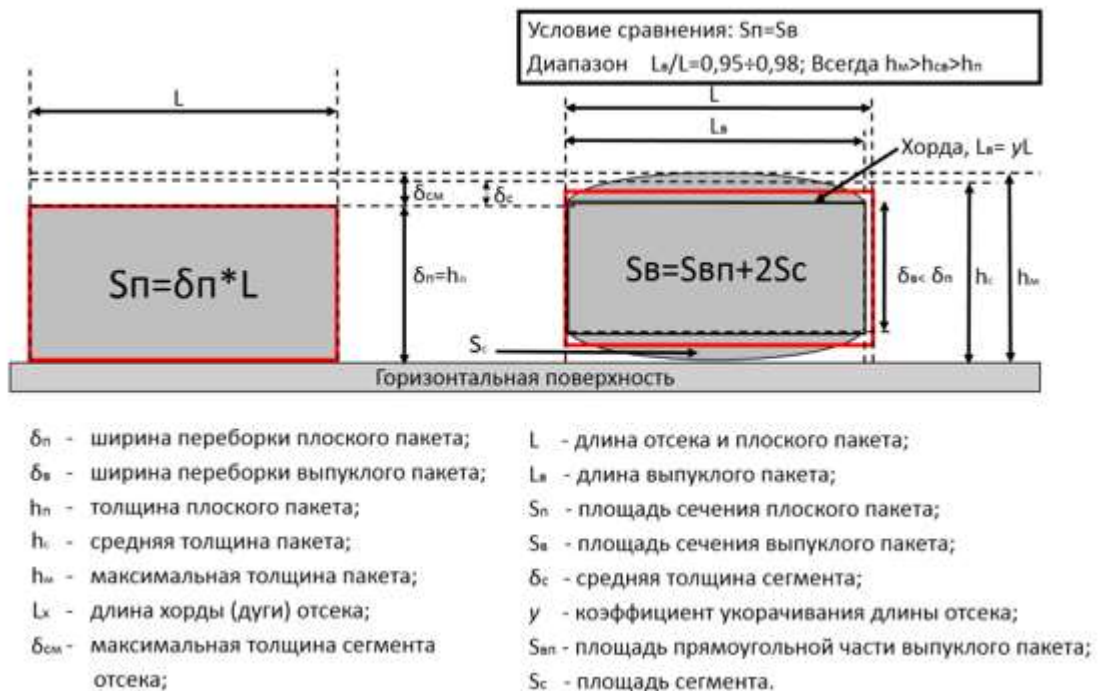


Рисунок 2.7 – Изменение конфигурации единичного отсека пакета в процессе варьирования шириной переборки при условии сохранения плотности заполнения пакета пухом обеспечивающей среднюю толщину пакета

Обсуждение критерия подобия для отсеков с разной шириной переборки. При заполнении двух отсеков с перегородками различной ширины происходит деформация отсека. Он становится короче и две его фронтальных поверхности искривляясь выпукливаются (Рисунок 2,6). При этом под пакетом, лежащим на

горизонтальной поверхности, либо вдоль изнаночной стороны пакета, прилегающей к телу человека, появляются воздушные прослойки, которые также участвуют в процессе теплообмена. Более того пакет приподнимается на величину сегмента отсека $\delta_{см}$. Общая площадь сечения отсека будет составлять:

$$S_B = S_{ВГ} + 2S_c$$

При уменьшении ширины переборки при равном количестве пуха при заполнении отсека увеличивается его кривизна, и он приподнимается над плоскостью.

В Таблице 2.4 представлены геометрические и физические параметры исследованных пакетов.

Таблица 2.4 – Основные параметры двухслойных пакетов с переборками шириной 60, 28 мм и величина измеренного термосопротивления

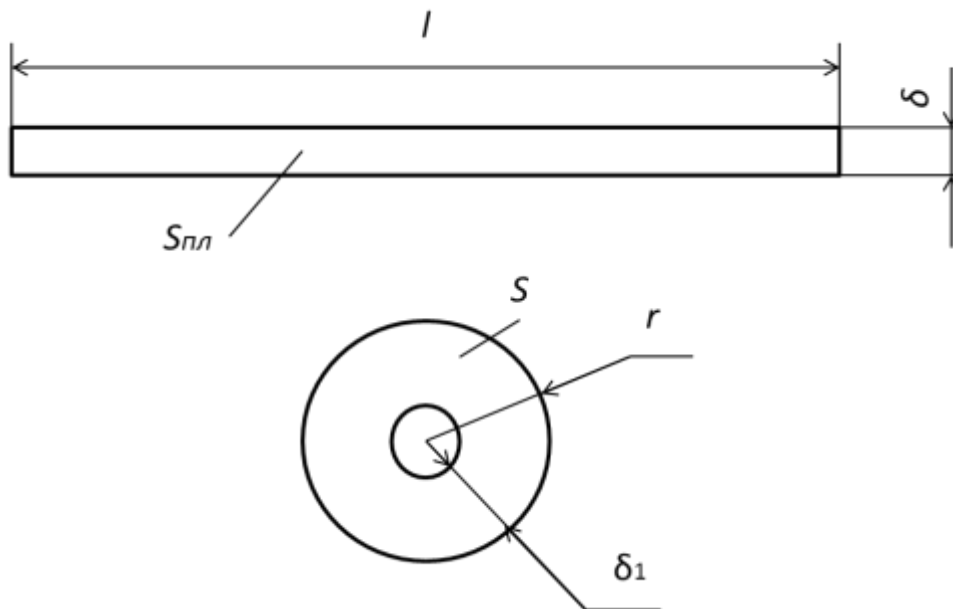
Ширина переборки, см	Дополнительный слой	Пух	FP	Толщина пакета δ , см	Термосопротивление, $R_{ш}$, °C·м ² /Вт
6	-	Гага	650	3,73	0,970
6	-	Утка	500	3,77	1,021
6	-	Казарка	550	3,25	0,874
6	-	Гусь	800	2,67	0,783
Средний показатель				3,36	0,912
2,8	Покровная ткань	Гага	650	3,98	1,172
2,8	Покровная ткань	Утка	500	3,53	0,937
2,8	Покровная ткань	Гусь	800	3,49	0,910
2,8	Покровная ткань	Казарка	550	3,57	0,965
Средний показатель				3,64	0,996

Перед экспериментом пакеты располагались на плоской измерительной пластине, сдавливались сверху пластиной с давлением 14,8 Па, после чего толщина пакетов уменьшалась. Затем пластина снималась и пакет релаксировал в течение 1 минуты. После этого определялась его толщина по уровню

максимальной толщины пакета. Для эксперимента использовались 4 пакета с шириной переборок 60 мм, 4 пакета с шириной переборок 28 мм. Для эксперимента использовались 4 вида пуха: гусиный, гагачий, утиный и казарки. Термосопротивление пакетов измерялось. Эксперименты по определению термосопротивления проводились в соответствии с [75].

Толщина пакета с уменьшенной переборкой при одинаковой плотности заполнения возрастает приблизительно на 9%, соответственно и термосопротивление пакета увеличивается приблизительно на 9%. Таким образом можно скорректировать коэффициент наполнения в меньшую сторону на 9%, $K_n=1,67$.

На величину коэффициента наполнения также влияет изменение кривизны пакета при его сворачивании. Пух, при сворачивании пакета (Рисунок 2.8) стремится сохранить свой объем, следовательно, толщина пакета увеличивается. Это важно для спальных мешков, форма которых близка к эллипсу, и нужно применять соответствующий коэффициент наполнения искривленного пакета.



$S_{пл}$ – площадь плоского сечения пакета; S – площадь сечения свернутого пакета; r – радиус окружности внешней стороны пакета; δ_1 – толщина кольцеобразного пакета; δ – толщина пакета; l – поперечное сечение пакета; $D = 2r$

Рисунок 2.8 – Изменение тепловых свойств пакета при сворачивании

$$S = \pi(2r\delta_l - \delta_l^2) = \pi \left(\frac{D}{\pi} \delta_l - \delta_l^2 \right) = D\delta_l - \pi\delta_l^2;$$

$$L = D\pi;$$

$$S_{\text{пл}} = D\delta\pi;$$

$$K_{\text{нкл}} = 1 - \frac{S_{\text{пл}} - S}{S_{\text{пл}}};$$

где $K_{\text{нкл}}$ – коэффициент наполнения искривленного пакета.

В зависимости от толщины и ширины сворачиваемого пакета $K_{\text{нкл}}$ может изменяться в пределах 0,8-1.

Минимальная величина коэффициента наполнения:

$$K_{\text{н}} = 0,8 \cdot 1,67 = 1,34$$

Таким образом, можно указать диапазон изменения коэффициента наполнения: $1,34 < K_{\text{н}} < 1,83$.

Выводы по главе 2

В результате проведенных исследований показано:

1. При измерении наполняющей способности пуха в цилиндрическом цилиндре в соответствии со стандартом EN 12130 пух по высоте цилиндра послойно сжимается неравномерно. Это обусловлено априорными погрешностями эксперимента – одноосным выдавливанием воздуха из массы пуха, трением пуховой массы о стенки цилиндра, которые не дают возможности пуху оседать вниз под давлением плунжера. Таким образом послойное значение модуля упругости неравномерно. Параметр «Наполняющая способность» (FP) предназначен для коммерческой оценки качества пуха, но поскольку не точно отражает реальные упругие свойства пуха в пакете, не может напрямую использоваться для расчета плотности заполнения пакетов пухом.

2. Исследование процессов сдавливания и восстановления различных видов пуха водоплавающей птицы в двухслойных пакетах показало, что для расчета плотности наполнения пуха в плоском пакете следует внести коэффициент коррекции наполнения $K_{\text{н}} = 1,83$.

3. Уменьшение ширины переборки, при сохранении плотности заполнения пухом приводит к возникновению воздушных прослоек, которые увеличивают термосопротивление пакета. Исследования изменения термосопротивления показало, что для пакетов с выпуклыми поверхностями отсеков величину K_n можно уменьшить до 1,67.

4. Зависимость коэффициента наполнения от кривизны пакета.

На величину коэффициента наполнения влияет изменение кривизны пакета при его сворачивании. Пух, при сворачивании пакета стремится сохранить свой объем, следовательно, толщина пакета увеличивается. Если мы учтем максимальное значение кривизны отсека, то получим минимальный коэффициент наполнения $K_n=1,34$.

5. Таким образом, можно указать диапазон изменения коэффициента наполнения: $1,34 < K_n < 1,83$.

ГЛАВА 3 ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУХОВЫХ ПАКЕТОВ

Теплозащитные свойства изделий напрямую зависят от толщины изделия. При производстве одежды или спальника для использования при низких и сверхнизких температурах, как правило, применяют пуховый утеплитель (или композиционный на основе пуха), что позволяет проектировать изделия большой толщины, а, следовательно, и хороших теплозащитных свойств, при относительно небольшом увеличении веса. Например, спальный мешок для обеспечения комфортного сна человека при температуре минус 24 °С имеет среднюю толщину пакета около 13 см при термосопротивлении 2,9 м²С/Вт. Поскольку пух очень объемный материал, плотность заполнения высококачественным пухом изделий сопоставима с плотностью воздуха. Воздух внутри пухового пакета играет большую роль в теплозащитных свойствах изделия. Для правильного проектирования теплой одежды и спальных мешков с пуховым наполнителем необходимо как теоретически, так и экспериментально изучить теплофизические свойства пуховых пакетов. Возникла необходимость в разработке специального оборудования для оценки теплозащитных свойств как пакетов материалов, так и готовых изделий.

Основные результаты этого раздела были опубликованы в работе:

1. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Богданов В.Ф., Горчаков В.В., Бринк И.Ю. Методика исследования термосопротивления пакетов материалов для теплозащитного снаряжения. Дизайн. Материалы.

Технология. 2020. № 2 (58). С. 110-113.

3.1 Обоснование необходимости разработки измерительного комплекса «БаскАрктик» для измерения термосопротивления пакетов большой толщины при температурном напоре до 75°С

Единственный стандартизированный способ проверить теплозащитные свойства спального мешка – это отдать его на тестирование на манекене. Это дорого и можно выполнить только в зарубежной лаборатории. В России оценку теплозащитных свойств можно сделать в НИИ Медицины труда – это тестирование на человеке, тоже недешевое, выполняется по внутренней Методике (ГОСТа нет). Для целей проектирования теплых изделий был нужен прибор, который позволил бы оперативно в процессе разработки, во-первых, подбирать толщину пакета и степень набивки в зависимости от требуемых теплозащитных свойств (предполагаемого температурного диапазона использования), а во-вторых, проверять готовые изделия, моделируя реальные условия. Чтобы тестировать совсем теплые изделия большой толщины, установка должна обеспечивать создание большого температурного напора, до 75 °С. Измерения термосопротивления при отрицательных температурах позволили бы учесть изменение теплопроводности воздуха с температурой.

Особенностью теплоизолирующих материалов, составляющих наполнитель пакета, является низкая плотность наполняющего материала. Для высококачественного пуха она может составлять 3-4 кг/м³, для сравнения, масса воздуха в этом кубическом метре будет составлять 1,03 кг, что сопоставимо с массой самого материала наполнителя. Основной вклад в тепловую защиту пухового пакета вносит воздух, иммобилизованный структурой наполнителя. При температурном диапазоне эксплуатации таких изделий от комнатной температуры до минус 50 °С теплофизические параметры воздуха, заполняющего объем утеплителя существенно изменяются, что влияет на общую величину термосопротивления.

Коэффициент теплопроводности воздуха зависит от температуры (Рисунок 3.1).

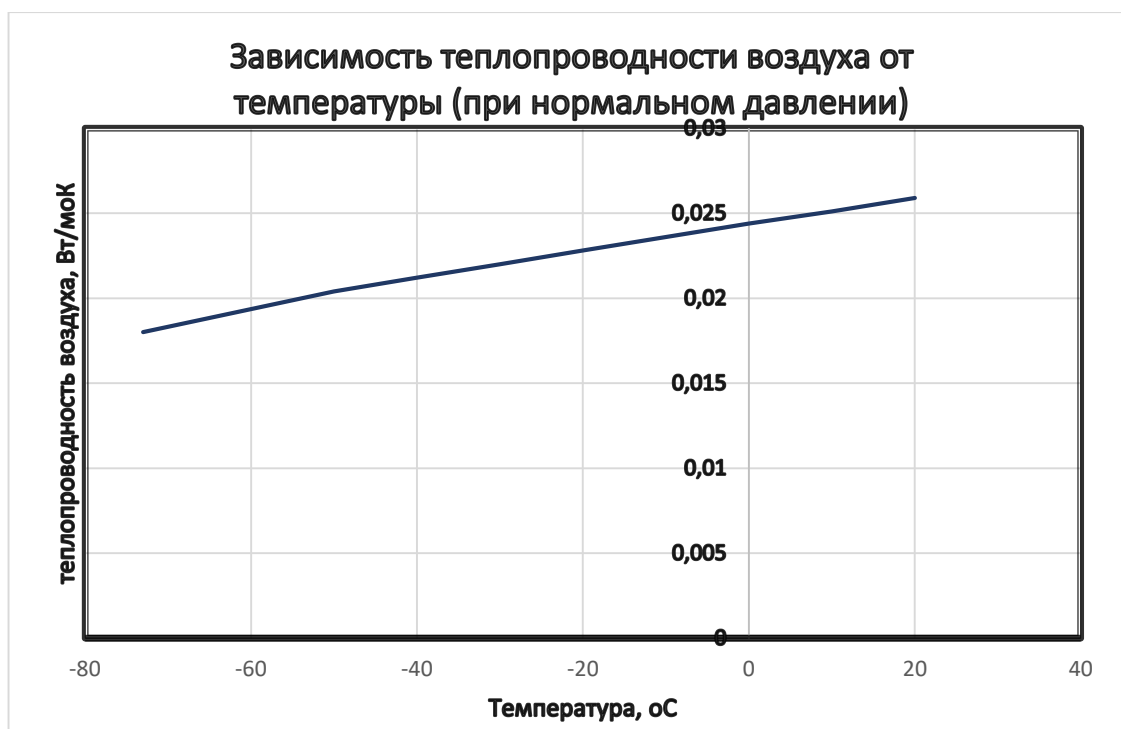


Рисунок 3.1 – Зависимость теплопроводности воздуха от температуры

С понижением температуры теплопроводность воздуха уменьшается, следовательно, увеличиваются его теплозащитные свойства. При понижении температуры от 20 °С до минус 50 °С теплопроводность воздуха уменьшается на 21%. Этот фактор, на наш взгляд, необходимо учитывать при проектировании спальных мешков для обеспечения комфортного сна при низких и сверхнизких температурах.

Таким образом, была насущная проблема в разработке измерительного комплекса, который бы позволял измерять термосопротивление пакетов материалов толщиной до 120 мм при отрицательных температурах при температурном напоре до 75 °С.

Параметры пакетов материалов большой толщины (более 40 мм) сопоставимы с толщиной и термосопротивлением изолирующих материалов, применяемых в строительстве. Теплоизолирующие материалы, применяемые в строительстве в части физических свойств и нормативно-технических требований достаточно сходны с теплоизолирующими текстильными материалами. Поэтому при исследовании и разработке методики измерения

теплового сопротивления мы опираемся на методики определения термосопротивления материалов в текстильной и строительной индустрии [1-4], развивая их с учетом особенностей пакетов с несвязным утеплителем.

3.2 Разработка прибора и методики для измерения термосопротивления пакетов большой толщины при температурном напоре до 75 °С

Для определения сопротивления теплопередачи образцов при отрицательных температурах был разработан измерительный комплекс «БаскАрктик», по техническому заданию ученых Донского Государственного технического университета и изготовленного специалистами ООО НПП «ИНТОР» (Приложение А).

При проведении испытаний на измерительном комплексе «БаскАрктик» плотность теплового потока, проходящего через образец, определяется на основании результатов показателя мощности, поступающей на нагреватель зоны измерения для поддержания заданной температуры.

На Рисунке 3.2 представлен общий вид измерительного комплекса «БаскАрктик» с холодильной камерой.

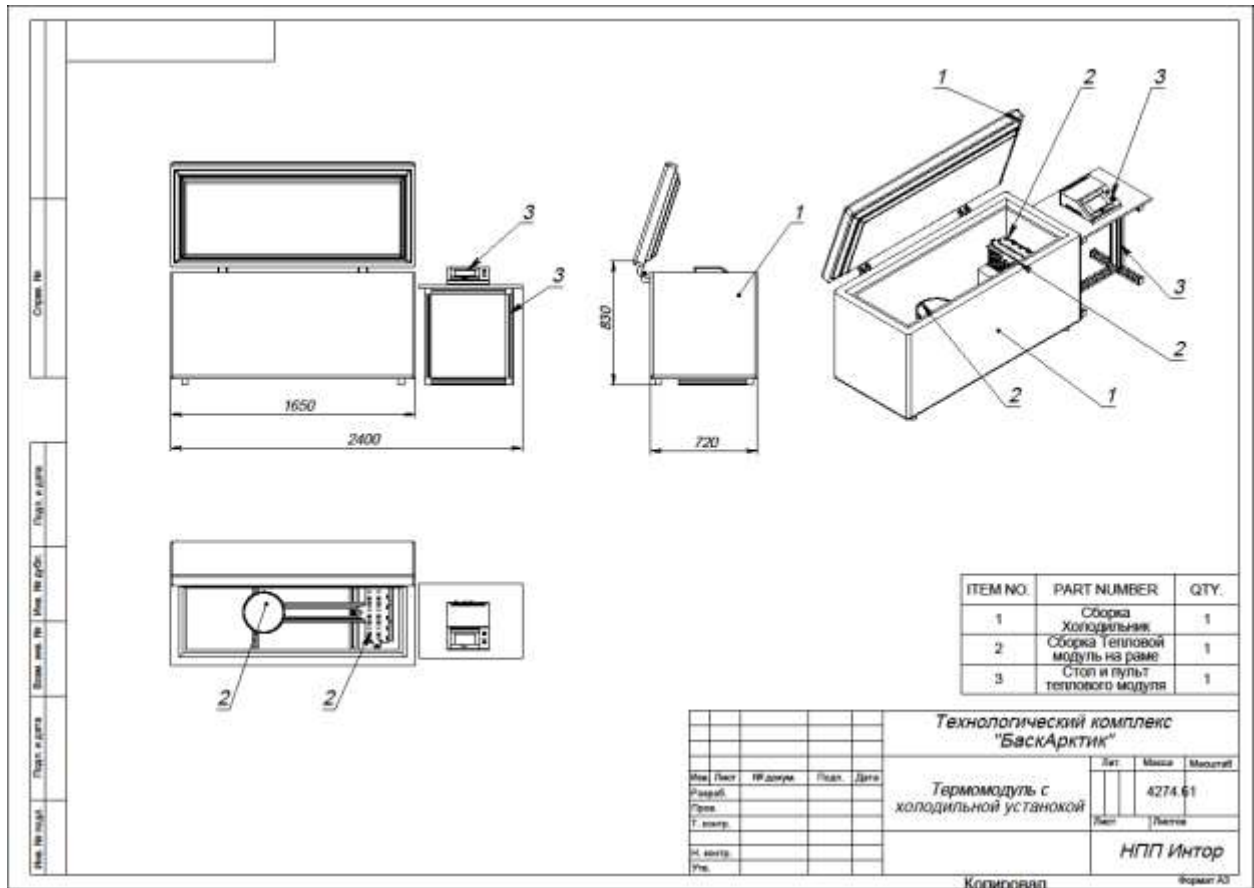


Рисунок 3.2 – Общий вид измерительного комплекса «БаскАрктик»

Измерительная зона или рабочий стол измерительного комплекса «БаскАрктик» представляет собой нагревательный элемент в виде диска, окруженным компенсационным поясом, который поддерживает ту же температуру, что и измерительная зона, что препятствует рассеиванию тепла и поддерживает вертикальный поток от измерительной зоны. Компенсационный пояс окружает теплоизоляционный пояс, который препятствует торцевому рассеиванию тепла (Рисунок 3.3). Измерительная зона – нагревательная пластина – задает при заданной температуре тепловой поток, моделирующий поток тепла с тела человека.

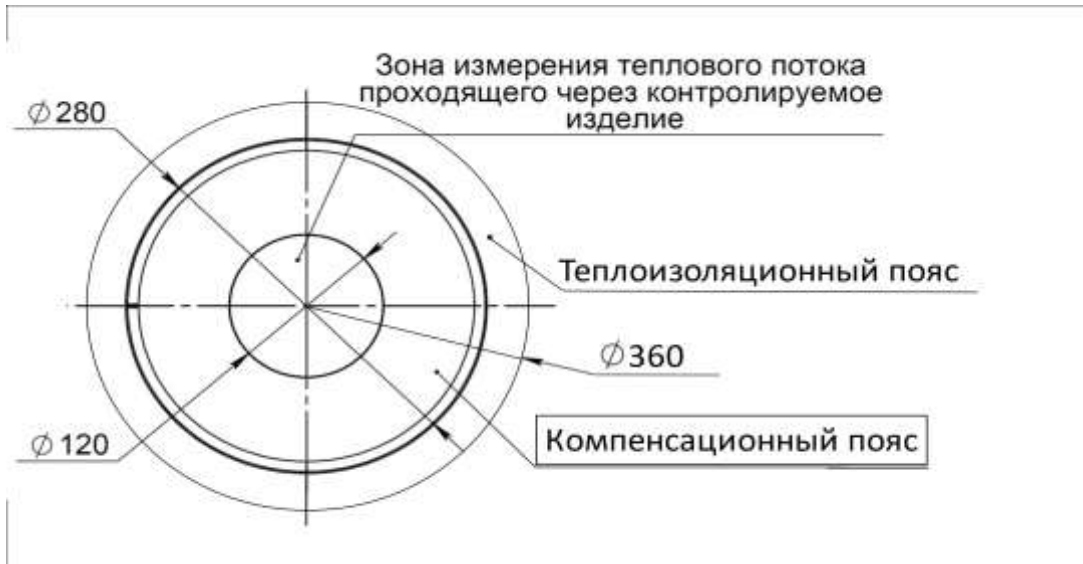


Рисунок 3.3 – Фронтальный вид рабочего стола теплового элемента

На Рисунке 3.4 представлено вертикальное сечение теплового элемента.

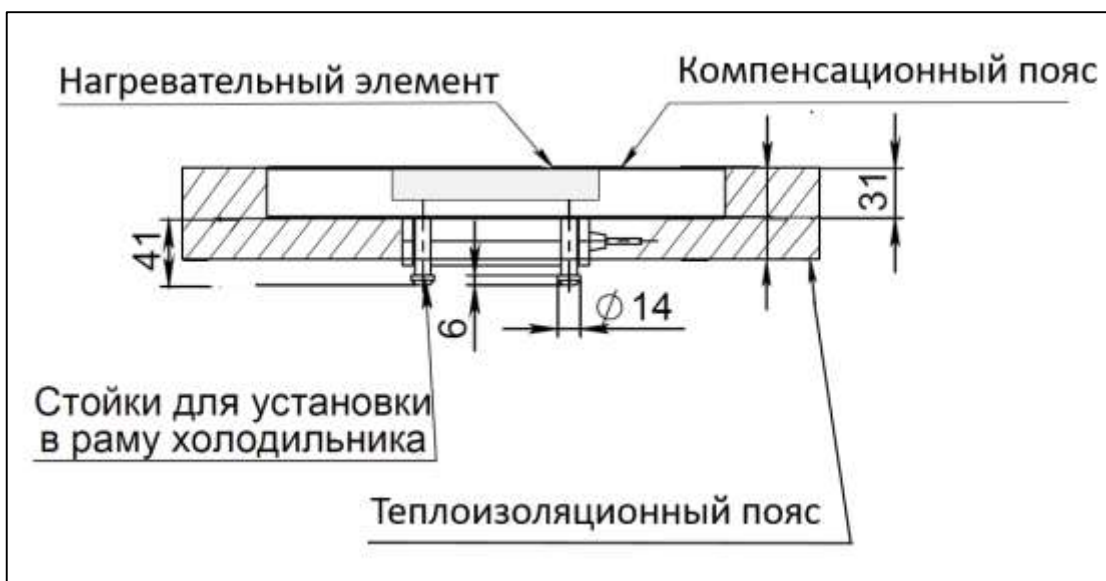


Рисунок 3.4 – Вертикальное сечение рабочего стола, содержащего нагревательный элемент с компенсационным и теплоизолирующим поясами

Нагревательный элемент прибора с горячей охранной зоной создает однонаправленный, постоянный во времени тепловой поток однородной плотности, который проходит через центральную зону измерения, расположенную над нагревательным элементом. Нагревательный элемент окружен снизу и с боков охранной зоной, отделенной от центральной зоны узким зазором. Охранная зона обеспечивает в плоскости нагревательного

элемента такую же температуру, как и на нагревательном элементе, что препятствует рассеиванию потока тепла в испытуемом образце.

Нижняя часть компенсационного пояса, располагающаяся под нагревательным элементом, обеспечивает компенсацию теплового потока с нагревательного элемента вниз. Нижняя часть компенсационного элемента и боковая часть компенсационного элемента электрически развязаны и поддерживают автоматически температуру нагревательного элемента. Снизу и по бокам нагревательный и компенсирующие (боковой и нижний) элементы дополнительно теплоизолированы от пространства холодильной камеры.

На Рисунке 3.5 схематично представлено расположение исследуемого образца на рабочем столе с опущенным на него нагружающим диском, имеющим шток с линейкой.

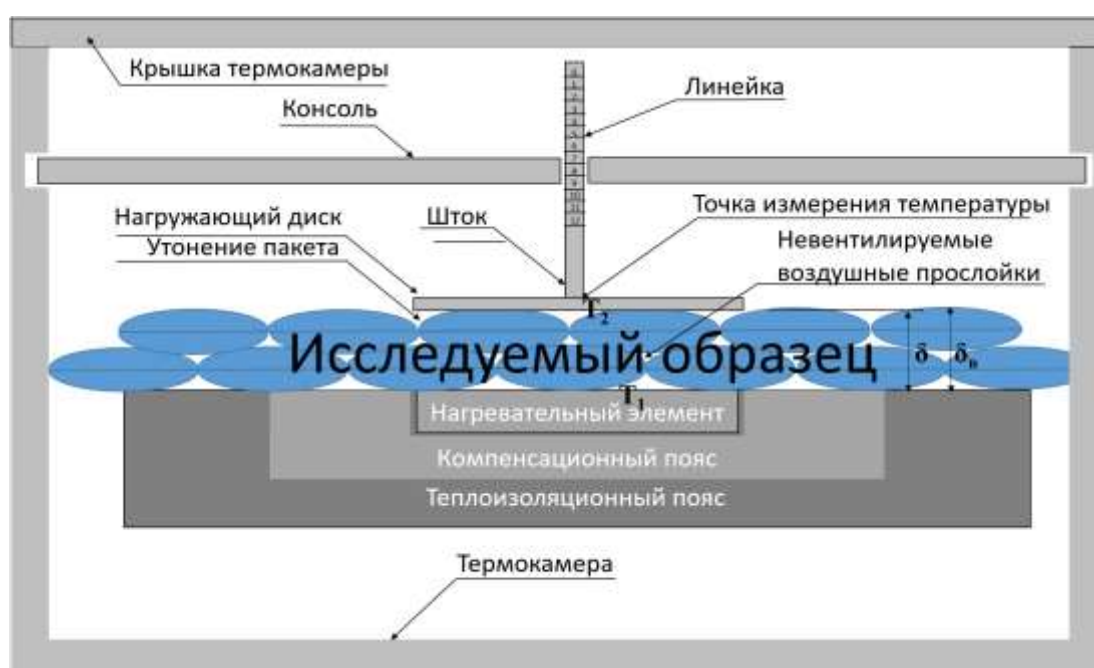


Рисунок 3.5 – Схема расположения испытуемого образца в измерительном комплексе «БаскАрктик»

Если измерения проводят при температуре выше или ниже комнатной, должны быть предусмотрены дополнительная теплоизоляция боковых граней образца и (или) дополнительные охранные зоны.

Диаметр нагружающей пластины равен диаметру нагревательного диска. Плиты холодильников изготовлены из металла, при этом температура рабочей поверхности плит холодильников должна быть постоянной во времени и равномерной.

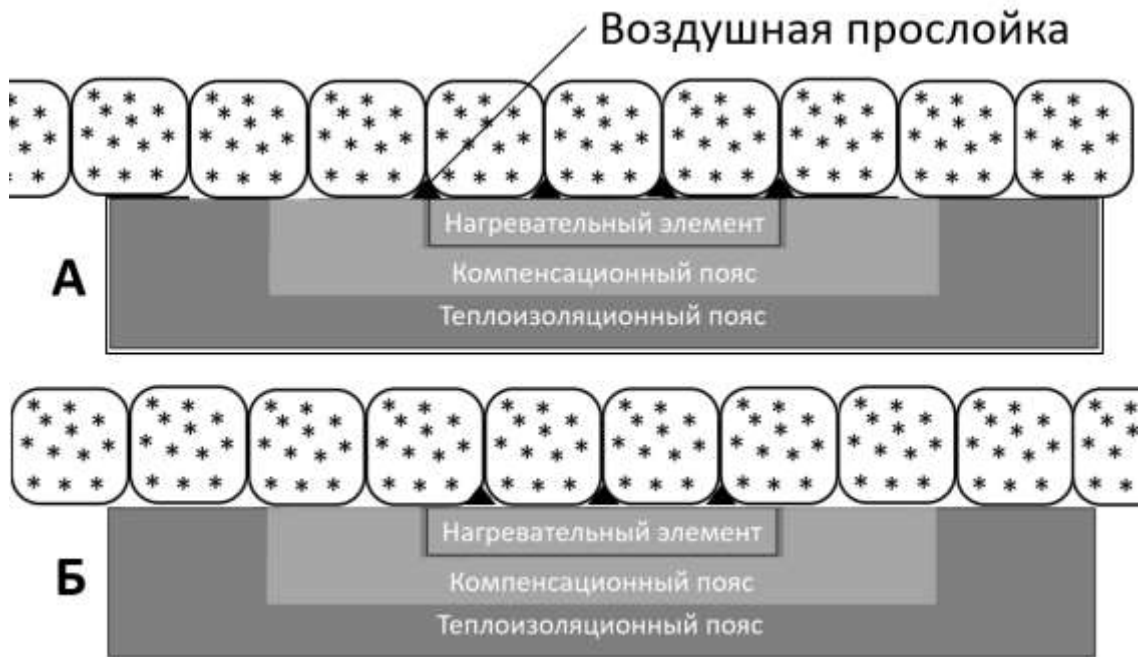
3.3 Погрешности методики и подготовка образцов к измерению

Пакеты с несвязным утеплителем имеют особенности, отличающие их от пакетов с неткаными материалами. Пакеты имеют переменную толщину, неравномерность распределения утеплителя, широкий диапазон устойчивых состояний, характеризуемых толщиной пакета. Пакеты с несвязным утеплителем могут взбиваться, после чего достаточно долгое время могут сохранять свою толщину. Рассмотрим погрешности, связанные с особенностями измеряемой системы и методом измерения.

3.3.1 Статистическая погрешность

Обсудим конструктивные особенности пакетов, которые будут влиять на контактное термическое сопротивление, коэффициент теплопередачи образца и на теплоотдачу в окружающую среду.

Воздушные прослойки. Пакеты при укладывании на плоскость будут иметь воздушные прослойки, количество которых над нагревательным и компенсационным элементами будет зависеть от позиционирования пакета и будет влиять на сопротивление теплопередачи от нагревательного элемента в пакет (Рисунок 3.6).



А – 4 воздушные прослойки над нагревательным элементом;
 Б – 3 воздушные прослойки над нагревательным элементом

Рисунок 3.6 – Возможные варианты позиционирования пакета на рабочем столе измерительного комплекса «БаскАрктик»

Как следует из Рисунка 3.6, показывающем сечение возможного расположения исследуемого пакета на рабочем столе, над нагревательным элементом может располагаться 3 или 4 воздушные прослойки. Вариативность расположения количества воздушных прослоек над нагревательным элементом может также зависеть от ширины отсеков изделия.

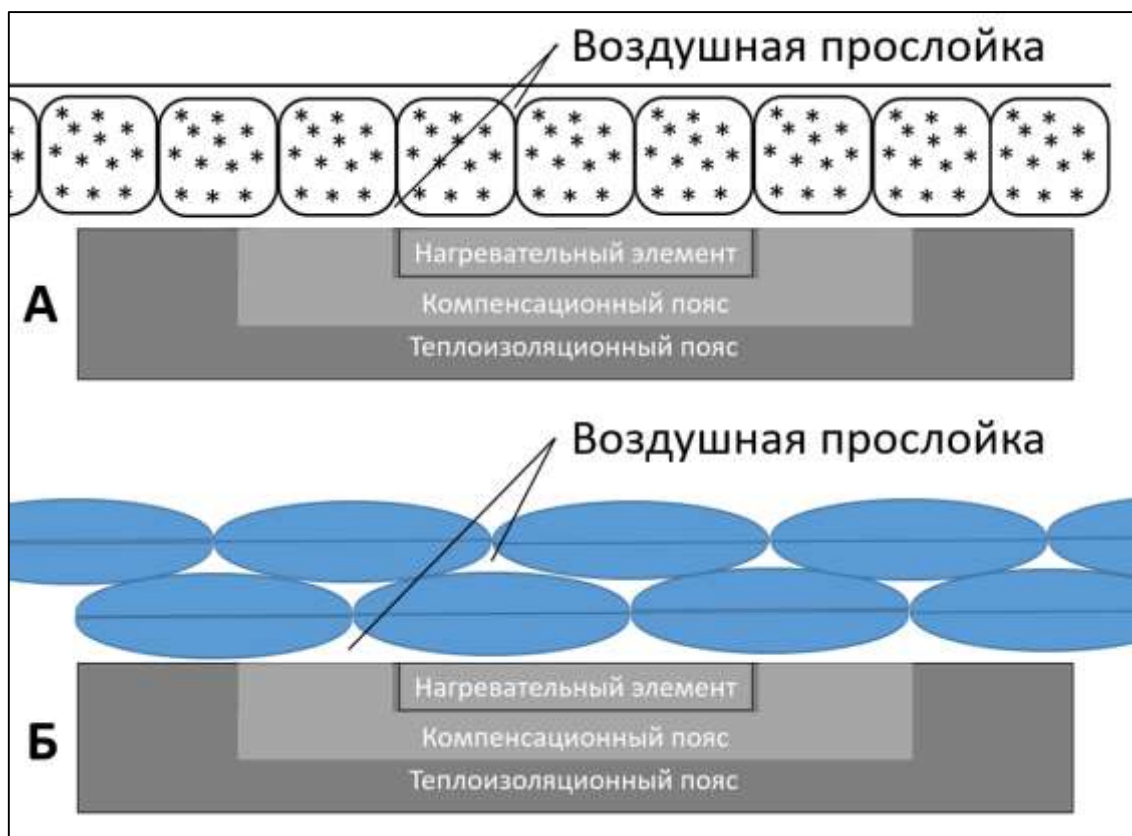
Площадь поперечного сечения воздушной прослойки между нагревателем и образцом может изменяться в зависимости от плотности заполнения отсеков пухом или НКУ. Эти факторы будут влиять на величину сопротивления теплоотдачи от нагревателя в образец.

Кроме того, коэффициент теплопроводности утеплителя значительно меньше коэффициента теплопроводности текстильной переборки, которая соединяет покрывную и подкладочную ткани образца. Коэффициент теплопроводности пуха лежит в диапазоне 0,034-0,048 Вт/(м·°С), в то время как коэффициент теплопроводности полипропилена составляет 0,16-0,2 Вт/(м·°С). Здесь имеется в виду материал, из которого изготавливают нити и затем ткань

переборки. Таким образом, переборка представляется тепловым мостиком, переносящим тепло через образец. Вкладом переборок в теплообмен в настоящей методике мы пренебрегаем, однако о нем необходимо упомянуть.

Четырехслойные пакеты и двухслойные пакеты с переборками и покровной тканью внутри пакета имеют неветилируемые воздушные прослойки, форму и площадь сечения которых предсказать невозможно (Рисунок 3.7).

На Рисунках 3.6 и 3.7 видна выпуклость сечения поверхности отсеков пакета.



- А – неветилируемые воздушные прослойки в двухслойном пакете с переборками и покровной тканью;
 Б - неветилируемые воздушные прослойки в четырехслойном пакете

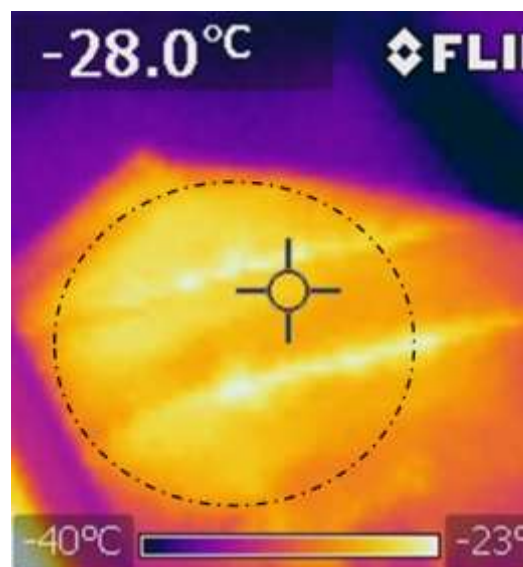
Рисунок 3.7 – Неветилируемые воздушные прослойки в пакетах

Выпуклость отсеков образца. На Рисунке 3.8 представлены изображения четырехслойного пакета, помещенного на нагревательную платформу измерительного комплекса «БаскАрктик», выполненные цифровой

камерой и тепловизором. Пакет, располагающийся на платформе, имеет толщину 49 мм при оказываемом на него давлении 5 Па.



А

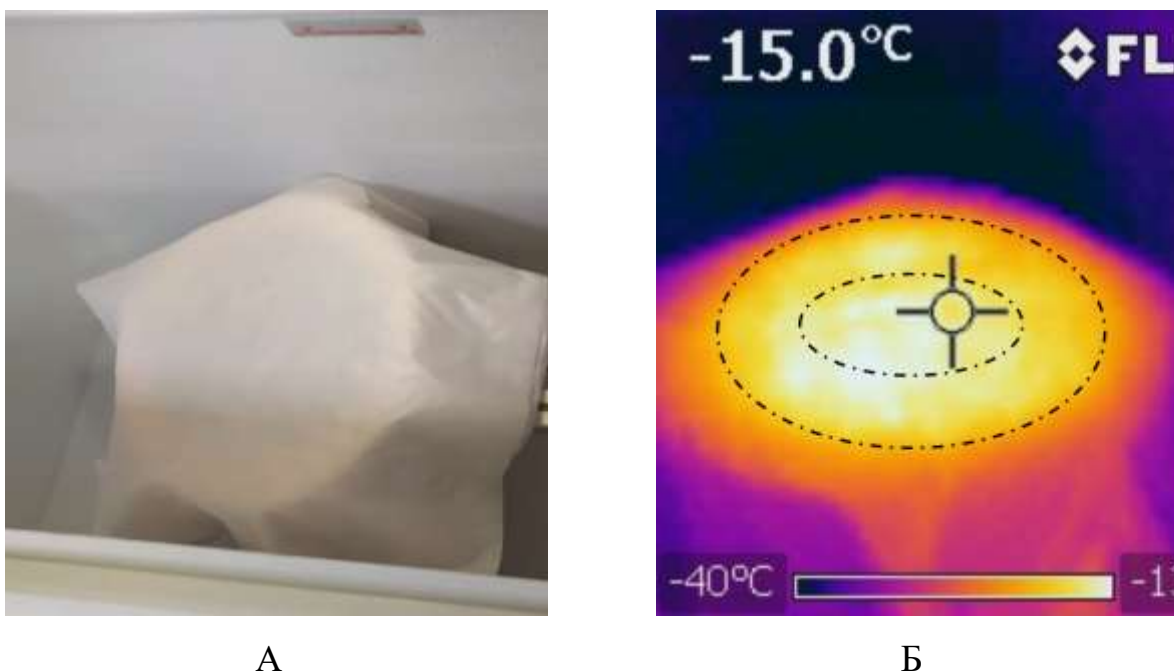


Б

Рисунок 3.8 – Четырехслойный пакет в измерительном комплексе «БаскАрктик», сфотографированный в оптическом (А) и инфракрасном (Б) спектрах

На фотографии (Рисунок 3.8, А) отчетливо видны выпуклые поверхности отсеков. На термографическом снимке в цветовой гамме (рисунок 3.8, Б) штрихпунктирной линией обозначен контур круглого нагревательного и компенсационного элементов. Как видно на термографии, максимальная температура поверхности пакета составляет минус 23 °С, а температура в точке измерения минус 28 °С. Разброс температур соответствует 18 %. Отчетливо видны теплые зоны, находящиеся вдоль стежки отсеков. Погрешность неравномерности температуры на поверхности пакета, обусловленная неровностью его поверхности, относительно температурного напора в 54 °С составляет 9 %.

Неравномерность распределения утеплителя. На Рисунке 3.9, А представлен вид пакета с утеплителем из нетканого полотна холлофайбер. Толщина пакета 20 мм. Как следует из термографии (Рисунок 3.9, Б) поле температур более равномерно распределено по поверхности пакета.



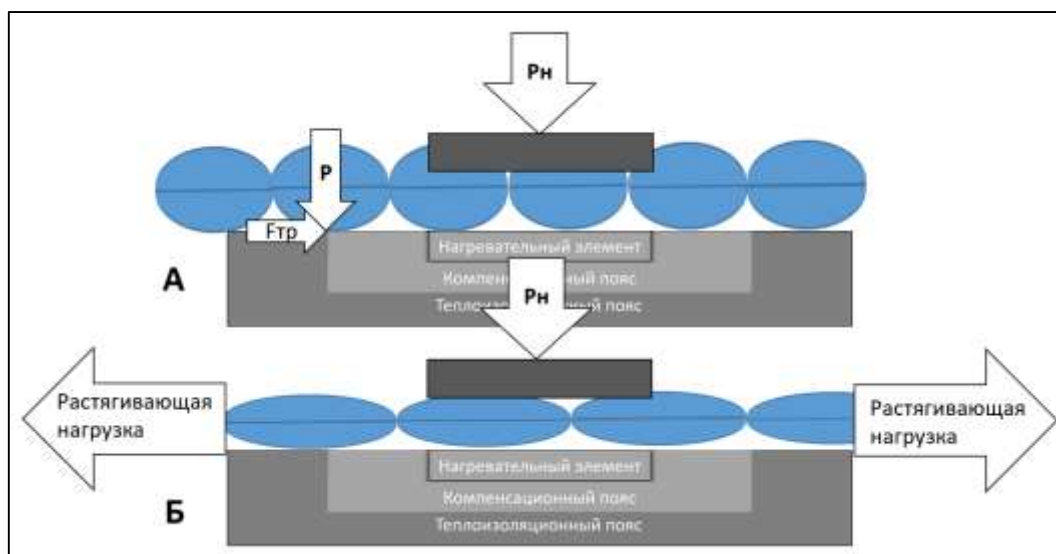
А – фотография пакета; Б – термография пакета.

Рисунок 3.9 – Пакет, состоящий из Шелтера, покровной и подкладочной тканей, толщиной 20 мм в измерительном комплексе «БаскАрктик»

На термографии пунктирными линиями обозначены контур нагревательного элемента и компенсационного кольца. Максимальная температура поверхности в зоне нагревателя составляет минус 13 °С, а минимальная минус 15 °С. Отличие составляет 13 %. Погрешность неравномерности температуры на поверхности пакета с наполнителем холлофайбер относительно температурного напора в 44 °С составляет 4,5 %. Такое отличие возможно обусловлено неравномерностью распределения плотности после деформирования пакета.

Толщина пакетов с несвязным утеплителем. Пакет, заполненный несвязным утеплителем, имеет достаточно стабильную толщину в широком диапазоне толщин. Это обусловлено внутренним трением утеплителя. Внутреннее трение определяет такое свойство пакетов, как взбиваемость. Пакет может быть взбитым, после чего иметь стабильную толщину, которая изменяется только после прикладывания к пакету различных нагрузок: сверху или растягивающей утоняющей пакет. При этом утонению пакета от

нагружающего диска будет препятствовать трение пакета о рабочий стол,
Рисунок 3.10.



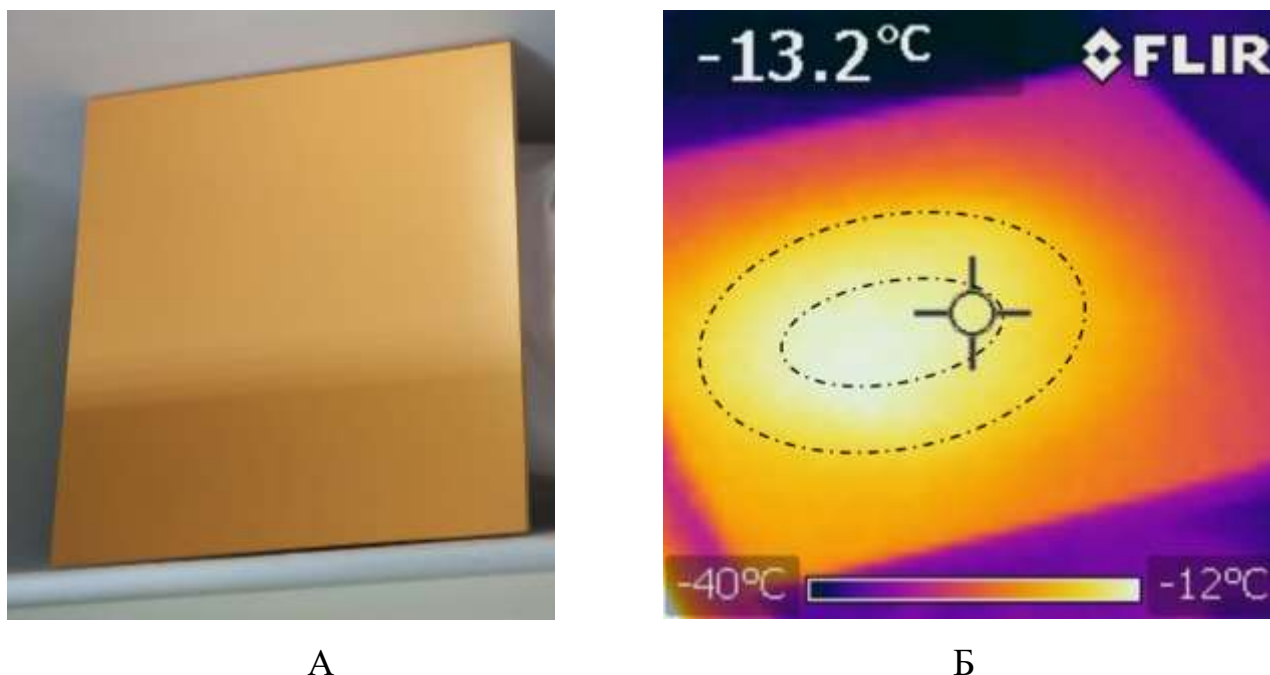
А - взбитый придавленный нагружающим диском пакет;
Б – растянутый и придавленный нагружающим диском пакет.
Рисунок 3.10 – Состояния толщины пакета

Для того, чтобы установить толщину пакетов в измерительном комплексе «БаскАрктик», необходимо сначала приложить к пакету растягивающую нагрузку, перпендикулярно к линиям простегивания (настрачивания переборок) отсеков, затем снять нагрузку, чтобы пакет за счет упругости пуха сократился, после этого опускать прижимающий диск.

Согласно исследованиям [137], рекомендуемая нагрузка на пакет должна быть 56 Па.

3.3.2 Систематическая погрешность измерений

На Рисунке 3.11 изображены фотография и термография пеноплекса с однородной изотропной структурой, толщиной 40 мм, расположенного на нагревательной платформе.



А – фотография; Б - термография листа пеноплекса
 Рисунок 3.11 – Пеноплекс толщиной 40 мм в измерительном комплексе
 «БаскАрктик»

На термограмме видно, что максимальная температура составляет минус 12 °С, а минимальная составляет минус 13,2 °С. Отличие значений минимальной и максимальной температур в поле нагревателя составляет 1,2 °С, что соответствует 9 %. Погрешность неравномерности температуры на поверхности пеноплекса относительно температурного напора в 43 °С составляет 2,5 %.

Отличие погрешностей относительно температурного напора можно объяснить конструкционными отличиями образцов и различными структурными свойствами теплоизоляционного материала. Пеноплекс – наиболее изотропный материал из исследованных.

На Рисунке 3.12 схематически представлены распространение потока тепла и линия изотермы в образцах различной толщины, расположенных на рабочем столе.

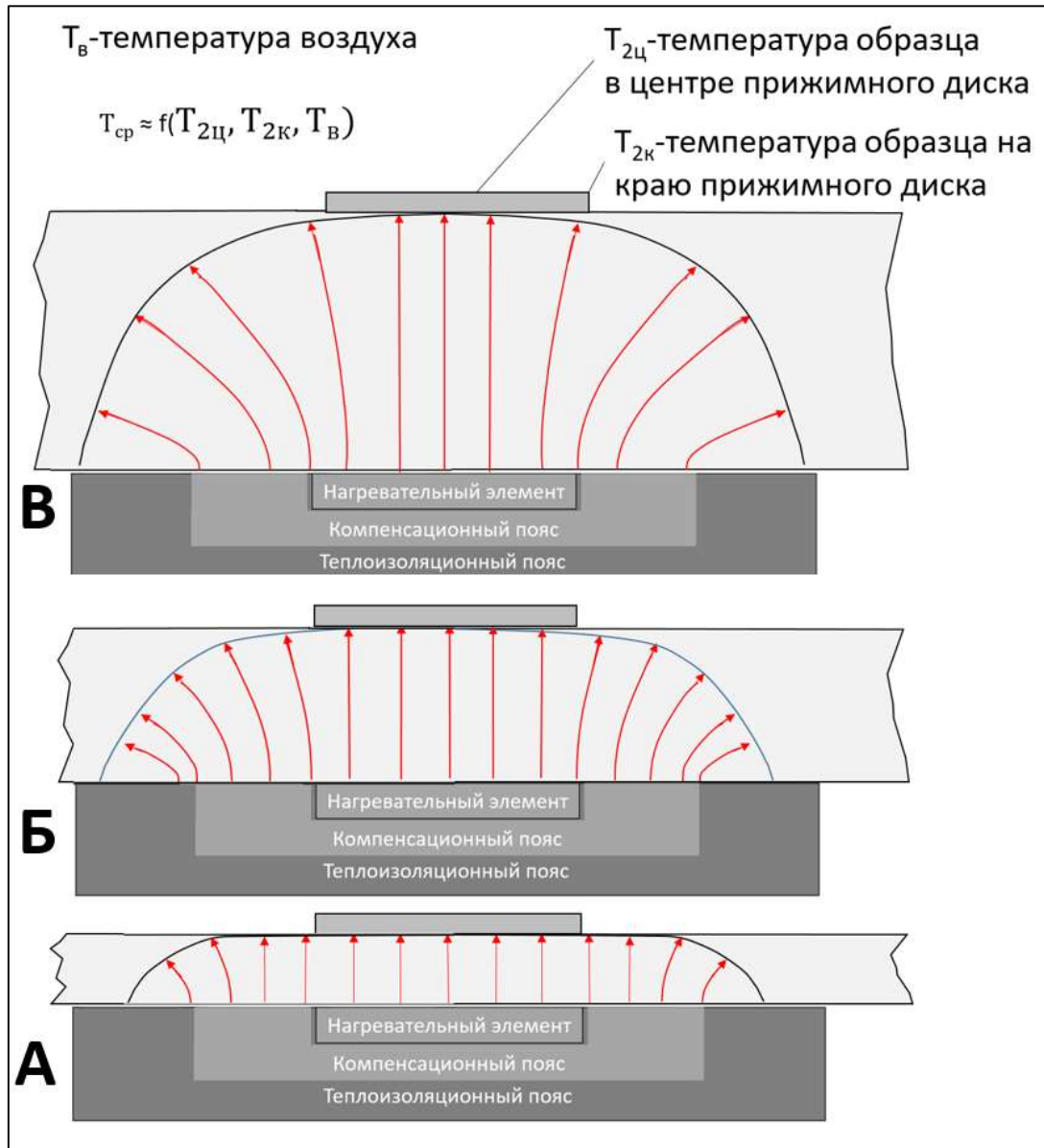


Рисунок 3.12 – Принципиальное расположение линии изотермы и направлений потоков тепла в образцах различной толщины

При больших толщинах образца начинает сказываться рассеивание потока в верхней части пакета, которое не будет компенсироваться тепловым потоком с охранного компенсационного кольца. Средняя температура прижимного диска будет определяться температурой направляемого на него потока холодного воздуха, температурой верхней стороны пакета по центру и по краю прижимного диска.

Учет перечисленных погрешностей требует калибровки.

В Таблице 3.1 представлены данные по калибровочным измерениям на приборе «БаскАрктик», проведенные с использованием материала пеноплекс, плотностью 23,8 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,03$ Вт/(м °С).

Таблица 3.1 – Результаты калибровочного испытания прибора «БаскАрктик»

Толщина пакета, δ , мм	Термосопротивление пакета расчетное, R_p , °С м ² /Вт	Термосопротивление пакета измеренное, $R_{\text{э}}$, °С м ² /Вт
20	0,867	0,88201
40	1,385	1,38381
60	1,929	1,89140
80	2,517	2,29863
100	3,119	2,53602
120	3,700	2,74060
140	4,333	2,95676

При толщинах свыше 80 мм погрешность метода возрастает в силу рассеивания теплового потока с компенсационного кольца. На рисунке 3.13 представлен график изменения точности измерения термосопротивления в зависимости от толщины пакета. На Рисунке 3.13 представлено отличие термосопротивления расчетного, R_p , и экспериментально измеренного на комплексе «БаскАрктик», $R_{\text{э}}$, м²°С/Вт.

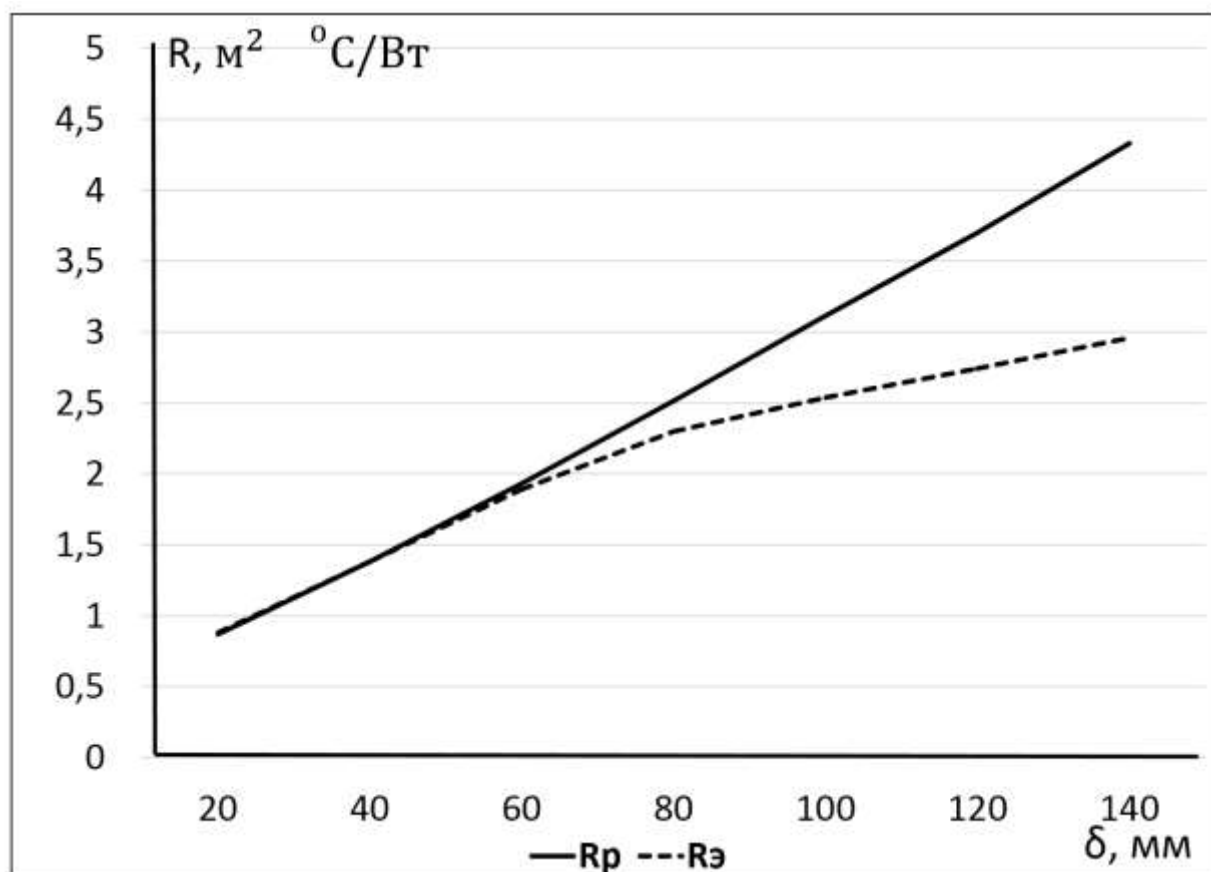


Рисунок 3.13 – Погрешность метода измерения термосопротивления

Увеличенная погрешность, при толщинах более 80 мм устраняется алгоритмически с помощью поправочных коэффициентов. Увеличение нагревательного диска и компенсирующего нагревательного кольца для снижения краевых эффектов невозможно в силу конструктивных особенностей холодильной камеры.

На Рисунке 3.14 представлена зависимость теплового потока, получаемого на нагревательном элементе при температуре на элементе плюс 35°C , температуре окружающего воздуха в термокамере минус 39°C в зависимости от толщины изолирующего пакета из пеноплекса.

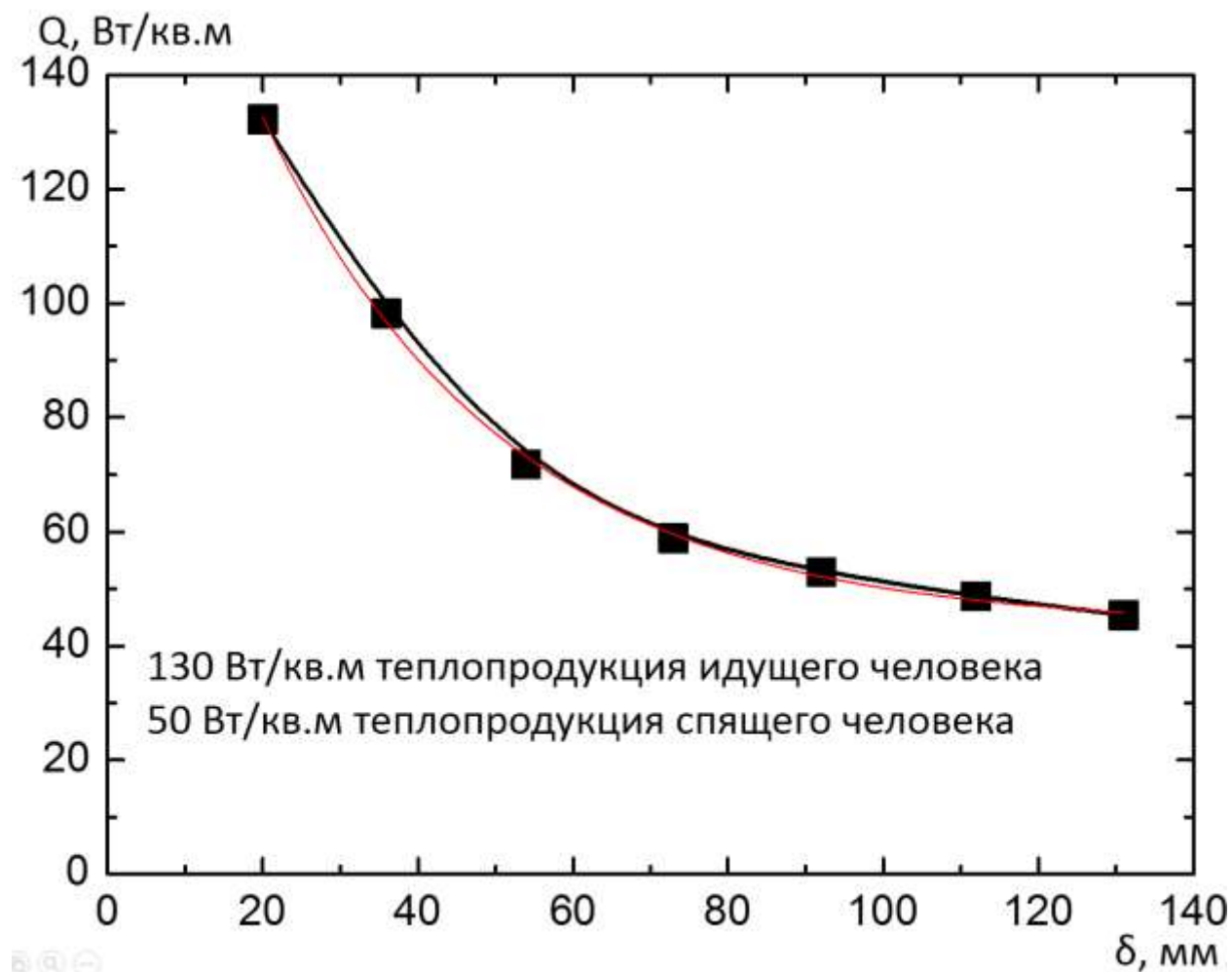


Рисунок 3.14 – Зависимость мощности на нагревательном элементе в зависимости от толщины исследуемого пакета на тестовом испытании

Мощность нагревательного элемента подобрана таким образом, чтобы моделировать тепловой обмен между человеком и окружающей средой в реальных условиях эксплуатации одежды. То есть пакет одежды в 20 мм вполне защищает идущего человека. Пакет спального мешка при толщине 120 мм позволяет человеку спать при температуре минус 39 °С.

Заключение. В результате калибровки прибора и исследований различных материалов установлено, что прибор имеет удовлетворительную погрешность до толщины пакетов 70 мм, далее приборная погрешность устраняется коэффициентами, учитывающими рассеивание тепла по пространству пакета.

Исследование пакетов с НКУ будет связано с возникновением погрешности, определяемой положением пакета на нагревающем диске,

ровностью пакета, равномерностью распределения утеплителя по толщине пакета.

Погрешность температурного поля поверхности испытуемого образца составляет для пакетов с НКУ до 10 %, а для пеноплекса до 2,5 % относительно величины температурного напора между нагревательным элементом и окружающей средой. В Приложении Б представлен порядок работы на комплексе «БаскАрктик».

3.4 Сравнение стандартных методик измерения термосопротивления с методикой измерения на измерительном комплексе «БаскАрктик»

Показатели, характеризующие процесс теплопереноса через объемные нетканые материалы, могут быть определены различными стандартизованными методами, выбор которых зависит от характеристик образцов. Как правило, это образцы, обладающие плоскими фронтальными поверхностями, ограниченными боковыми стенками прибора размерами образцов толщиной не более 0,06 м. Однако существующие методы невозможно применить для исследования пакетов материалов для одежды и спальных мешков, предназначенных для пребывания человека в условиях сверх низких температур – до минус 50 °С. Эти пакеты обладают очень большой толщиной (до 120 мм), их термосопротивление может составлять до 2,5 - 3 м²°С/Вт. Габаритные размеры рабочих зон существующих приборов не позволяют выполнить такие измерения. Кроме того, эти пакеты, будучи выполненными с применением несвязных утеплителей, конструкционно анизотропны, не имеют плоскопараллельных фронтальных поверхностей и не являются однородными по структуре. В силу кажущейся вязкости утеплителя один и тот же пакет может иметь несколько стабилизированных толщин, которые могут изменяться в большую или меньшую сторону в зависимости от приложенного воздействия

[137, 64, 65]. Толщина таких пакетов из-за большой мягкости образцов должна измеряться при меньших давлениях [137], чем предусмотрено стандартом [76].

За рубежом для исследования тепловой защиты спального мешка применяют обновленный в 2018 году стандарт [138], который предполагает использование термоманекена с зонированным температурным полем, размещенного в спальном мешке. Для исследования одежды в РФ применяют ГОСТ Р 12.4.185-99 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. Методы определения теплоизоляции комплекта» [81]. Технические возможности применения этого стандарта не позволяют проводить испытания при минус 40 °С. Существующие стандарты и методики определения термосопротивления текстильных материалов рассчитаны на исследование при температурных напорах, не превышающих 20-30 °С. При испытании пакетов большой толщины (до 120 мм) существенную роль будут играть процессы рассеивания тепла. При этом значения коэффициента теплопроводности пакетов материалов, насыщенных воздухом, зависят от температуры: чем ниже температура, тем меньше коэффициент теплопроводности.

Разработанная методика предполагает измерение сопротивления теплопередаче готовых предметов одежды и снаряжения в локальных зонах изделий, наиболее характеризующих их тепловую защиту, с применением измерительного комплекса «БаскАрктик». Методика предназначена для определения термосопротивлений пакетов изделий при реальных температурных напорах, при которых происходит деятельность человека в условиях низких температур. Если средневзвешенная температура кожи находится в диапазоне 30-35 °С, а температура окружающего воздуха составляет минус 40 °С, то температурный напор составит до 75 °С.

При температурном диапазоне эксплуатации спального мешка теплофизические параметры воздуха существенно изменяются. Массовое соотношение воздуха и, собственно, материала - пуха, составляющих

исследуемый утеплитель, значительно отличаются от большого количества утеплителей в меньшую сторону.

Известно, что коэффициент теплопроводности воздуха в исследуемом диапазоне температур (от плюс 35 до минус 50 °С) уменьшается на 25 % при увеличении плотности воздуха на 30 % [90], что приводит к существенному изменению соотношений теплофизических параметров – плотности и теплопроводности компонент, составляющих утеплитель. Такое изменение параметров воздуха влияет на параметры утепляющих материалов, которые содержат в себе воздух. Таким образом, объект измерения в данной методике отличается от объектов измерений теплофизических величин, определяемых стандартами [8-11], применяемыми в легкой промышленности и строительной индустрии. Современные стандарты не определяют требования к использованию конкретного прибора, а задают условия, при которых должны производиться измерения.

В [79] измерение теплофизических характеристик проводится для значительных по размеру элементов строительных конструкций, которые в 4 раза превышают толщину и имеют размер не менее 1500 и 1000 мм. Измерения проводятся в условиях эксплуатации, то есть при температурных напорах, соответствующих условиям эксплуатации. Испытания проводятся на неоднородных образцах, а также на готовых строительных конструкциях. Для измерения теплофизических характеристик используется тепломер, закрепленный на конструкции, либо измеряют показатели температур внутренней и наружной поверхностей с последующим определением эквивалентного термосопротивления. Отличие условий измерения теплофизических характеристик образцов заключается в том, что в стандарте [79] образец окружен воздушной средой с фронтальных сторон, а при измерении на «БаскАрктик» одна из сторон контактирует с нагревательным элементом. Совпадают методики в том, что в обоих случаях образцы могут быть неоднородными, различных размеров, и испытания проводятся в условиях, приближенных к условиям эксплуатации.

Изменение параметров в широких пределах требует уточнения теплофизических характеристик пакета, используемого в условиях таких температур. В Таблице 3.2 представлены особенности образцов и условий измерения теплофизических характеристик методами, описанными выше.

Таблица 3.2 – Особенности образцов и условий измерений различными методами

Наименование методики	Особенности образца			
	Размер, мм×мм	Максимальная толщина, мм	Форма	Дефекты структуры
ГОСТ 20489-75 [8]	360×500	Ориентировочно до 30*	Прямоугольная	нет
ГОСТ Р ИСО 11092-2012 [9]	200×200	Ориентировочно до 30*	Квадратная	нет
ГОСТ 31925-2011 (EN 12667:2001) [10]	До 100×100	До 150	Квадратная	нет
ГОСТ Р 54853-2011/EN ISO 9869:1994 [11]	1500×1000	Минимум в четыре раза меньше размера образца	Прямоугольная	есть
Измерительный комплекс «БаскАрктик»	Не менее 600х600	До 120*	Произвольная	есть

* - указывается приведенная толщина, измеренная при стандартизированном давлении

В Таблице 3.3 представлены конструктивные особенности обеспечения стационарного теплообмена в перечисленных методах.

Таблица 3.3 – Особенности методов измерения теплофизических параметров

Наименование методики	Особенности обеспечения стационарности режима теплообмена					
	Компенсационный пояс	Способ передачи тепла на испытуемый образец	T ₁ , °C	T ₂ , °C	(T ₁ - T ₂), °C	Режим
ГОСТ 20489-75 [8]	-	Контактный	18-25	63-80	44-55	Нестационарный
ГОСТ Р ИСО 11092-2012 [9]	+	Контактный	25-60	5-25	15	Стационарный
ГОСТ 31925-2011 (EN 12667:2001) [10]	+	Контактный	20	35	35	Стационарный

Наименование методики	Особенности обеспечения стационарности режима теплообмена					
	Компенсационный пояс	Способ передачи тепла на испытуемый образец	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$(T_1 - T_2), ^\circ\text{C}$	Режим
ГОСТ Р 54853-2011/EN ISO 9869:1994 [11]	-	Воздушно-конвективный	20	-20- -40	40-60	Стационарный
Измерительный комплекс «БаскАрктик»	+	Контактный	34-36	-30 -40	70	Стационарный
Примечание – T_1 – температура нагревательного элемента, $^\circ\text{C}$; T_2 – температура холодильника или окружающей среды, $^\circ\text{C}$						

Обсуждаемые в разделе 3.4. сравнительные характеристики и возможности различных методов измерения термосопротивлений позволяют сделать вывод о том, что разработанный прибор может позиционироваться как прибор, позволяющий измерять локальные термосопротивления готовых изделий в условиях, приближенных к экстремальным.

3.5 Определение термосопротивления пакетов, заполненных несвязными композиционными утеплителями

Исследование поставлено с целью определения термического сопротивления пакетов заполненных НКУ на измерительном комплексе «БаскАрктик и последующего сравнения с результатами, полученными при измерении по ГОСТ 20489-75 [139].

Для эксперимента были изготовлены 4 квадратных пакета размером $37 \times 36,5 \times 3$ см, которые были заполнены одинаковым количеством наполнителя по 14,55 г, и 4 квадратных пакета размером $37 \times 36,5 \times 5$ см, которые были заполнены одинаковым количеством наполнителя по 24,1 г (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Примеры экспериментальных пакетов, заполненных НКУ

№ пакета	Компоненты		Соотношение %		Толщина пакета, мм	Количество пуха
			пух/компонента,			
1.1	Пух	-	100	0	59	14,55
1.2	Пух	Шерсть	70	30	59	14,55
1.3	Пух	Полипропилен	70	30	50	14,55
1.4	Пух	Полиэстер	70	30	51	14,55
2.1	Пух	-	100	0	49	24,1
2.2	Пух	Шерсть	70	30	47	24,1
2.3	Пух	Полипропилен	70	30	41	24,1
2.4	Пух	Полиэстер	70	30	37	24,1
3.1	Пух утка	-	100		65	32

Перед определением термосопротивления в измерительном комплексе «БаскАрктик» пакеты взбивались, определялась их толщина под давлением 60 Па. Величины толщин пакетов представлены в Таблице 3.4.

Пакеты поочередно размещались на нагревательном диске в измерительном комплексе «БаскАрктик». В Таблице 3.5 представлены результаты измерения термосопротивления.

Таблица 3.5 - Результаты измерения термосопротивления пакетов с НКУ

№ пакета	Температура нагревателя	Температура термокамеры	Толщина	Термосопротивление пакета
	T, °C	T, °C		R, °C·м ² /Вт
1.1	31,00	-38,20	59	1,386
1.2	31,00	-38,80	59	1,365
1.3	31,00	-38,30	50	1,291
1.4	31,00	-38,60	51	1,401
2.1	31,00	-38,70	49	1,457
2.2	31,00	-39,57	47	1,187
2.3	31,01	-38,04	41	1,162

2.4	30,99	-38,88	37	1,170
3.1	31,00	-38,80	65	1,808

На Рисунке 3.15 представлена зависимость термосопротивления образцов в зависимости от толщины пакета.

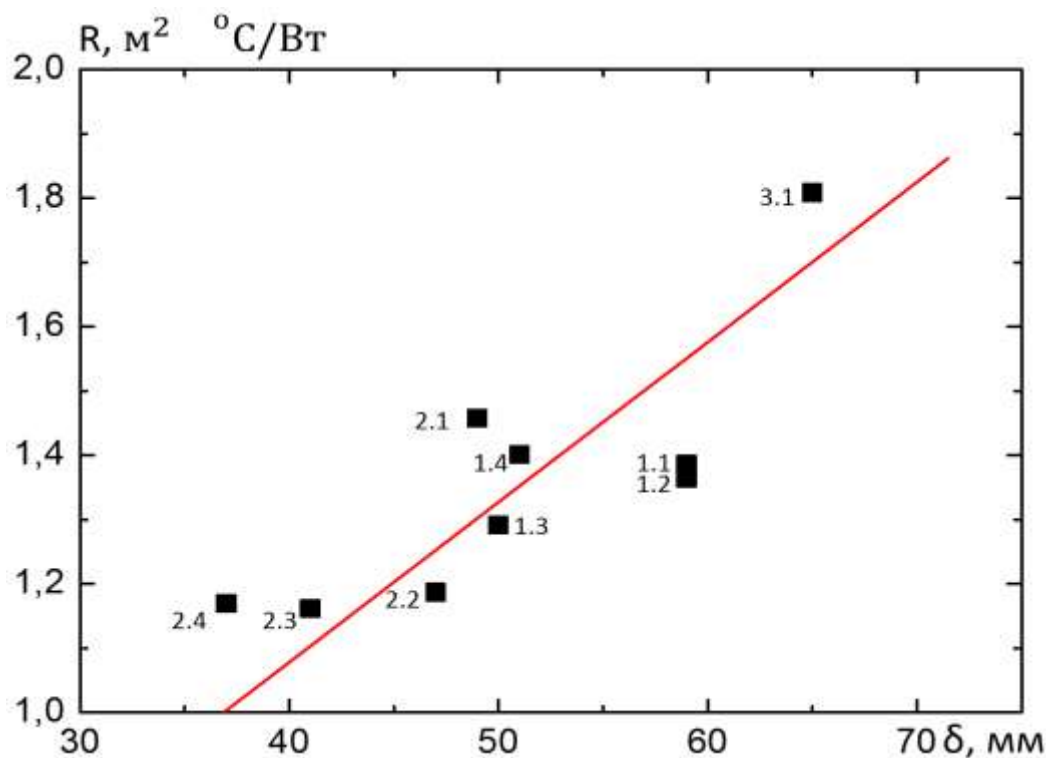


Рисунок 3.15 – Зависимость термосопротивления от толщины пакетов, заполненных различными видами несвязного утеплителя

Как следует из Рисунка 3.15 среди пакетов с расчетной толщиной 30 мм наибольшее термосопротивление имеет пакет № 2.1, заполненный гусиным пухом. Среди пакетов с расчетной толщиной 50 мм наибольшее термосопротивление имеет пакет № 1.4, заполненный НКУ пух/полиэстер. Наибольшее термосопротивление демонстрирует пакет № 3.1, заполненный утиным пухом, но имеющий наибольшую толщину. Из анализа графика следует, что в среднем доминирующим фактором, определяющим термосопротивление, является толщина пакета.

3.6 Сравнительные исследования термосопротивления пакетов с пуховыми утеплителями

Для сравнения методик определения термосопротивления нами были проведены исследования, направленные на изучение зависимости термосопротивления пакетов различных конструкций от толщины, в том числе с учетом результатов, полученных ранее [135] (Рисунок 3.16). Конструкции и основные параметры изготовленных для этой цели пакетов представлены в Приложении В.

Испытания проводились согласно ГОСТ 20489-75: при температуре воздуха 18-25 °С и при фиксированном диапазоне температурного напора от 45 до 55 °С, по времени остывания пластины в этом диапазоне.

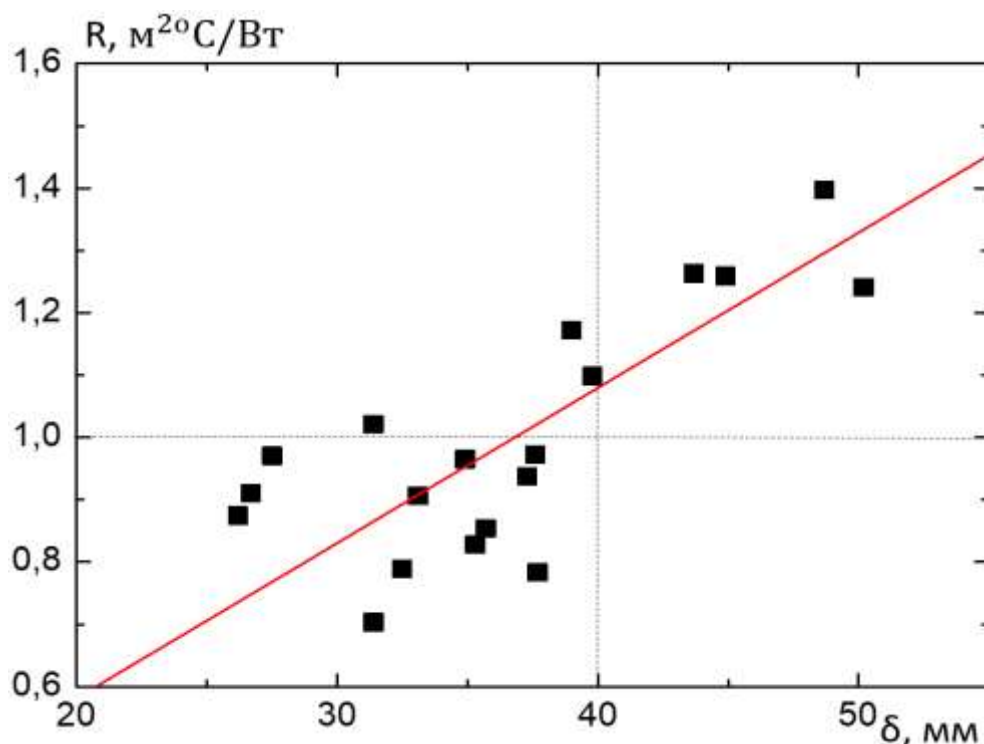


Рисунок 3.16 – График зависимости термосопротивления пакетов различных конструкций от толщины пуховых пакетов, выполненных по методике, изложенной в ГОСТ 20489-75 [75]

Для сравнения результатов, полученных по разным методикам, на Рисунке 3.18 представлены совмещенные графики 3.15 и 3.16 [139].

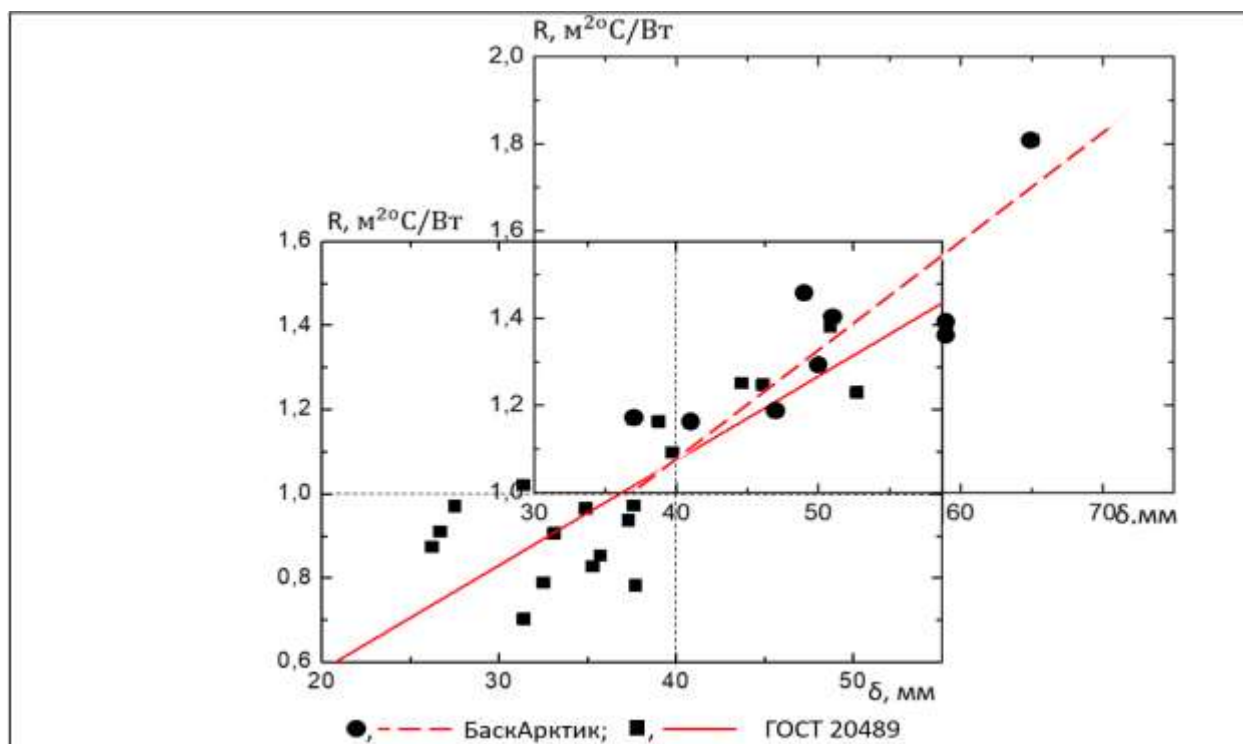


Рисунок 3.17 - Совмещенные графики Рисунка 3.16 и Рисунка 3.17

Полученные результаты согласуются с построенным аналогичным образом графиком изменения термосопротивления пакетов различных конструкций (Рисунок 3.15). Средние величины термосопротивления для соответствующих толщин при измерении по разработанной методике несколько выше, чем измеренные по стандартной методике. Это объясняется тем, что предлагаемая методика учитывает снижение коэффициента теплопроводности воздуха при отрицательных температурах.

Более крутое увеличение термосопротивления в зависимости от толщины пакета на «Баск-Арктик» можно объяснить учетом изменения термосопротивления воздушной составляющей от температуры.

Для тестирования спальных мешков метод определения термосопротивления по методике, изложенной в ГОСТ 20489-75 [75] не подходит. Во-первых, все измерения проводятся при средней температуре внутри тестируемого образца 35 °С, во-вторых, пуховые спальники, рассчитанные на отрицательные температуры, имеют большие толщины (до 150

мм) и померить их термосопротивление по этой методике не представляется возможным.

Измерительный комплекс «БаскАрктик» имеет ряд преимуществ для измерения пакетов большой толщины. Он позволяет моделировать реальные условия: измерения производятся при отрицательных температурах до минус 40 °С, т.е. практически при температуре предполагаемого использования. Этот факт позволяет обеспечить температурный напор до 75 °С и расширить диапазон измерений термосопротивления до 3 - 3,5 м²*°С/Вт.

В ходе работы на измерительном комплексе «БаскАрктик» было проведено тестирование нескольких моделей спальных мешков производства ООО БАСК различной толщины более 40 мм (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Зависимость термосопротивления от толщины на примере тестирования спальных мешков на измерительном комплексе «БаскАрктик»

Спальный мешок	Толщина, мм	Термосопротивление, м ² °С/Вт
Модель 1	42	0,9
Модель 2	52	1,131
Модель 3	68	1,37
Модель 4	70	1,452
Модель 5	90	2,17
Модель 6	96	2,33
Модель 7	120	2,6
Модель 8	133	3,1

На Рисунке 3.18 на основе измерений, выполненных на измерительном комплексе «БаскАрктик», представлена зависимость показателей термосопротивления образцов спальных мешков от толщины пакета.

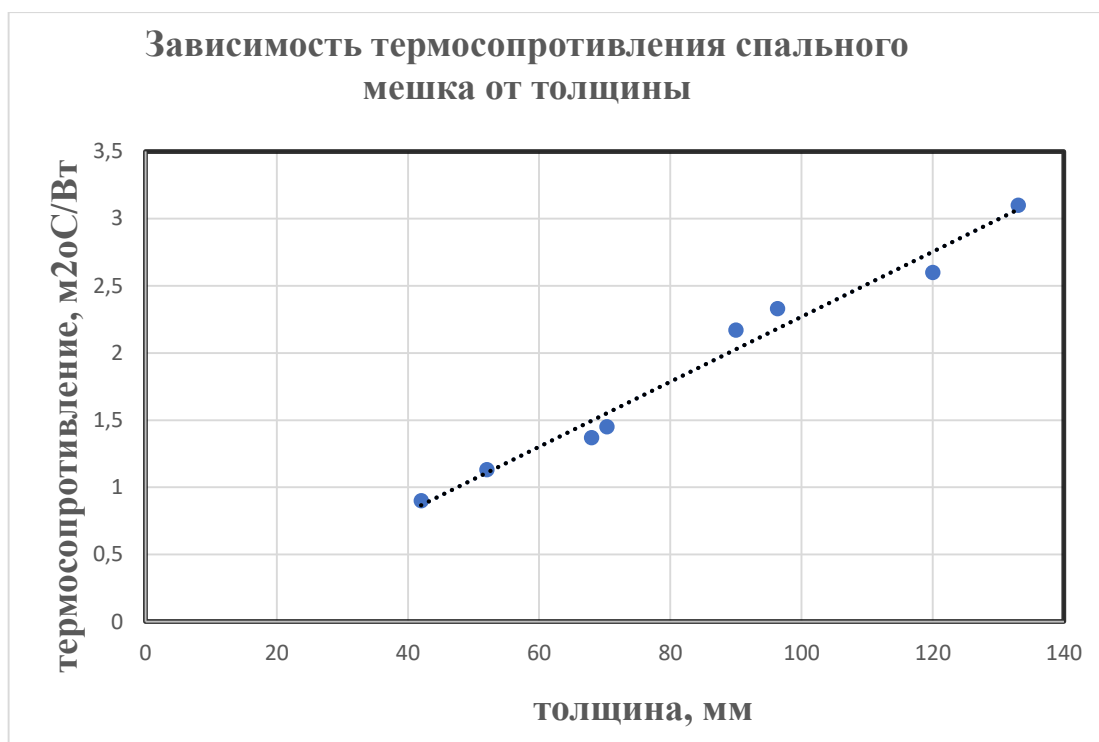


Рисунок 3.18 – Зависимость термосопротивления спального мешка от толщины

Выводы по главе 3

1. Существующие методы измерения термосопротивления пакетов одежды предполагают измерения теплофизических параметров при температурном напоре до 20-25 °С. В этом случае изменением коэффициента теплопроводности можно пренебречь. В спальном мешке человек может спать при внешних температурах до минус 40 °С. Это создает температурный напор в 75 °С. Плотность пуха, используемая для заполнения изделий, составляет 3-4 кг/м³, что сопоставимо с плотностью воздуха. В диапазоне температурного напора 75 °С коэффициент теплопроводности воздуха уменьшается на 25 % и это необходимо учитывать при расчете спальных мешков.

2. Наличие воздушных прослоек в пуховом пакете, которые носят стохастический характер, оказывает заметный вклад в термосопротивление

пакета, тепловое сопротивление пакетов зависит от конструкций пакетов, в которых воздушные прослойки распределяются случайным образом.

3. Спальные мешки имеют очень толстые пакеты, превышающие по своей толщине 60 мм. Разработанная методика позволяет контролировать термосопротивление пакетов уже готовых изделий с толщинами пакета до 120 мм.

4. Видимое расхождение в угле наклона графиков зависимости термосопротивления от толщины пакета, измеренные по ГОСТ 20489-75 и на приборе БаскАрктик, объясняются учетом вклада в термосопротивление воздуха.

5. Разработанная методика используется в производственных процессах ООО «БАСК» для тестирования спальных мешков и пуховой одежды, а также для проектирования конструкций теплозащитных пакетов.

ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ СПАЛЬНОГО МЕШКА

В [85] рассматривалась возможность распространения для расчета спальных мешков с некоторыми доработками методические указания Минздрава России МУК 4.3.1895-04, а также методические рекомендации Роспотребнадзора МР 2.2.8.2127-06. В [124] были представлены результаты исследования теплозащиты спальных мешков в термокамере, в которых приняли участие 10 испытуемых (шесть мужчин и четыре женщины). В процессе эксперимента рассчитывалась температура комфорта и предельная температура комфорта спального мешка по модели IREQ в соответствии со стандартом [140]. Полученные данные оказались несколько заниженными. После проведенного исследования в качестве рекомендации была выражена необходимость дальнейших исследований, чтобы использовать возможность применения IREQ-модели для одежды к исследованиям спальных мешков. Это совпадает с нашей задачей доработки методики проектирования одежды, чтобы ее можно было использовать в проектировании спальных мешков.

Возникают два главных вопроса:

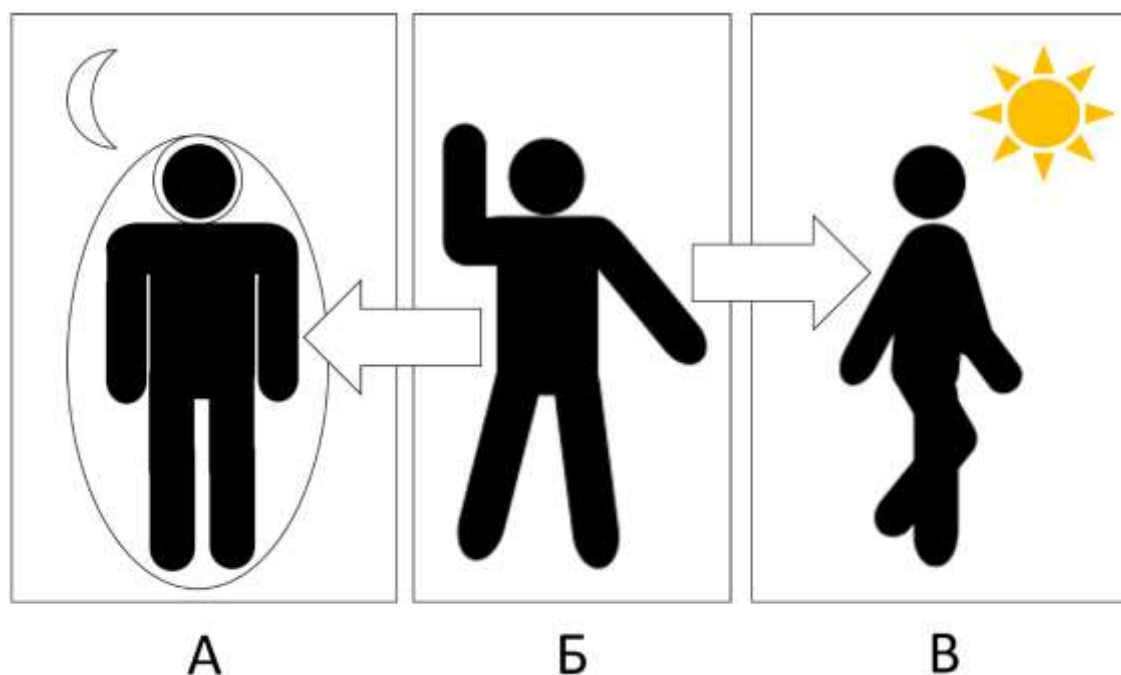
1. Каковы начальные условия, которые нужно положить в основу методики расчета спального мешка?
2. Чем отличаются эти начальные условия от тех, которые применяются в методике расчета одежды для защиты от холода?

Методика проектирования спального мешка должна учитывать то, что человек во время сна продолжительное время находится в условиях холода— до 7-8 часов. При этом он не может во время сна увеличить свою теплопродукцию. Методики проектирования одежды для защиты от холода предполагают ограниченное время пребывания человека в условиях холода — до 2-3 часа, а затем рекомендуется переход для согревания в комфортную зону. Человек в случае замерзания может увеличить свою двигательную активность [141].

В расчетах тепловой защиты одежды по ГОСТ Р ИСО 11079-2015

уравнение теплового баланса человека записано в удельных величинах, отнесенных к площади поверхности тела человека $S = 1,8 \text{ м}^2$ с размерностью $\text{Вт}/\text{м}^2$. В процессе ходьбы площадь теплообмена человека принимается равной $0,95S$ [142]. Отличие площади теплоотдачи двигающегося человека в сравнении с величиной общей площади тела человека составляет 5 %, в расчетах обычно этим отличием пренебрегают.

Человек, комфортно спящий в спальном мешке, спит лежа на спине, но находится в достаточно стесненной позе. У него руки располагаются вдоль туловища, ноги соприкасаются друг с другом. Это уменьшает эффективную площадь теплообмена. Обозначим эту позу как «поза сна». Эффективная площадь теплообмена человека в позе сна составляет от общей площади тела человека $0,71S \text{ м}^2$ [142]. Таким образом, в позе сна площадь тела мужчины, отдающая тепло, составит $1,28 \text{ м}^2$ (рисунок 4.1).



- А – во время сна в спальном мешке $0,71 \cdot S = 1,28 \text{ м}^2$;
 Б – полная площадь человека по Дюбуа $S = 1,8 \text{ м}^2$;
 В — площадь человека во время движения $0,95 \cdot S = 1,73 \text{ м}^2$, [143]

Рисунок 4.1 – Площадь тела человека, отдающая тепло

Во время сна в спальном мешке при температуре «предел комфорта» человек подсознательно может изменить только позу, свернувшись

«калачиком». Во время бодрствования он может увеличить свою физическую активность. Свернувшись «калачиком» он уменьшает площадь поверхности тела, которая отдает тепло во внешнюю среду. В этом случае эффективная площадь теплообмена человека будет менее $0,71S$, m^2 (Рисунок 4.2).

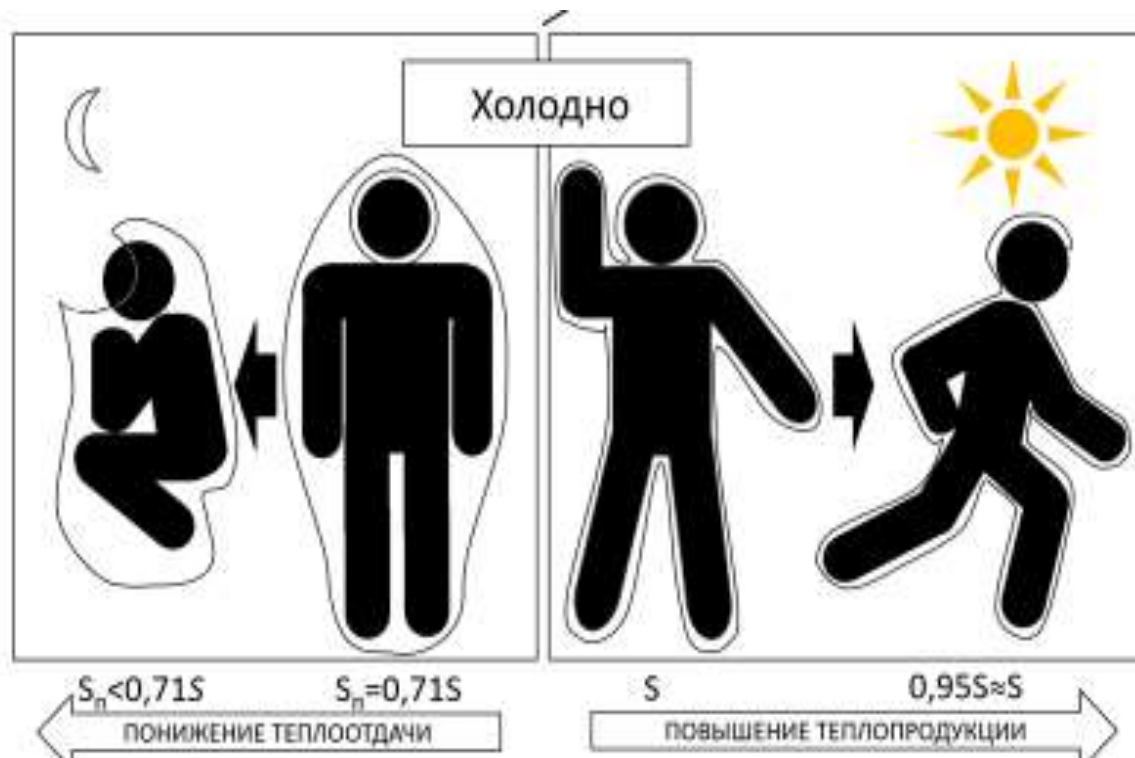


Рисунок 4.2 – Способы терморегуляции человека: во время сна – уменьшение площади отдачи тепла – принятие энергосберегающей позы; во время бодрствования – увеличение физической активности [143]

Таким образом, в случае сна человек при сохранении общей теплопродукции подсознательно варьирует площадью поверхности тела, отдающей тепло. Для позы «калачик» в европейских стандартах по тепловой защите спального мешка рассчитывается экстремальная температура пребывания в спальном мешке.

В уравнениях теплового баланса человека [141] формулы расчета теплопотерь испарением с тела человека, отнесены к общей площади поверхности тела стандартного человека $Вт/м^2$. Но в случае расчета теплового баланса человека в спальном мешке площадь эффективного теплообмена и испарения с поверхности кожи человека являются варьируемыми параметрами. В этом случае уравнение теплового баланса человека должно опираться на абсолютные величины потоков тепла, с размерностью $Вт$. Таким образом,

необходим тщательный анализ всех параметров, входящих в уравнение теплового баланса человека с целью их пересчета в абсолютные единицы.

Материалы публиковались в следующих статьях

1. Богданов В.Ф., Ширшова Е.Е., Колесник С.А., Бринк И.Ю. Разработка методики расчета толщины пакета спального мешка при заданных условиях эксплуатации. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 3 (393). С. 51-56.

2. Богданов В.Ф., Романенко В.И., Бринк И.Ю. Теплофизические основы инженерного расчёта толщины пакета спального мешка. Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 6.

3. Бринк И.Ю., Богданов В.Ф., Романенко В.И. Стандартизация спальных мешков: современные реалии. Стандарты и качество. 2017. № 8. С. 38-41.

4.1 Методика расчета теплового баланса человека в спальном мешке.

Необходимая тепловая защита одежды для ограниченного пребывания человека в условиях холода рассчитывается согласно [100]. Проведем углубленный сравнительный анализ методики с целью логического обоснования необходимых ее изменений для дальнейшей алгоритмизации и разработку компьютерной программы для расчета необходимой тепловой защиты спального мешка.

Методика проектирования тепловой защиты спального мешка должна опираться на следующие исходные положения:

- Низкий уровень теплопродукции человека во время сна, равный величине основного обмена, q_o , Вт/м²:

$$q_o = q_m, \quad (4.1)$$

где q_m – общие энергозатраты организма, Вт/м².

- Инстинктивное изменение теплоотдачи с поверхности тела во время сна посредством уменьшения площади поверхности тела, отдающего тепло во внешнюю среду, путем изменения позы [143].

- При расчете теплового баланса бодрствующего человека по стандартной методике расчета [100] постоянной величиной считается площадь поверхности тела человека, а варьируемый параметр – теплопродукция. При расчете тепловой защиты спального мешка варьируемым параметром должна выступать эффективная площадь теплоотдачи человека, которая может изменяться во сне, а постоянной величиной должна являться величина его основного теплового обмена во время сна [143]. Таким образом, отличие условий эксплуатации спального мешка от других средств индивидуальной защиты предполагает корректировку известной методики [100].

С целью последующего анализа разобьем методику на отдельные блоки и представим в последовательности и обозначениях, которые будут использоваться в построении алгоритмов для последующего программирования расчета тепловой защиты спального мешка.

Исходные данные. Температура тела у здорового человека находится в диапазоне от 35,5 до 37,4 °С. Уровень температуры тела ниже 35 °С указывает на переохлаждение организма или на болезнь. Если температура тела снижается ниже критического порога 30-31 °С, то большинство людей теряют сознание при 29,5 °С и погибают при температуре ниже 26,5 °С [143].

Температура кожи, как правило, ниже температуры тела здорового человека (36,6—37 °С) на 0,3—0,4 °С. Значения средневзвешенной температуры кожи согласно [141] приняты:

- для теплоощущения «комфорт» $T_k = 36,07$ °С;
- для теплоощущения «прохладно» $T_n = 33,34$ °С.

Для расчета спального мешка задают температуру кожи $34 \pm 0,2$ °С, такая температура принимается для «кожи» термоманекена, применяемого для инструментального исследования тепловой защиты спального мешка в соответствии с ГОСТ ISO 15831—2013 «Одежда. Физиологические воздействия. Метод измерения теплоизоляции на термоманекене».

В Таблице 4.1 проведены сравнение методик расчета теплового баланса человека в одежде и в спальном мешке.

Таблица 4.1 – Сравнение методик расчета теплового баланса человека в одежде и в спальном мешке

	Расчет теплового баланса человека в одежде	Расчет теплового баланса человека в спальном мешке
1	<p>При расчете теплового баланса бодрствующего человека (4.1) по стандартной методике [141] постоянной величиной считается площадь поверхности тела человека, а варьируемый параметр – теплопродукция:</p> $q_{\text{п}} = q_{\text{м}} - W - q_{\text{к,дых}} - q_{\text{исп,дых}} - q_{\text{исп,к}} - \Delta q_{\text{т.с}}, \quad (4.2)$ <p>где W – эффективная мощность механической работы, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{п}}$ – средняя плотность сухого теплового потока с поверхности тела человека, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{м}}$ – общие энергозатраты, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{к,дых}}$ – теплотери конвекцией при дыхании, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{исп,дых}}$ – теплотери испарением влаги при дыхании, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{исп,к}}$ – потери тепла испарением влаги с</p>	<p>1. Во время комфортного сна эффективная мощность механической работы, W, Вт/м², и величина изменения теплосодержания в организме, $\Delta q_{\text{т.с}}$, Вт/м², в уравнении теплового баланса человека равны нулю, и выполняется условие (4.1). Величина средней плотности теплового потока с поверхности тела человека, $q_{\text{п}}$, Вт/м², вычисляется в соответствии с уравнением теплового баланса, отличающегося от (4.2):</p> $q_{\text{п}} = q_{\text{м}} - q_{\text{к,дых}} - q_{\text{исп,дых}} - q_{\text{исп,к}}, \quad (4.3)$ <p>где $q_{\text{к,дых}}$ – теплотери конвекцией при дыхании, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{исп,дых}}$ – теплотери испарением влаги при дыхании, Вт/м²;</p> <p>$q_{\text{исп,к}}$ – потери тепла испарением влаги с поверхности кожи, Вт/м².</p> <p>Для расчета тепловой защиты спального мешка уравнение теплового баланса человека должно содержать</p>

<p>поверхности кожи, Вт/м²;</p> <p>$\Delta q_{m.c}$ - изменение теплосодержания в организме, Вт/м².</p> <p>Изменение теплосодержания в организме представляет собой разность между величиной q_m и суммой теплопотерь организма.</p>	<p>абсолютные величины параметров, поскольку площадь испарения и площадь теплоотдачи с поверхности тела человека меньше общей площади поверхности тела человека. Площадь теплоотдачи человека, лежащего в спальном мешке с прижатыми к туловищу руками и прижатыми друг к другу ногами в «позе сна» составляет $0,71S$ [142]. Тогда уравнение теплового баланса следует записывать в виде (4.4):</p> $q_{пс}S_{п} = q_{к,дых}S + q_{исп,дых}S + q_{исп,к}S_{п} + q_{пс}S_{п}, \quad (4.4)$ <p>где S - площадь поверхности тела обнаженного человека, по Дюбуа, м²;</p> <p>$S_{п}$ - площадь теплоотдачи с поверхности тела человека в позе сна, м²;</p> <p>$q_{пс}$ - средняя плотность сухого теплового потока с поверхности тела человека в позе сна, Вт/м².</p>
2	Величина тепловых потерь конвекцией при дыхании.

Величина тепловых потерь конвекцией при дыхании $q_{к.дых}$, Вт/м², определяется по формуле (4.5):

$$q_{к.дых} = 0,0014q_M(T_{выд} - T_B), \quad (4.5)$$

где T_B – температура окружающей среды, °С;

$T_{выд}$ – температура выдыхаемого воздуха, °С.

Определение температуры выдыхаемого воздуха.

$T_{выд}$ вычисляется по формуле (4.6):

$$T_{выд} = 29 + 0,2T_B, \quad (4.6)$$

Определение теплотерь испарением при дыхании.

Величина теплотерь испарением при дыхании $q_{исп.дых}$, Вт/м², вычисляется по формуле (4.7):

$$q_{исп.дых} = 0,0173q_M(P_{выд} - P_B), \quad (4.7)$$

где $P_{выд}$ – давление насыщенного водяного пара при температуре выдыхаемого воздуха ($T_{выд}$), кПа;

P_B – давление водяного пара в атмосфере при соответствующей температуре воздуха T_B , кПа.

3	<p>Расчет величины теплотерь испарением с поверхности тела человека в одежде.</p> <p>Расчет величины потерь тепла испарением с поверхности тела человека, $q_{исп.к}$, Вт/м², при использовании для изготовления одежды</p>	<p>Расчет величины теплотерь испарением с поверхности тела человека в спальном мешке.</p> <p>Расчет величины потерь тепла испарением с поверхности тела человека, $q_{исп.к}$, Вт/м², при использовании для изготовления одежды паропроницаемых материалов согласно [141], ведется по формуле (4.8):</p>
---	--	---

паропроницаемых материалов согласно [141], ведется по формуле (4.8):

$$q_{\text{исп.к}} = \frac{(8,816 + 0,390q_m)}{S} - q_{\text{исп.дых}} \quad (4.8)$$

где S - площадь поверхности тела обнаженного человека по Дюбуа $1,8, \text{ м}^2$.

Эта эмпирическая формула определения тепла испарением с поверхности тела человека содержит величину общих энергозатрат человека, $q_m, \text{ Вт}$, которые при физической работе могут изменяться. При расчете параметров спального мешка мы исходим из того, что величина общих энергозатрат человека равна величине основного обмена. В этом случае для определения потерь тепла испарением с поверхности тела человека целесообразно использовать формулу Фангера, представленную в другом источнике [144] применённую также в [142], в которой величина теплопотерь испарением с поверхности кожи не зависит от возможного изменения общих энергозатрат организма. Возможным уменьшением потерь тепла испарением с кожи на площади опорной поверхности лежащего человека мы пренебрегаем, формула (4.9).

$$q_{\text{исп.к}} = 3,06 \times 10^{-3}(256T_k - 3360 - P_a), \quad (4.9)$$

где P_a – парциальное давление пара в воздухе вблизи тела человека при температуре кожи, Pa ;

		<p>T_k – средневзвешенная температура кожи, °С.</p> <p>Таким образом расчет тепла испарением с поверхности кожи для спального мешка будет вестись по формуле (4.9).</p>
4	<p>Определение средней плотности сухого теплового потока для человека в одежде.</p> <p>Далее по формуле (4.2) определяется средняя плотность сухого теплового потока с поверхности тела человека в одежде $q_{п}$, Вт/м².</p> $q_{п} = q_{м} - W - q_{к,дых} - q_{исп,дых} - q_{исп,к} - \Delta q_{т,с}, \quad (4.2)$ <p>При необходимости регламентации времени пребывания на холоде величина $q_{п}$, рассчитанная для случая сохранения теплового комфорта, может быть увеличена в соответствии с допускаемой степенью охлаждения человека и продолжительностью его пребывания на холоде.</p>	<p>Определение средней плотности сухого теплового потока с поверхности тела человека в позе сна в спальном мешке.</p> <p>Расчет ведется на основании формулы (4.10), полученной после преобразования формулы (4.4)</p> $q_{пс} = \frac{(q_0 - q_{к,дых} - q_{исп,дых}) \times S - q_{исп,к} \times S_{п}}{S_{п}} \quad (4.10)$
6	<p>Определение средневзвешенной температуры кожи.</p> <p>После этого может быть определена</p>	<p>Определение тепловых параметров сна человека в спальном мешке.</p>

<p>средневзвешенная температура кожи человека t_k, °С, которая зависит от интенсивности его энергозатрат:</p> <p>Теплоощущение «комфорт»:</p> $T_{c.k} = 36,07 - 0,0354Q_{э.т}/S, \quad (4.11)$ <p>Теплоощущение «прохладно»:</p> $T_{c.k} = 33,34 - \frac{0,0335Q_{э.т}}{S}, \quad (4.12)$ <p>Теплоощущение «холодно» :</p> $T_{c.k} = 30,36 - 0,0310Q_{э.т}/S, \quad (4.13)$ <p>где $Q_{э.т.}$ – энергозатраты, Вт; S – площадь поверхности тела человека, м².</p> <p>Приведенные уравнения применимы к человеку, не адаптированному к холоду, в диапазоне энергозатрат до 300 Вт. Для тренированного человека, привыкшего к холоду, эти показатели могут быть ниже на 1—1,5 °С.</p>	<p>Для спальных мешков введено 3 показателя, которые необходимо предъявлять потребителю [80]: температура комфорта - T_{comf}, температура предела комфорта- T_{lim} и экстремальная температура T_{ext}.</p> $T_{ext} = -50,91 R_c(1) + 29,61 \quad (4.14)$ $T_{lim} = -36,35 R_c(1) + 32,00 \quad (4.15)$ $T_{comf} = -30,96 R_c(1) + 32,29 \quad (4.16)$ <p>где $R_c(1)$ – усредненное тепловое сопротивление спального мешка в котором термоманекен находится в положении лежа на спине (в положении сна).</p> <p>Эти показатели эквивалентны показателям ощущений комфорт, прохладно и холодно для средней температуры кожи, (4.11-4.13). Главное отличие состоит в том, что формулы (4.11-4.13) могут использоваться с учетом интенсивности энергозатрат человека, а формулы (4.14-4.16) определяют допустимые температуры внешней среды при квазистационарной теплопродукции человека.</p>
---	---

4.2 Определение термосопротивления и толщины пакета спального мешка

В Таблице 4.2 рассмотрены отличия в расчетах средних толщин одежды и спального мешка

Таблица 4.2 – Отличие расчета средних толщин одежды и спального мешка

	Расчет термосопротивления и толщины пакета для одежды	Расчет термосопротивления и толщины пакета для спального мешка
1	<p>Определение термосопротивления пакета</p> <p>Согласно [100] теплоизоляцию комплекта одежды для защиты от холода R_k, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, вычисляют по формуле (4.17):</p> $R_k = (T_k - T_b) / q_{пс}, \quad (4.17)$ <p>где T_k – средневзвешенная температура кожи, °C; T_b – температура окружающей среды, °C; Эту же формулу можно применить для спальных мешков, если использовать вместо средневзвешенного теплового потока для одежды $q_{пс}$ – средневзвешенное значение теплового потока в позе сна, $\text{Вт}/\text{м}^2$.</p>	
2	<p>Средняя (средневзвешенная) толщина пакета одежды.</p> <p>Средневзвешенная толщина плоского пакета одежды $\delta_{п}$, м, определяется по формуле (4.18):</p> $\delta_{п} = R_k \times \lambda, \text{ м} \quad (4.18)$ <p>где λ – усредненный коэффициент теплопроводности пакета, $\text{Вт}/\text{м}^{\circ}\text{C}$. При расчетах одежды для защиты от холода, согласно [100], не</p>	<p>Средняя толщина спального мешка</p> <p>Поскольку толщина спальных мешков сопоставима с величиной радиуса кривизны туловища человека, необходимо вводить корректировку при помощи коэффициента формы. Средняя толщина цилиндрического пакета спального мешка, $\delta_{ц}$, м, определяется</p>

	учитывается кривизна пакета.	с учетом безразмерного коэффициента формы, K_{ϕ} , [146]: $\delta_{\text{ц}} = \frac{R_{\text{к}} \times \lambda}{K_{\phi}}, \quad (4.19)$
--	------------------------------	--

Таким образом, формулы (4.3-4.7), (4.9,4.10), (4.14-4.17), (4.19), являются математической моделью расчета толщины спального мешка [146].

4.3 Теплофизический расчет необходимой тепловой защиты спального мешка с учетом коэффициента формы

Предприятия при проектировании спальных мешков опираются в основном на экспертные оценки прогнозных характеристик спальных мешков и на сравнение с аналогами. В международной литературе широко представлены методы экспериментальной оценки тепловой защиты спального мешка, основанные на испытаниях тепловой защиты уже изготовленных производителями спальных мешков при помощи термоманекенов различных конструкций [117,112,114]. Однако такой подход, основанный на сравнении спальных мешков разных производителей, не позволяет осуществлять прогнозирование тепловой защиты нового спального мешка на этапе проектирования, поскольку неизвестны точные параметры аналогов: плотности набивки деталей, толщине перегородок, особенностей конструкции спальных мешков.

В связи с этим в настоящее время актуально создание инженерной методики расчета тепловой защиты спальных мешков, которая позволит на этапе проектирования осуществлять прогноз тепловой защиты спального мешка [147].

Для проектирования одежды для защиты от холода существуют стандартизированные методики, регламентируемые в Европе стандартом EN 342:2004 Protective clothing – garments and clothing combinations for protection against cold (Защитная одежда – комбинации одежды и одежда для защиты от холода), а в России методическими рекомендациями МР 2.2.8.2127-06

«Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки». Эти методики позволяют рассчитывать основные параметры тепловой защиты человека в одежде в условиях холода с заданной интенсивностью тепловыделения.

Расчетных методик тепловой защиты спального мешка в настоящее время не существует. Непосредственное применение методик расчета тепловой защиты одежды для спальных мешков неприменимо, поскольку теплопродукция человека во сне значительно ниже теплопродукции человека в процессе работы. Во сне теплопродукция человека стабильна, и человек не имеет возможности изменить свою теплопродукцию, не проснувшись. Кроме того, некоторые участки тела человека соприкасаются между собой, потоки тепла с них взаимно компенсируются и не участвуют в общем теплообмене человека с окружающей средой.

Спальные мешки должны обладать ограниченной массой, компактно упаковываться и обеспечивать человеку необходимую тепловую защиту во время сна, который может происходить в полевых условиях при отрицательных температурах. В настоящей диссертации представляется логическая схема построения методики, которая позволит проектировать средневзвешенную толщину спального мешка, которая обеспечивает необходимую тепловую защиту спящему человеку.

Спальный мешок, по форме напоминающий «Кокон», достаточно хорошо может быть описан математически, поскольку приближается к фигуре вращения.

Рассмотрим, как на основе теплофизического расчета возможно проектировать средневзвешенную толщину спального мешка, которая обеспечивает необходимую тепловую защиту спящему человеку.

Суммарное термосопротивление, R , плоского теплоизолирующего пакета, накрывающего участок единичной площади тела человека, определяется по формуле (4.20):

$$R = \frac{t_k - t_B}{q}, \quad (4.20)$$

где t_k – средневзвешенная температура кожи человека, °С;

t_B – температура воздуха, °С;

q – удельный тепловой поток с поверхности тела человека, Вт/м²;

R – термосопротивление, м²·°С/Вт.

Определим тенденции изменения входящих в формулу (4.20) параметров t_k , q и конечного результата – величины термосопротивления R .

Средневзвешенная температура кожи, t_k , у человека изменяется в зависимости от интенсивности работы или изменения внешней температуры. Эту температуру, соответствующую комфортным теплоощущениям, можно рассчитать по эмпирической формуле (4.21), представленной в [106]:

$$t_k = 36,07 - 0,0354q \quad (4.21)$$

Оценка теплопродукции спящего человека проводилась в работах [142,19,145]. Данные об изменении теплопродукции человека во сне для разных возрастных групп людей, в частности мужчин (таблица 4.3), свидетельствуют о том, что с возрастом теплопродукция человека снижается.

Таблица 4.3 – Теплопродукция человека во сне в зависимости от возраста по данным [142,19,145]

Источник	Удельная плотность теплового потока q , Вт у мужчин в зависимости от возраста, лет									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
[142]	46	41	39,5	-	39,5	-	38,5	-	37,5	-
[19]	41,8	38,4	37,1	36,4	35,6	35,5	-	33,8	-	33,1
[145]	43,1	40,5	39,2	38,2	37,6	37,8	37,5	37,2	36,8	36,1

Существующие экспериментальные методики EN 13537:2002 Requirements for Sleeping Bags was approved by CEN (Требования, предъявляемые к спальным мешкам) и ASTM F 1720. Standard Test Method for Measuring Thermal Insulation

of Sleeping Bags Using a Heated Manikin (Стандартный метод испытаний для измерения тепловой изоляции спальных мешков с использованием нагретого манекена) не позволяют прогнозировать тепловую защиту спального мешка с учетом теплопродукции человека и внешних условий. Эти стандарты предназначены для сравнительного исследования уже готовых спальных мешков, предназначенных для людей «среднего» возраста. Таким образом, необходимость разработки методики расчета тепловой защиты спального мешка видится достаточно актуальной.

Во время сна в спальном мешке на холоде происходит охлаждение организма человека. При этом уменьшается температура кожи и температурный напор $t_k - t_в$, который определяет уменьшение тепловых потерь человека. Уменьшение температуры кожи, эквивалентно уменьшению необходимого суммарного термосопротивления спального мешка согласно (4.20).

Поскольку термосопротивление спального мешка, определяемое его толщиной и составом материала, все время постоянно, то с уменьшением температурного напора уменьшается и тепловой поток. Это означает, что темп охлаждения организма в процессе сна человека в спальном мешке на холоде уменьшается.

Такая тенденция изменения теплового потока позволяет считать температуру тела постоянной и производить расчет суммарного термосопротивления спального мешка для самых «жестких» условий, то есть при максимальном температурном напоре, соответствующем комфортным теплоощущениям человека.

Толщина плоского пакета δ_n , который может обеспечить такое термосопротивление, определяется по формуле (4.22):

$$\delta_n = \lambda * R_n \quad (4.22)$$

где λ – эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета, $Bm/m \text{ } ^\circ C$,

δ_n – толщина плоского утепляющего пакета, m ;

R_n – термосопротивление плоского пакета, $m^2 \text{ } ^\circ C/Bm$;

Под эквивалентным коэффициентом теплопроводности мы понимаем некую усредненную величину, которая пересчитывается из термосопротивления всего пакета и является некоторой усредненной величиной коэффициентов теплопроводности наполнителя, воздушных прослоек и покровных тканей, образующих пакет спального мешка. Учитывая, что вклад тонких покровных тканей в тепловую защиту ничтожно мал, можно считать эквивалентный коэффициент теплопроводности равным коэффициенту теплопроводности утеплителя.

Коэффициенты теплопроводности для утепляющих материалов, применяющихся для заполнения спального мешка по данным производителей и потребителей, осуществлявших входной контроль продукции, [149,150,151], находятся в диапазоне от $0,032 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ у Fiber Тек до $0,039 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ у Hollow Fiber, таблица 4.4.

Таблица 4.4 - Теплофизические характеристики некоторых утепляющих материалов для спального мешка по данным [149,150,151]

Наименование	Плотность, $\rho, \text{ г/м}^2$	Толщина плоского утеплителя, $\delta_n, \text{ м}$	Термосопроти вление, R $\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{С/Вт}$	Коэффициент теплопроводности, $\lambda_{\text{экр}}, \text{ Вт/м }^{\circ}\text{С}$
Fiber Тек [149]	300	0,0149	0.46	0,032
Hollow Fiber марка«1000», [150]	-	-	-	0,039
Гусиный пух [151]	-	-	-	0,034

Fiber Тек нетканый материал и для него по формуле (4.16) можно подтвердить соотношение между его теплофизическими параметрами и

толщиной. Для несвязных утеплителей Hollow Fiber и гусиного пуха можно определить необходимое термосопротивление плоского пакета применительно к поставленной задаче последовательно объединив формулы (4.20-4.22):

$$\delta_{\Pi} = \lambda_{\text{ЭКВ}} \frac{36,07 - 0,0354q - t_{\text{В}}}{q} . \quad (4.23)$$

Подставив в формулу (4.23) усредненное значение удельного теплового потока человека во время сна $q=41 \text{ Вт/м}^2$, $t_{\text{В}} = -24 \text{ }^{\circ}\text{С}$, эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета $\lambda_{\text{ЭКВ}} = 0,034 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$, можно получить величину средневзвешенной толщины плоского пакета: $\delta_{\Pi} = 0,049 \text{ м}$.

Согласно [19] можно определить эквивалентную толщину цилиндрического пакета, (4.24):

$$R = \frac{R_{\Pi}}{K_{\Phi}} , \quad (4.24)$$

где R_{Π} – термосопротивление плоского пакета, $\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{С/Вт}$;

R – термосопротивление пакета, имеющего кривизну, соответствующего участка тела, $\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{С/Вт}$;

K_{Φ} – коэффициент формы идеализированного цилиндрического участка тела.

Коэффициент формы K_{Φ} и определяется уравнением (4.25) [90]:

$$K_{\Phi} = \frac{r_1}{r_2 - r_1} \ln \frac{r_2}{r_1} , \quad (4.25)$$

где r_1 – радиус изолируемого цилиндрического участка тела;

r_2 – наружный радиус теплоизолирующего слоя.

На графике рисунка 4.3 представлена зависимость коэффициента формы от соотношения радиусов r_1 и r_2 .

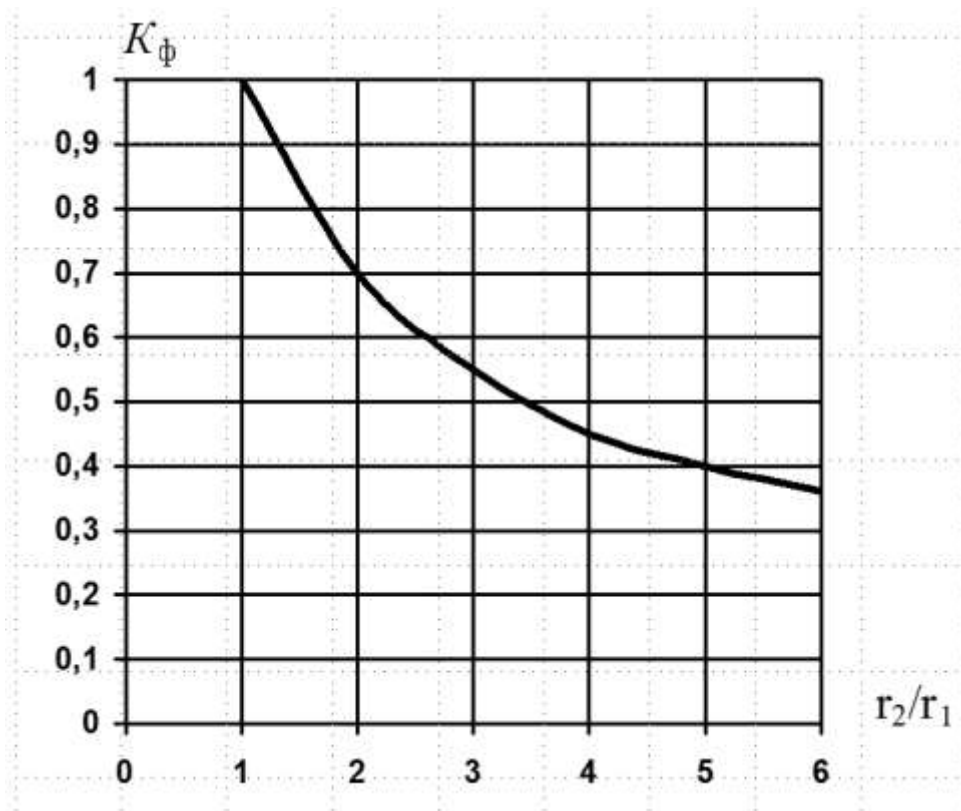


Рисунок 4.3 – График зависимости коэффициента формы K_ϕ от отношения радиусов наружной поверхности теплоизоляции и изолируемой цилиндрической поверхности

Формула (4.25) применяется для идеализированного участка цилиндрического тела, окруженного теплоизоляцией. Для дальнейшего построения модели необходимо логически обоснованное преобразование тела человека в идеализированную цилиндрическую форму, эквивалентную в термофизическом отношении телу человека.

Для построения геометрической цилиндрической модели системы «Человек – спальник – окружающая среда» был выбран молодой человек, мужчина, нормального телосложения с ростом стоя 1,76 м, что соответствует среднему росту, обладающий массой 78 кг, и имеющий длину тела лежа 1,79 м и расчетную поверхность тела, соответствующую - 1,8 м².

Некоторые участки тела человека соприкасаются между собой, при этом потоки тепла с них взаимно компенсируются и не участвуют в общем теплообмене человека с окружающей средой. Площадь поверхности тела

человека, участвующая в тепловом обмене, составляет от 0,71 до 0,95 от общей площади поверхности тела в зависимости от позы и движения человека, [144].

На рисунке 4.4 представлено преобразование тела человека в эквивалентный цилиндр с радиусом $r_{э\text{кв}}$. Такое преобразование носит весьма абстрактный характер, однако оно и подобные преобразования применялись и ранее в [153,154,155,0,156], а результаты расчетов на подобных моделях подтверждались экспериментально и используются на практике.

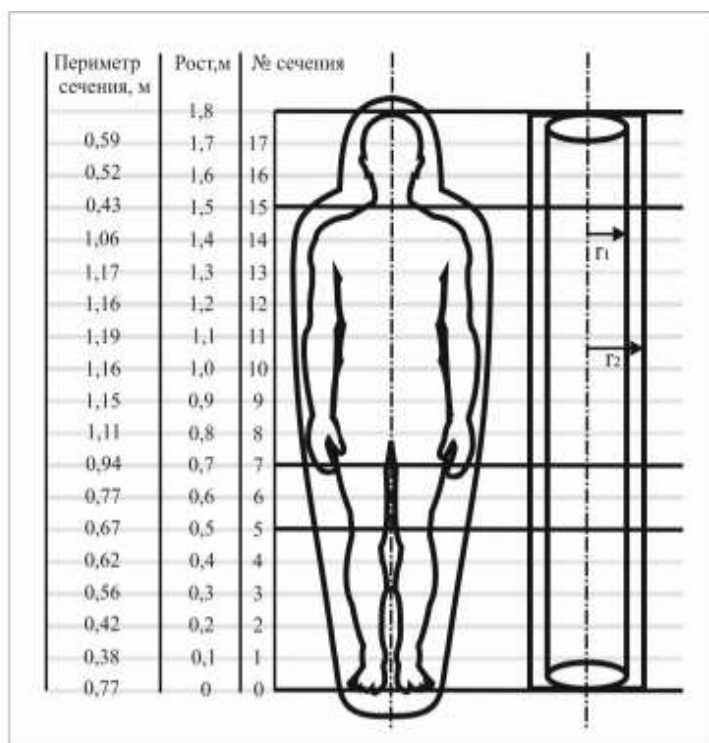


Рисунок 4.4 – Представление человеческого тела в виде цилиндра с эквивалентным радиусом $r_{э\text{кв}}$

Расчет эквивалентного радиуса цилиндра проводится по формуле (4.26):

$$r_{э\text{кв}} = \frac{\sum P_i}{2\pi n}, \quad (4.26)$$

где: P_i – периметр i -того поперечного сечения человека, $i = 1 \div n$, м;

$n = 17$ - количество поперечных сечений;

$r_{э\text{кв}}$ - эквивалентный радиус модели тела человека в виде цилиндра.

Рассчитанный эквивалентный радиус модели тела человека

$r_{э\text{кв}} = 0,137$ м.

Площадь модели тела $S_{э\text{кв}}$, м^2 определяется по формуле (4.27):

$$S_{\text{ЭКВ}} = 2\pi r_{\text{ЭКВ}} * h, \quad (4.27)$$

где: h – рост человека, м.

По величине $r_{\text{ЭКВ}} = 0,137$ м, рассчитанной по формуле (4.27) и приняв в первом приближении для определения коэффициента формы толщины плоского и цилиндрического пакета равными: $\delta = r_2 - r_1$; $\delta_{\text{п}} = 0,049$ м можно по формуле (4.24) определить величину $K_{\text{ф}}$ и расчетную толщину цилиндрического пакета по формуле $\delta = \delta_{\text{п}}/K_{\text{ф}}$.

В силу того, что толщина спального мешка сравнима с радиусом кривизны модели тела человека в позе сна, необходим учет коэффициента формы толщины цилиндрического пакета, эквивалентного по величине термосопротивления плоскому пакету.

4.4 Расчет толщины спального мешка в зависимости от температуры окружающей среды

Формулы (4.11), (4.3-4.5), (4.14), (4.19, 4.20) представляют математическую модель методики расчета толщины спального мешка при заданных условиях эксплуатации. Математическая модель расчета реализована на платформе Excel. В Приложении Г представлена таблица формул расчета в Excel. Для проверки разработанной методики нами было проведено тестирование 4-х готовых спальных мешков, сертифицированных в лаборатории в соответствии со стандартом [83]. По результатам тестирования была определена температура комфорта этих спальных мешков: плюс 2 °С, минус 7 °С, минус 13 °С, минус 24 °С.

Для проверки математической модели нами был произведен расчет толщины пакета спальных мешков, обеспечивающей условия комфорта для соответствующих температур плюс 2, минус 7, минус 13, минус 24°С. Исходные данные для расчета представлены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Исходные значения теплофизических параметров организма человека и пакета спального мешка

Параметр	$T_k,$ °C	$q_m=q_o,$ Вт/м ²	$S, м^2$	$S_n, м^2$	$W,$ Вт/м ²	$\lambda,$ Вт/(мК)	$\Delta q_{т.с},$ Вт/м ²
Значение	33,34	40	1,8	1,278	0	0,040	0

Для определения возможного диапазона отличия параметров спального мешка проведен расчет. Результаты расчета толщин для соответствующих температур комфорта в сравнении с измеренными толщинами сертифицированных по методике EN 13537 [83] спальных мешков представлены в таблице 4.6. Таблица расчета в Excel представлена в Приложении Д.

Таблица 4.6 – Расчетные и измеренные параметры спальных мешков, протестированных по EN 13537

Параметр спального мешка	Наименование спального мешка			
	Trekking V2	Mustang 780FP V2	Karakorum	Kashgar
T_c – температура комфорта, °C	+ 2	-7	- 13	- 24
δ_s – измеренная толщина пакета в области груди, м	0,06	0,10	0,11	0,14
δ – расчетная средняя толщина пакета в позе сна с учетом кривизны пакета, м	0,06	0,09	0,10	0,14

На рисунке 4.5 представлены зависимости расчетной толщины пакета при оговоренных ранее значениях коэффициента эффективности утепления и толщины спальных мешков, тестированных по [6] для температур комфорта, равных плюс 2 °C, минус 7 °C, минус 13 °C, минус 24 °C.

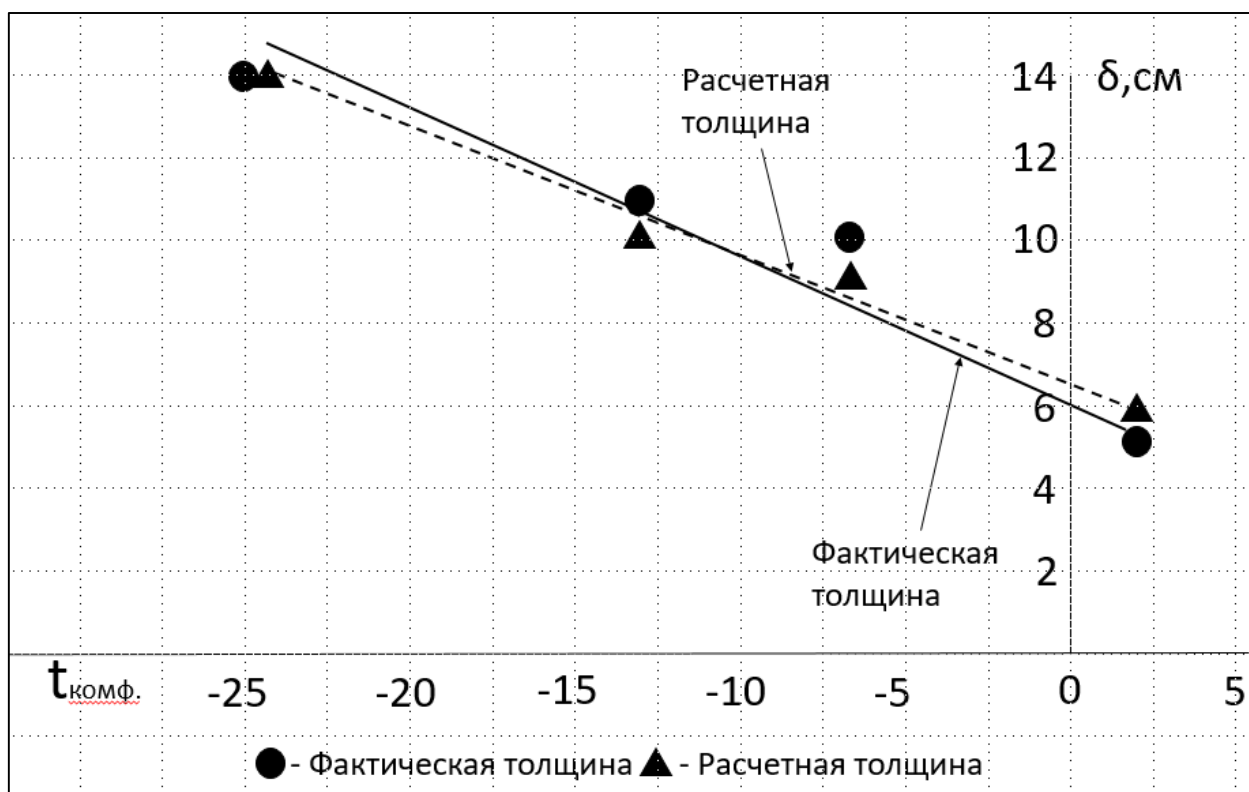


Рисунок 4.5 - Зависимость толщины пакета пухового спального мешка от температуры, для комфортных условий сна: экспериментальные и расчетные значения толщины спальных мешков, имеющих сертификаты, полученные по методике в соответствии с [83]

С целью определения разброса полученных данных о тепловой защите спальных мешков были проведены расчеты для протестированных спальных мешков в шести европейских сертифицированных лабораториях, имеющих право сертификации по стандарту [83]. Было установлено, что разброс данных составил 5 %. Таким образом, расчетные данные, полученные на основе разработанной методики вполне коррелируют с экспериментальной методикой определения тепловой защиты спальных мешков [83].

4.5 Коэффициент утепления отдельных участков тела человека. Нормировка утеплителя

Эффективность утепления участков тела зависит от температуры кожи, среднего радиуса кривизны, толщины пакета и площади поверхности, участвующей в процессе теплообмена с окружающей средой [106, 122].

Как отмечается в [106] наибольший выигрыш в расходе теплоизолирующего материала за счет соответствующего распределения достигается при толщине пакета свыше 0,023 м, так как в этом диапазоне увеличение толщины пакета менее эффективно, чем при малых толщинах. Этот факт приобретает особенное значение при ограничении массы снаряжения. Величины коэффициентов эффективности утепления, $K_{эфф}$, при разных средневзвешенных толщинах одежды [106, 77] представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Коэффициенты эффективности утепления для различных диапазонов величин средней толщины пакета одежды

№ п.п.	Часть тела	Средняя толщина пакета материалов одежды, см		
		0,6-1,2	1,3-2,4	2,5-3,6
1.	Голова	0,5	0,49	0,39
2.	Туловище	1,26	1,31	1,45
3.	Плечо и предплечье	1,13	1,24	1,23
4.	Кисть	0,74	0,66	0,55
5.	Бедро	1,13	1,08	1,07
6.	Голень	0,9	0,81	0,86
7.	Стопа	0,83	0,77	0,59

С увеличением средней толщины пакета материалов одежды коэффициент эффективности утепления для туловища имеет тенденцию к увеличению, для рук – к стабилизации своего значения, для остальных частей тела – к уменьшению. Коэффициенты эффективности утепления различных участков тела человека были разработаны в 70-годы прошлого века Р.Ф. Афанасьевой [20] и положены в основу современной нормативно-технической документации [22, 23].

Рекомендуемое распределение коэффициентов эффективности утепления для различных диапазонов средней толщины пакета одежды было разработано на основе большого количество физиологических исследований температурного

гомеостаза человека, особенности топографии температуры кожи и тепловых потоков с поверхности тела человека в условиях холода а также с учетом технологических особенностей изготовления одежды с толщиной пакета, пропорциональной количеству слоев утеплителя – нетканых материалов – холстопршивных ватинов и синтетических нетканых материалов. Параметры ватина определяются [157,158]. Поверхностная плотность варьируется для холстопршивных шерстяных ватинов в пределах – 200-250 г/м², для хлопчатобумажного в пределах 200-450 г/м².

В работах [0,159] установлено на основе математического моделирования для одежды с пуховым наполнителем, что коэффициенты эффективности утепления зависят в большей степени от радиуса кривизны, чем от других параметров и при больших толщинах пакетов их можно считать постоянными.

В тексте стандартов и методических рекомендаций не указано, каким образом можно выделить в толщине пакета долю тепловой защиты, определяемую слоями поверхностной и покровной тканей и заключенных между ними утепляющих материалов, включающих в себя распределенные воздушные прослойки, а также долю конструктивной воздушной прослойки, которая возникает благодаря припуску на свободу облегания. Эта прослойка не имеет постоянной толщины в процессе эксплуатации спального мешка, может смещаться в силу не растяжимости пакета в верхние зоны спального мешка и сжиматься под воздействием давления, например, под лежащим человеком.

В противоположность пакетам из нетканых материалов пакеты с применением несвязных материалов, полностью заполняют внутреннее пространство спального мешка.

Поскольку пух является дорогим материалом, стоимость высококачественного пуха составляет в настоящее время более 7000 рублей за килограмм, требуется его тщательная дозировка по отдельным деталям изделия, на основе коэффициентов эффективности утепления. В [0] вводится понятие математической нормировки, которое можно интерпретировать как условие неизменности количества пуха в процессе его перераспределения по деталям

одежды с учетом коэффициентов утепления. В этой работе нормировка осуществлялась на модели тела человека, предназначенной для проектирования одежды. Модель представлена была четырьмя цилиндрами части тела и шарообразной головой. Для спального мешка необходимо просчитывать модель состоящую из четырех цилиндров в соответствии с [142].

Нормировка коэффициентов утепления может осуществляться по средней толщине (объему) или по массе несвязного теплоизолирующего утеплителя, в соответствии с модельным представлением тела человека и рассчитанной средней толщины пакета, обеспечивающей человеку заданный уровень теплового комфорта [0].

Введение нормировки по средней толщине пакета изделия или ее массе означает, что полученный результат перераспределения теплоизолирующего слоя по участкам одежды должен удовлетворять уравнению нормировки по массе распределяемого утеплителя, который вводится как:

$$P = \rho \sum_{i=1}^4 (\delta_i^2 + 2r_i \delta_i) \frac{S_i}{2r_i}, \quad (4.28)$$

где ρ – средняя плотность пуха в пакете, кг/м³;

δ_i – толщина пакета на i -том участке тела, м;

S_i – площадь поверхности i -того участка тела человека, м²;

r_i – средний радиус i -го участка тела, м;

P – масса всей теплоизоляции, кг.

4.6 Расчет оптимального распределения толщины пакета спального мешка по участкам тела

Построение математической модели для системы «Человек – спальный мешок – окружающая среда» проводится на основе рассчитанной в [152] геометрической модели тела человека, таблица 4.8.

Таблица 4.8 – Характеристики геометрической модели мужчины для расчета теплозащиты спального мешка [152]

Рост, м	r_1 , м	r_2 , м	r_3 , м	r_4 , м	Площадь теплообмена*, м ²
1,79	0,08	0,178	0,115	0,084	1,43/1,33
Примечание – * Площадь геометрической модели тела человека/теплообмена человека					

Задаются коэффициент эквивалентной теплопроводности - λ пакета спального мешка, коэффициент теплоотдачи с поверхности спального мешка в окружающую среду - α , температура окружающего воздуха $T_{\text{окр}}$, температуры поверхностей частей тела человека T_1, T_2, T_3, T_4 , допустимая погрешность решения задачи ε . Требуется найти толщины пакета спального мешка $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$, при которых полный поток тепла от тела человека в окружающую среду Q минимален при заданном объеме материала спального мешка V и температуре окружающего воздуха $T_{\text{окр}}$.

Разработаем математическую модель системы «Человек – спальник – окружающая среда», которая позволит рассчитать оптимальное распределение толщины пакета по участкам тела. На рисунке 4.6 представлена геометрическая модель системы «человек – спальник – окружающая среда» построенная на основе предыдущих результатов с указанием обозначений и индексов, принятых для математической модели.

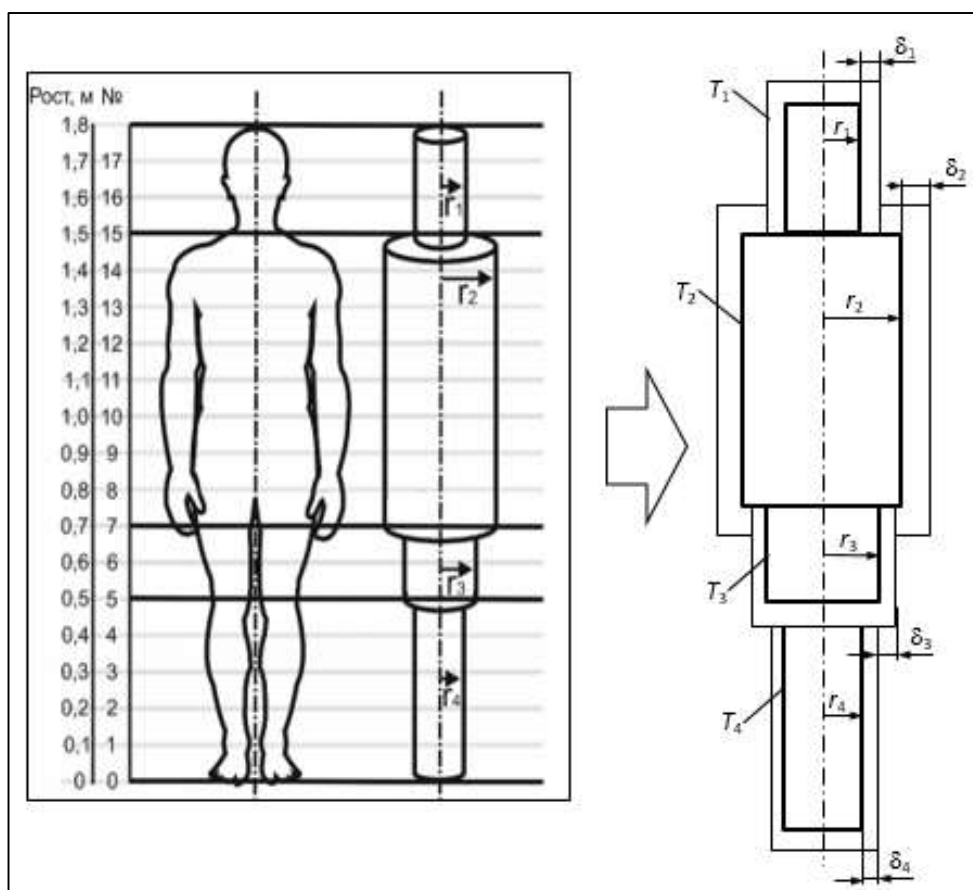


Рисунок 4.6 – Геометрическая модель системы
«Человек – спальник – окружающая среда»

Для построения модели теплообмена человека с окружающей средой используем уравнения тепловой цепи, состоящей из тепловых сопротивлений и источников тепла с известной температурой.

Из уравнения тепловой цепи можно определить полный тепловой поток Q от тела человека в окружающую среду по формуле (4.29)

$$Q = \sum_{i=1}^4 \frac{(T_i - T_{\text{окр}}) S_i}{r_i \left[\frac{1}{\alpha(r_i + \delta_i)} + \frac{1}{\lambda \ln(\delta_i / r_i + 1)} \right]}, \quad (4.29)$$

где S_i – площадь поверхности i -ой части тела.

Объем материала спального мешка определим по формуле (4.30)

$$V = \sum_{i=1}^4 (\delta_i^2 + 2r_i \delta_i) \frac{S_i}{2r_i}. \quad (4.30)$$

где $i = 1, 4$ и соответствует порядковому номеру части тела в таблице 4.8;

S_i – площадь поверхности i – того участка модели, м^2 ;

r_i – радиус i – того участка модели (рисунок 4.6), м;

α – коэффициент теплопередачи от поверхности теплоизолирующего слоя в окружающую среду, Вт/м²С;

t_i – температура поверхности соответствующих участков тела человека, °С;

t_6 – температура воздуха, °С;

δ_i – толщина пакета, м;

λ_p – средняя теплопроводность пакета, Вт/м °С.

Математическая постановка задачи условной оптимизации

Величина Q является критерием оптимальности (или функцией цели задачи), V – ограничение – равенство.

Задача условной оптимизации формулируется следующим образом: найти δ_i^* ($i = 1, 2, 3, 4$), при которых

$$Q(\delta_1^*, \delta_2^*, \delta_3^*, \delta_4^*) = \min Q(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4), \quad (\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4) \in R^4 \quad (4.31)$$

где R^4 – четырехмерное пространство возможных толщин.

и

$$V - \sum_{i=1}^4 (\delta_i^2 + 2r_i\delta_i) \frac{S_i}{2r_i} = 0. \quad (4.32)$$

При этом Q определяется по формуле (1).

Метод решения задачи оптимизации

Преобразуем задачу условной оптимизации в задачу безусловной оптимизации, исключив из ограничения – равенства (4.32) одну из переменных δ_i , например δ_2 .

Для определения δ_2 получим из (4.32) уравнение вида

$$\delta_2^2 + p\delta_2 + q = 0, \quad (4.33)$$

где $p = 2r_2$;

$$q = -\frac{2r_2}{S_2} \left[V - \sum_{i=1,3,4} (\delta_i^2 + 2r_i\delta_i) \frac{S_i}{2r_i} \right].$$

Найдем $D = 4q - p^2$.

Если $D < 0$, то уравнение (4.33) имеет два действительных корня, если $D = 0$ – один корень, $D > 0$ – действительных корней нет.

Решая (5), найдем положительный действительный корень

$$\delta_2 = -0,5p + \sqrt{p^2/4 - D}. \quad (4.34)$$

Задача безусловной оптимизации формулируется следующим образом: найти $\delta_1^*, \delta_3^*, \delta_4^*$, при которых критерий оптимальности

$$Q(\delta_1^*, \delta_3^*, \delta_4^*) = \min Q(\delta_1, \delta_3, \delta_4), \quad (\delta_1, \delta_3, \delta_4) \in R^3$$

Величина δ_2 определяется из (4.34).

Будем использовать метод градиентного спуска с постоянным шагом [1].

Необходимые условия минимума функции цели Q имеют вид:

$$\frac{\partial Q}{\partial \delta_1} = 0; \quad \frac{\partial Q}{\partial \delta_3} = 0; \quad \frac{\partial Q}{\partial \delta_4} = 0.$$

Достаточные условия следуют из определения минимума функции Q : значение функции $Q(P_0)$ в некоторой точке $P_0(\delta_1^*, \delta_3^*, \delta_4^*)$ называют минимумом, если существует окрестность точки P_0 такая, что для всех точек P этой окрестности имеет неравенство $Q(P) > Q(P_0)$.

Алгоритм оптимального проектирования

Зададимся начальными значениями $\delta_1^{(0)}, \delta_3^{(0)}, \delta_4^{(0)}$, величиной V^* , $T_{\text{окр}}$, ε .
Значение $\delta_2^{(0)}$ найдем из (4.34).

Для всех $k = 0, 1, 2, \dots$ выполняем следующие вычисления:

1. Новые приближения искомых величин найдем по формулам методом градиентного спуска

$$\delta_1^{(k+1)} = \delta_1^{(k)} - kq_1 \frac{\partial Q^{(k)}}{\partial \delta_1}(\delta_1^{(k)}, \delta_3^{(k)}, \delta_4^{(k)});$$

$$\delta_3^{(k+1)} = \delta_3^{(k)} - kq_3 \frac{\partial Q^{(k)}}{\partial \delta_3}(\delta_1^{(k)}, \delta_3^{(k)}, \delta_4^{(k)});$$

$$\delta_4^{(k+1)} = \delta_4^{(k)} - kq_4 \frac{\partial Q^{(k)}}{\partial \delta_4}(\delta_1^{(k)}, \delta_3^{(k)}, \delta_4^{(k)}),$$

где kq_1, kq_3, kq_4 – шаг.

Производные $\partial Q^{(k)} / \partial \delta_i$ находим численно по формуле

$$\frac{\partial Q^{(k)}}{\partial \delta_i} = \frac{Q(\delta_1^{(k)}, \dots, \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i, \dots, \delta_4^{(k)}) - Q(\delta_1^{(k)}, \dots, \delta_i^{(k)} - \Delta \delta_i, \dots, \delta_4^{(k)})}{2\Delta \delta_i}.$$

2. Определяем $\delta_2^{(k+1)}$ по формуле (6).

3. Вычисляем $Q^{(k)}$ и выполняем проверку

$$J = \left(\frac{Q^{(k+1)} - Q^{(k)}}{Q^{(k+1)}} \right)^2 \leq \varepsilon^2.$$

Если условие п. 3 выполняется, то решение задачи завершено, если нет – переходим к п. 1. Алгоритм представлен в Приложении Е.

Для реализации алгоритма составлена программа в среде MathCad.

В Таблице 4.9 представлены результаты расчета оптимального распределения толщины пакета по участкам тела для двух температур.

Таблица 4.9 – Распределение толщины пакета по участкам тела и величины коэффициента эффективности утепления

Температура воздуха	Результаты оптимизации толщины, м.					Поток тепла от тела в окружающую среду, Вт
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	$\delta_{\text{ср}}$	
Тв						Q
Минус 2	0,038	0,043	0,040	0,039	0,04	70
Минус 13	0,092	0,107	0,105	0,0975	0,1	70
$K_{\text{эфф.}}$	0,92	1,075	1	0,975		

Разработанная методика оптимального проектирования спального мешка, позволяет оценить при заданных объеме утепляющего пакета спального мешка оптимальное распределение утепляющего пакета по участкам тела, обеспечивающие минимальный поток с тела человека. Как следует из Таблицы 4.9 для спального мешка отличие рассчитанных величин незначительное. Их отличие составляет до 10%. С изменением толщины пакета изменениями коэффициентов эффективности утепления можно пренебречь. Как показано в

[157], величиной изменения коэффициентов эффективности утепления, которые учитывают условия нормировки, можно пренебречь.

Геометрическая модель тела человека для расчета спального мешка учитывает объемы участков тела, которые взаимно соприкасаются друг с другом.

Выводы по главе 4

1. На основе принятой в России методики расчета тепловой защиты одежды с учетом физиологических особенностей теплопродукции человека в условиях сна разработана методика расчета толщины пакета спального мешка для комфортного сна человека в условиях низких температур окружающей среды.

2. Модельное представление человека в виде одноосного цилиндра позволяет с учетом коэффициента формы рассчитать среднюю толщину пакета спального мешка, обеспечивающую тепловую защиту человека при заданной температуре окружающей среды.

3. Произведенный по разработанной методике расчет толщины пакета спальных мешков для комфортного сна человека при температуре «комфорта» в интервале от плюс 2 до минус 24 °С показал, что диапазон изменения рассчитанной толщины пакета составит $\pm 5\%$, что согласуется с данными о толщине спальных мешков, протестированных по стандарту, принятому в ЕЭС.

4. На основе оптимизационного расчета распределения утепляющего слоя по участкам человека в позе сна, представленного четырехцилиндровой геометрической моделью определены коэффициенты эффективности утепления для участков спального мешка.

5. В отличие от европейского стандарта EN 23537 (EN 13537), который предназначен для тестирования только готовых спальных мешков, разработанная методика позволяет прогнозировать толщину пакета пухового спального мешка для заданной температуры при различных исходных данных.

ГЛАВА 5 ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУХА ПО ОТСЕКАМ СПАЛЬНОГО МЕШКА

5.1 Построение конструкции деталей спального мешка с учетом необходимых припусков и прибавок

Несмотря на то, что производство спальных мешков налажено как в России, так и во всем мире, нормативно-техническая документация на их разработку или не существует, или является закрытой информацией, действующей на каждом предприятии. Конструкции спальных мешков весьма разнообразны, зависят от назначения и предусматривают различный температурный режим.

Наиболее эффективной считается коконообразная конструкция спального мешка. Она является рациональной с точки зрения тепловой защиты человека, экономии утеплителя и формирования внутреннего пространства, обеспечивающего хорошее прикрытие плечевого пояса и головы от холода.

Для апробации полученных научных результатов математического моделирования для системы «Человек – спальный мешок – окружающая среда» разработана модель спального мешка типа кокон, модель «PAMIRS V2» (разработка ООО «БАСК»), внешний вид которой представлен в соответствии с Рисунком 5.1.

Теплый пуховой спальный мешок предназначен для альпинизма, горного туризма, экспедиций в экстремальных погодных условиях до минус 30°C, с температурой комфорта от минус 4 до минус 11°C. Спальный мешок выполнен из синтетической пуходержащей ткани Advance® Perfomance, произведенной из высококачественных волокон Nylon по технологии Downproof Innovation Tehnology, которая обладает высокой износостойкостью. Сверхтонкое микропористое покрытие Advance® позволяет обеспечить высокую

водонепроницаемость (1 000 мм H₂O), сохраняя высокие свойства паропроницаемости ткани (7 000 г/м²/24ч, JIS 1099 (A1)), практически не увеличивая её поверхностной плотности (42 г/м²). Ткань покрыта водоотталкивающей пропиткой (DWR), благодаря которой молекулы воды не впитываются, а собираются в капли на поверхности, легко скатываясь вниз. Ткань хорошо пропускает пар, не пропускает пух и долго не загрязняется.

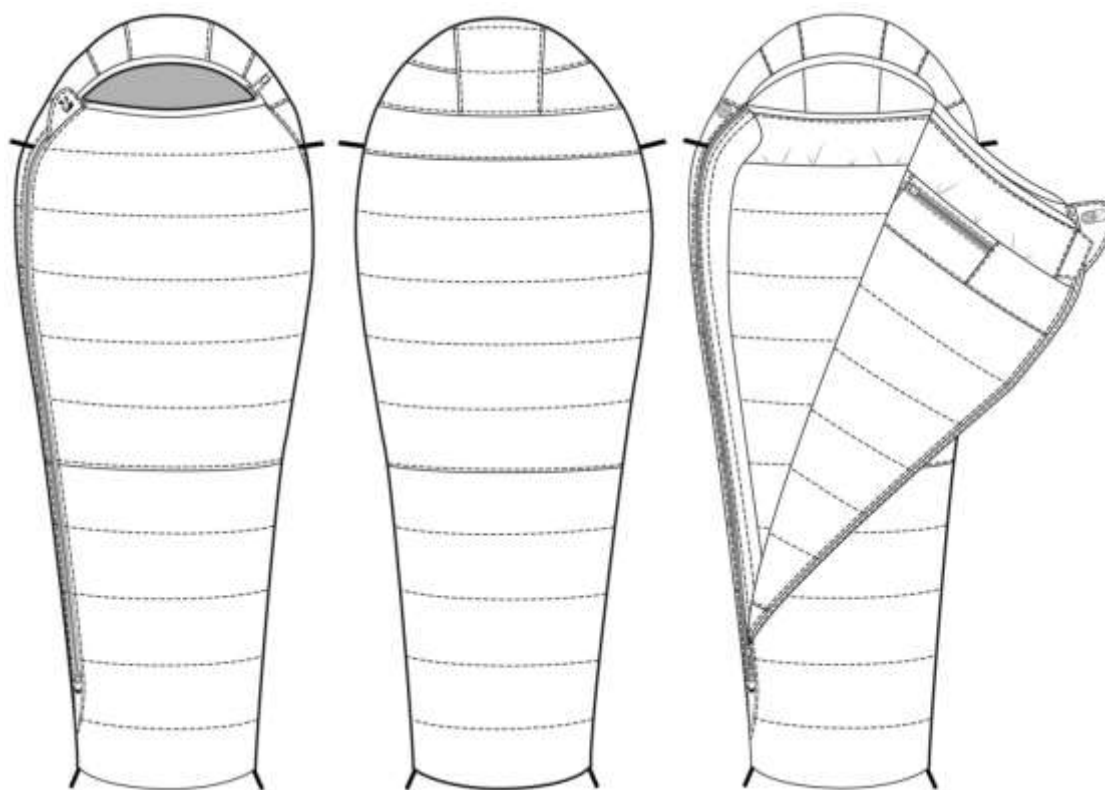


Рисунок 5.1 – Внешний вид проектируемой модели спального мешка «PAMIRS V2»

Спальный мешок конструкции кокон состоит из двух основных деталей: верхней (полочка) и нижней, цельнокроеной с капюшоном (спинка), соединенных между собой посредством тесьмы «молнии» по одной из боковых сторон. Нижняя часть конструкции спального мешка для повышения эргономичности предусматривает деталь дна.

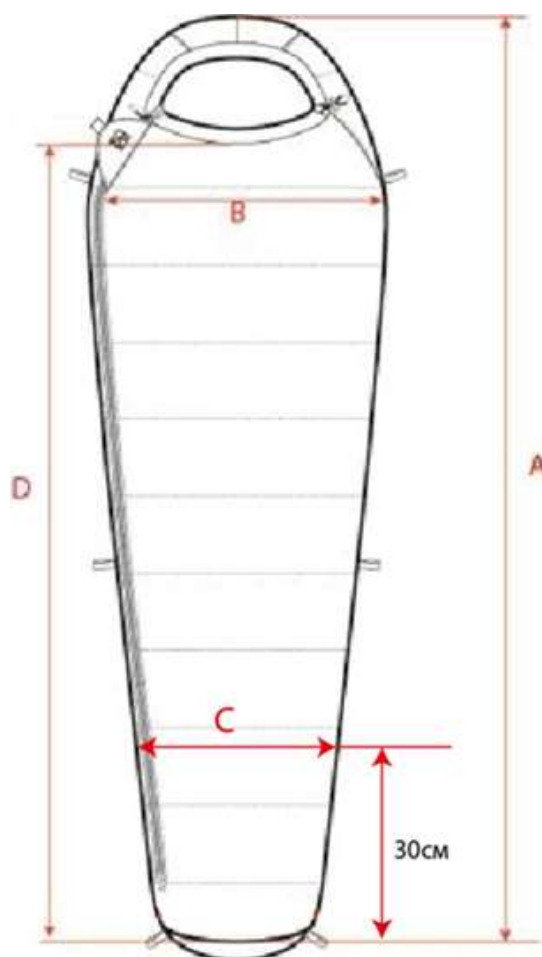
Застежка на тесьму «молния» утеплена внутренней пуховой планкой, защищенной от попадания ткани в зубцы рамками с кантом, окончание застежки фиксируется клапаном с лентой Velcro. Эргономическая форма капюшона

регулируется эластичным шнуром с фиксатором. Для максимального сохранения тепла в модели предусмотрен регулируемый по объему теплый шейный пакет с застежкой «книжкой» на ленту Velcro.

Спальный мешок на подкладке из синтетической пуходержащей ткани Advance® Perfomance. На подкладке расположен один внутренний карман на молнии. В качестве утеплителя используется гусиный пух (FP 700+, FP 800+).

Исходной информацией для проектирования изделий легкой промышленности является размерная характеристика фигур типового телосложения, прибавки на свободное облегание и свойства пакета материалов.

Мировая и отечественная практика проектирования спальных мешков показывает, что не существует стандартов, содержащих классификацию типовых фигур по ростам, размерам и полнотным группам для использования в качестве исходной размерной характеристики проектируемых объектов. Существует единственный Европейский стандарт EN 23537:2016 [80], который регламентирует маркировку спальных мешков по внутренним размерам изделия со стороны подкладки. Согласно данному стандарту спальные мешки выпускаются в четырех размерах – S, M, L, XL. Схема измерения и величины промеров готового изделия представлены в соответствии с Рисунком 5.2.



ПРОМЕРЫ ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ						
	Размеры	допуски, см	S	M	L	XL
A	Длина по спинке (по подкладке)	.+/-3,0	205	213	220	227
B	Ширина в плечах (по подкладке)	.+/-2,0	78	80	82	84
C	Ширина в основании 30см от дна (по подкладке)	.+/-2,0	52	54	56	58
D	Длина по полочке (по верху/по подкладке)	.+/-2,5	173	180	187	194

Рисунок 5.2 – Схема измерения и величины промеров готового спального мешка

Как видно из рисунка 5.2, представленная система обмера готового изделия не достаточна для анализа и исходной информации при разработке конструкции спальных мешков, не позволяет разнообразить как размерный так модельный ряд выпускаемой продукции, а также весьма условно предполагает деление готовых изделий по половозрастному признаку.

Исходя из полученных габаритных данных геометрической модели системы «Человек – спальный мешок – окружающая среда» (рисунок 4.6), нами разработана методика получения исходных данных размерной характеристики

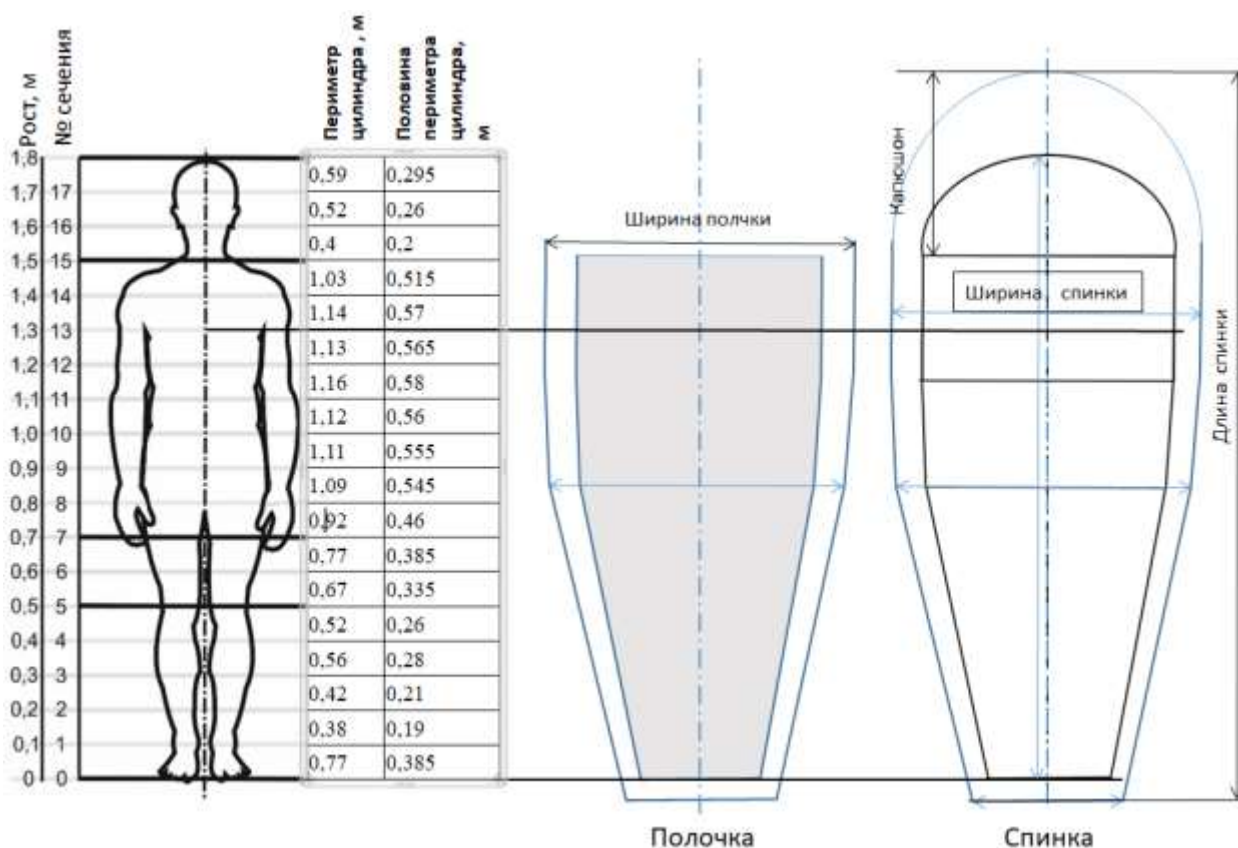
для проектирования спальных мешков. Ранее для построения геометрической цилиндрической модели (глава 4, п. 4.3) нами определена для дальнейшего проектирования фигура мужчины нормального телосложения с ростом 1,76 м, обхватом груди 96,0 см, 2 полнотной группы.

В качестве прибавок, припусков и допусков используется информация, разработанная и применяемая на предприятии ООО «БАСК» (г. Москва).

Как известно, конструктивная прибавка по участкам изделия складывается из прибавки на свободу и прибавки на толщину пакета материалов. Прибавка на толщину пакета проектируется исходя из заданной объемной плотности заполнения пухом пакета, ρ_o , см³/г, которая определяется по формуле (5.1), как FP умноженное на коэффициент наполнения K_n , (формула 2.5, раздел 2.2).

$$\rho_o = FP \times K_n \quad (5.1)$$

Прибавка на свободу облегания содержит величину предполагаемой воздушной прослойки, которая в процессе эксплуатации изделия может полностью заполняется пуховым пакетом, например, после его взбивания. При этом пух может полностью сжиматься и выдавливаться из зон сжатия, увеличивая при этом толщину пакета в несжатых зонах. Методика определения основных габаритных параметров спального мешка схематично представлена в соответствии с Рисунком 5.3.

**Длина спинки =**

Рост (Т1)*
 + прибавка на свободу по длине
 + прибавка на толщину пакета
 + допуск по длине
 + припуск на кривизну
 поверхности сечения отсеков пакета**

* По данным ГОСТ 31396-2009

** По данным [1]

Длина полочки =

Высота точки основания шеи (Т4)*
 + прибавка на свободу по длине
 + прибавка на толщину пакета
 + допуск по длине
 + припуск на кривизну
 поверхности сечения отсеков пакета**

Ширина спинки по линии груди =

Половина периметра цилиндра условной модели человека на данном участке
 + прибавка на свободное облегание
 + прибавка на толщину пакета
 + припуск на кривизну
 поверхности сечения отсеков пакета*

Ширина спинки внизу =

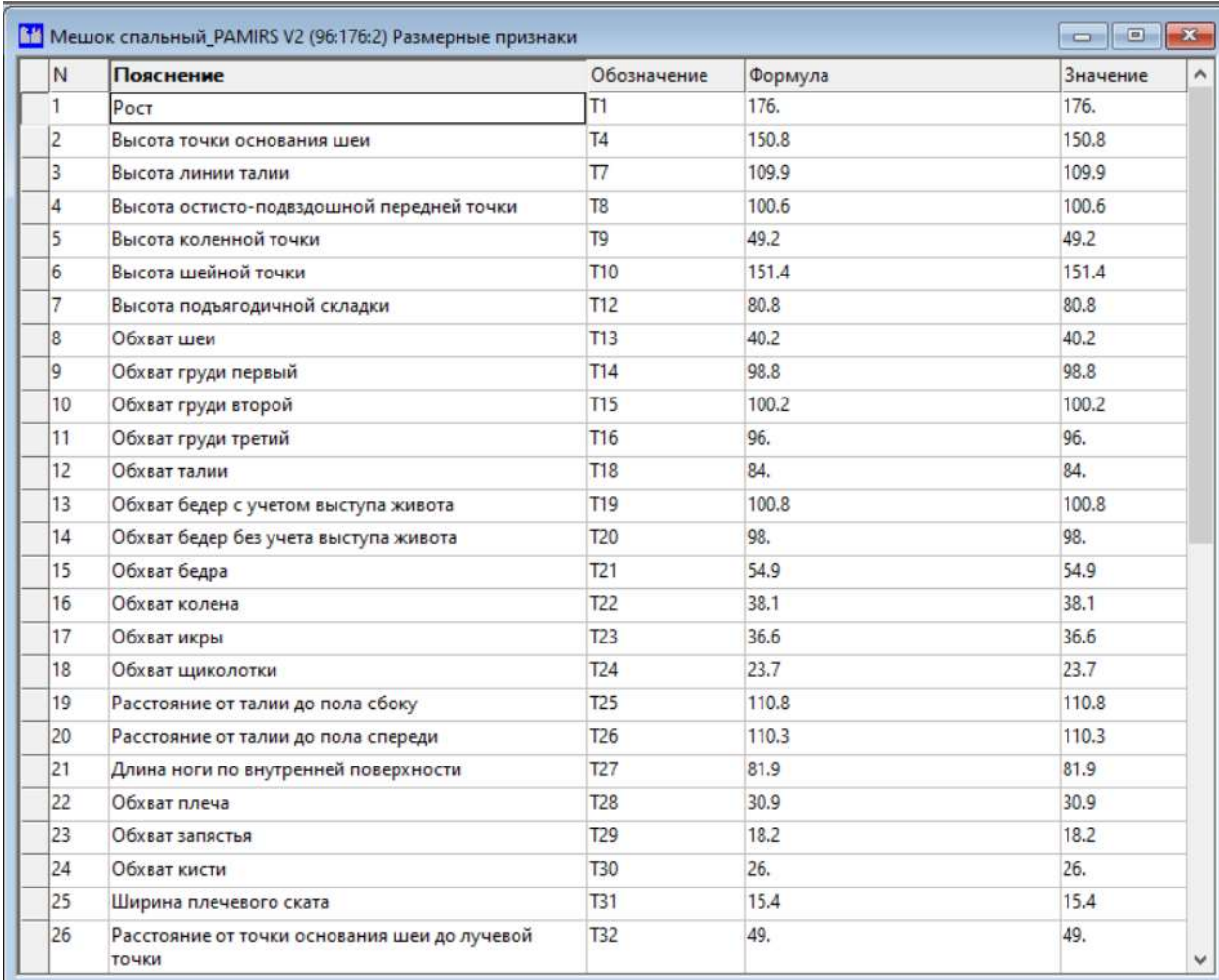
Половина периметра цилиндра условной модели человека на данном участке
 + прибавка на свободное облегание
 + прибавка на толщину пакета
 + припуск на кривизну
 поверхности сечения отсеков пакета*

Ширина полочки по линии груди и внизу
 рассчитывается аналогично ширине нижней части на аналогичных участках конструкции

Рисунок 5.3 – Методика определения основных габаритных параметров спального мешка

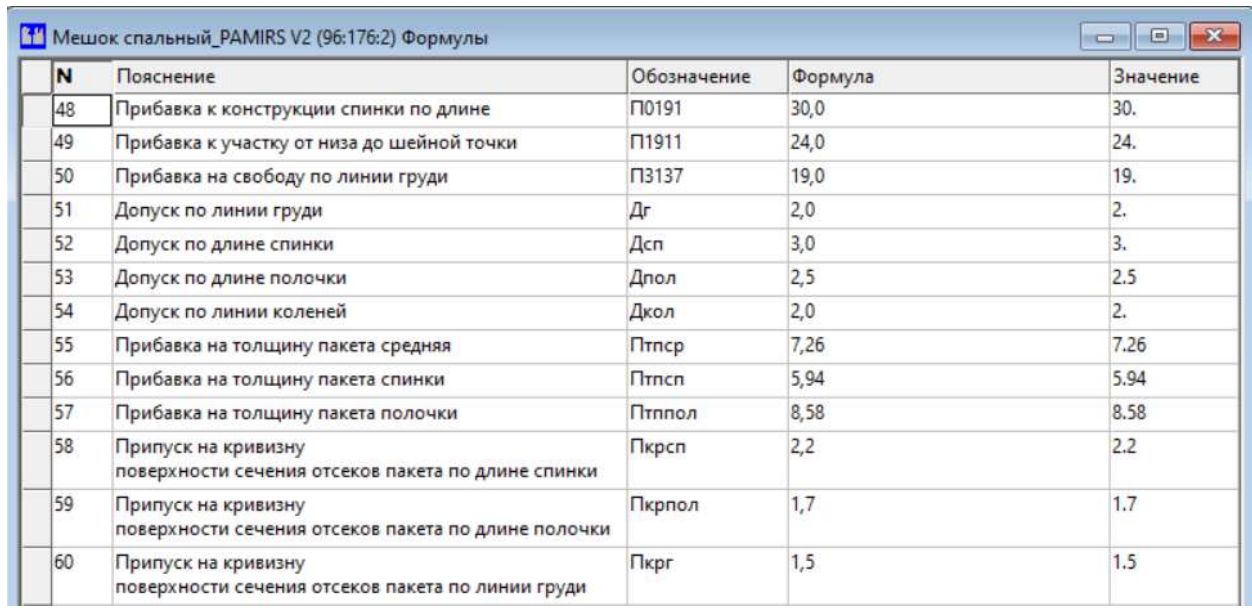
Построение конструкции проектируемого изделия спального мешка произведено по Единой методике конструирования одежды (ЕМКО СЭВ), применяемой в промышленности, осуществляется в подпрограмме «Конструирование и моделирование» в условиях функционирования ППП САПР

«Грация 401». В качестве исходной информации представлены окна с выбором «Размерных признаков» и «Формул» (Рисунки 5.4 и 5.5 соответственно).



N	Пояснение	Обозначение	Формула	Значение
1	Рост	T1	176.	176.
2	Высота точки основания шеи	T4	150.8	150.8
3	Высота линии талии	T7	109.9	109.9
4	Высота остисто-подвздошной передней точки	T8	100.6	100.6
5	Высота коленной точки	T9	49.2	49.2
6	Высота шейной точки	T10	151.4	151.4
7	Высота подъягодичной складки	T12	80.8	80.8
8	Обхват шеи	T13	40.2	40.2
9	Обхват груди первый	T14	98.8	98.8
10	Обхват груди второй	T15	100.2	100.2
11	Обхват груди третий	T16	96.	96.
12	Обхват талии	T18	84.	84.
13	Обхват бедер с учетом выступа живота	T19	100.8	100.8
14	Обхват бедер без учета выступа живота	T20	98.	98.
15	Обхват бедра	T21	54.9	54.9
16	Обхват колена	T22	38.1	38.1
17	Обхват икры	T23	36.6	36.6
18	Обхват щиколотки	T24	23.7	23.7
19	Расстояние от талии до пола сбоку	T25	110.8	110.8
20	Расстояние от талии до пола спереди	T26	110.3	110.3
21	Длина ноги по внутренней поверхности	T27	81.9	81.9
22	Обхват плеча	T28	30.9	30.9
23	Обхват запястья	T29	18.2	18.2
24	Обхват кисти	T30	26.	26.
25	Ширина плечевого ската	T31	15.4	15.4
26	Расстояние от точки основания шеи до лучевой точки	T32	49.	49.

Рисунок 5.4 – Окно «Размерные признаки»



N	Пояснение	Обозначение	Формула	Значение
48	Прибавка к конструкции спинки по длине	П0191	30,0	30.
49	Прибавка к участку от низа до шейной точки	П1911	24,0	24.
50	Прибавка на свободу по линии груди	П3137	19,0	19.
51	Допуск по линии груди	Дг	2,0	2.
52	Допуск по длине спинки	Дсп	3,0	3.
53	Допуск по длине полочки	Дпол	2,5	2.5
54	Допуск по линии коленей	Дкол	2,0	2.
55	Прибавка на толщину пакета средняя	Птпср	7,26	7.26
56	Прибавка на толщину пакета спинки	Птпсп	5,94	5.94
57	Прибавка на толщину пакета полочки	Птппол	8,58	8.58
58	Припуск на кривизну поверхности сечения отсеков пакета по длине спинки	Пкрсп	2,2	2.2
59	Припуск на кривизну поверхности сечения отсеков пакета по длине полочки	Пкрпол	1,7	1.7
60	Припуск на кривизну поверхности сечения отсеков пакета по линии груди	Пкрг	1,5	1.5

Рисунок 5.5 – Окно «Формулы»

Фрагмент алгоритма и чертеж модельной конструкции спального мешка типа кокон, модель «PAMIRS V2» представлены в соответствии с Рисунком 5.6.

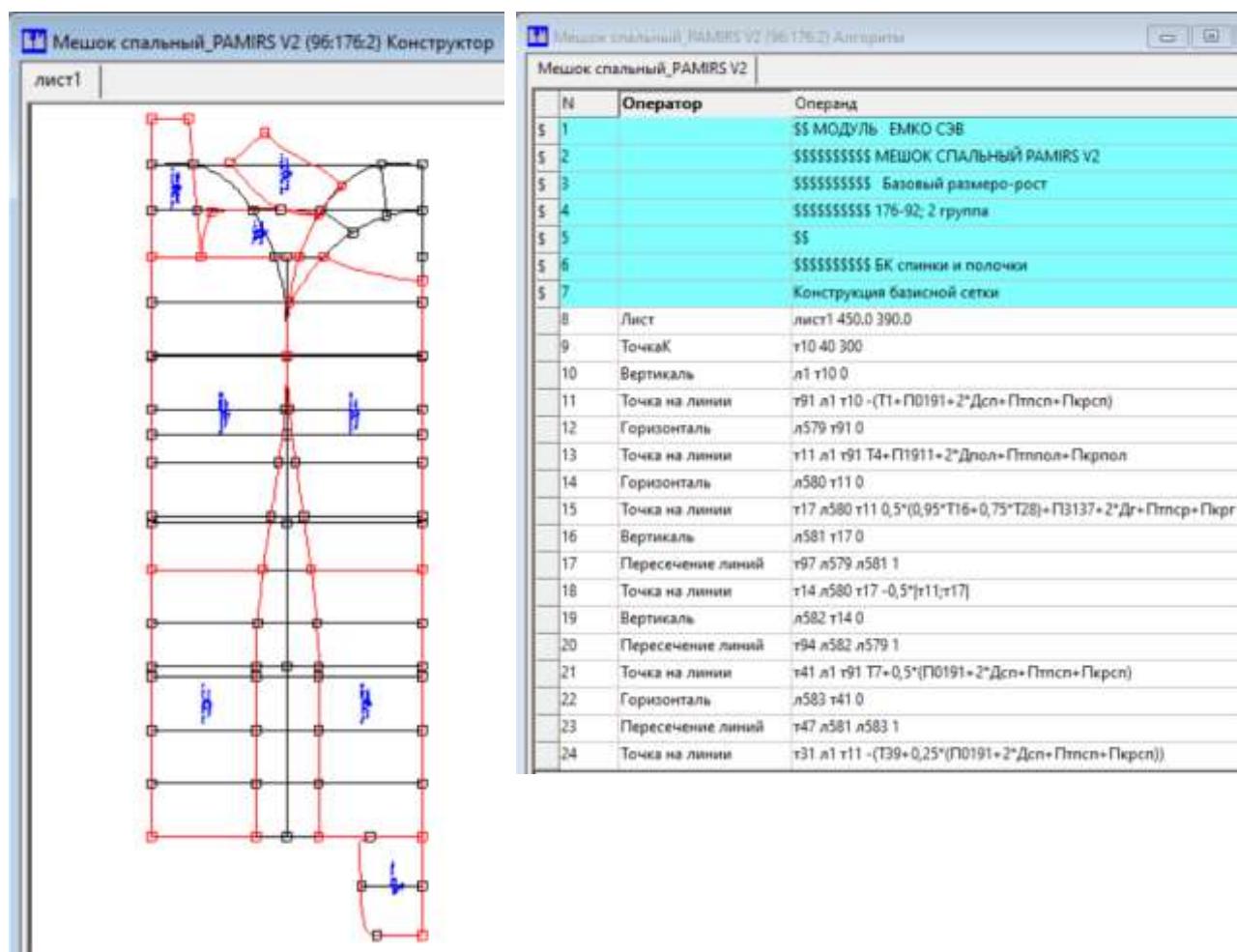


Рисунок 5.6 – Фрагмент алгоритма и чертеж модельной конструкции спального мешка типа кокон, модель «PAMIRS V2»

Таким образом, на основе полученных ранее аналитических результатах математической модели для системы «Человек – спальный мешок – окружающая среда» разработана модель спального мешка типа кокон, модель «PAMIRS V2». Изготовлен образец спального мешка (Рисунок 5.7), температурный режим которого подтвержден официальным тестом EN 13537 [83].



Рисунок 5.7 – Образец спального мешка типа кокон, модель «PAMIRS V2»

С целью повышения точности и экономичности дозирования нами на основании полученных результатов нами разработана методика расчета количества пуха по отсекам спального мешка.

5.2 Расчет количества пуха по отсекам спального мешка

Нормирование пухового утеплителя решает две основных проблемы производства пуховых изделий:

1. Рациональное с точки зрения обеспечения максимальной тепловой защиты распределение пуха по деталям и отдельным отсекам изделий
2. Экономия наполнителя за счет строгого учета заполнения изделий с различными размерно-ростовыми признаками.

Представляем **последовательность расчета распределения пуха в спальный мешок.**

1. Задать следующие параметры для расчета (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Параметры, необходимые для расчета спального мешка

Теплопродукция человека (Состояние сна)	40	Вт/м ²
T _в - Температура эксплуатации, T _{расчетн}	-11	°С
T _к - Комфортная температура кожи	36,1	°С
q _м – общие энергозатраты организма, Вт/м ² .	40	Вт/м ²
S _т - площадь поверхности тела обнаженного человека, м ²	1,8	м ²
Базовый размер	Размер	Рост
	52	4
Наполняющая способность пуха, FP	850	Inch3/oz
Коэффициент наполнения пухом, K _н	1,7	-

2. Расчет средней толщины пакета изделия ведется в соответствии с математической моделью формулы (4.3 – 4.7), (4.9, 4.10), (4.14 – 4.17), (4.19) раздела 2. Результаты расчета представлены в Таблице 5.2.

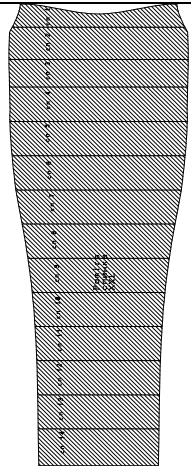
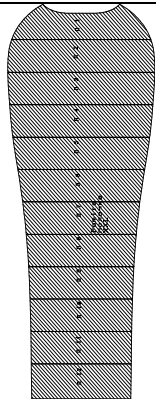
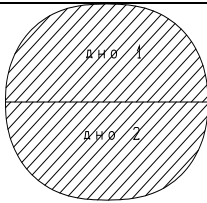
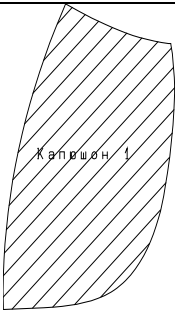
Таблица 5.2 – Расчет средней толщины пакета спального мешка

№	Наименование параметра	Величина
3.	q _п - средняя плотность сухого теплового потока с тела, Вт/м ² ; По МР 2.2.8.2127-06	26,68
4.	W - эффективная мощность механической работы, Вт/м ² ;	0
5.	q _{к.дых} - теплопотери конвекцией при дыхании, Вт/м ² ;	2,59
6.	q _{исп.дых} - теплопотери испарением влаги при дыхании, Вт/м ² ;	2,83
7.	Δq _{т.с} - изменение теплосодержания в организме, кДж/м ² .	0
8.	q _{исп.к} – теплопотери испарением с поверхности тела, Вт/м ² . По МР 2.2.8.2127-06	12,90
9.	T _{выд.} - температура выдыхаемого воздуха, °С;	27
10.	q _о – основной обмен организма, Вт/м ² ;	40
11.	S _{пт} - площадь поверхности тела обнаженного человека, м ² .	1,8

№	Наименование параметра	Величина
12.	P_B - давление водяного пара в атмосфере, кПа	0,287
13.	$P_{\text{выд.}}$ - давление насыщенного водяного пара при температуре выдыхаемого воздуха ($T_{\text{выд.}}$), кПа;	3,557
14.	R_K - средневзвешенное термосопротивление пакета, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.	1,728
15.	λ - эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета, $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$.	0,040
16.	δ средняя толщина пакета, м	0,066
	<i>Данные для этикетки спального мешка</i>	
	T_K - Температура комфорта	-4
	T_P - Температура предела комфорта	-11
	$T_Э$ - Температура экстрима	-30

3. Построение конструкции деталей спального мешка с учетом необходимых припусков и прибавок (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Основные детали спального мешка

Вид деталей, нумерация деталей, нумерация отсеков деталей модельной конструкции изделия			
1	2	3	4
Спинка	Полочка	Дно	Капюшон 2 детали
			

4. Определение площади каждой детали, разметка деталей на отсеки, определение площади каждого отсека.

Таблица 5.4 – Расчет количества пуха спального мешка

№	Наименование параметра	Размерность	Величина
1.	Средняя толщина пакета, δ	см	6,6
2.	Общ. площадь деталей, $S_{\text{общ.п.}}$	см ²	28445
3.	Объем утеплителя V_0	см ³	187737
4.	FP	Inch3/oz	850
5.	Общая масса пуха без учета K_n	г	382
6.	Коэффициент наполнения пухом, K_n		1,7
7.	Общая масса пуха P с учетом K_n	г	611,3
8.	Плотность заполнения пухом деталей, ρ	г/см ³	0,0032565

5. Перераспределение пуха по деталям спального мешка.

Перераспределение ведется на основании экспертной оценки необходимости перераспределения пуха по деталям, обусловленного характером эксплуатации спального мешка. На спинке человек всегда лежит на теплоизоляционном коврик и пух в спинке фактически устраняет воздушные прослойки, которые возникают под телом человека, Рисунок 5.8.

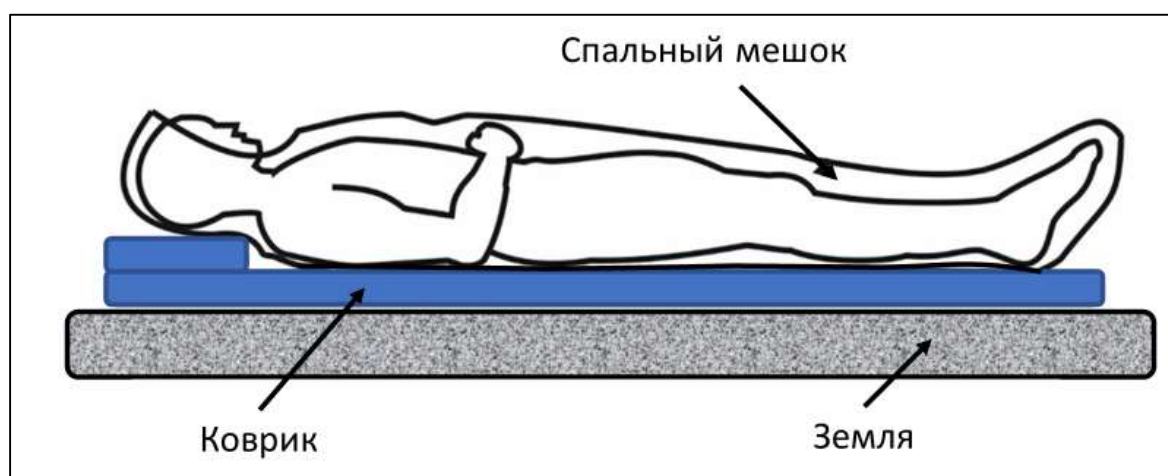


Рисунок 5.8 – Распределение толщины пакета спального мешка во время его эксплуатации

Полочка спального мешка находится сверху. Целесообразно перераспределить наполнитель: уменьшить в пакете спинки и прибавить в пакет полочки. Это перераспределение делается на основании экспертных оценок и опыта предприятия. В Таблице 5.5 представлены площади деталей и площади отсеков каждой детали. Также она представляет коэффициент эффективности утепления, который определяет перераспределения пуха по деталям изделия. В отличие от одежды, где детали соответствуют части тела – рука, туловище, бедро, голень, голова - в спальном мешке речь идет о деталях, которые в процессе эксплуатации испытывают давление или не испытывают. То есть речь идет о перераспределении толщин между спинкой и полочкой. В Таблице 5.5 представлены результаты расчета количества пуха по деталям с учетом нормировочного коэффициента утепления $K_{эфф.у}$.

Таблица 5.5 – Перераспределение пуха по деталям спального мешка

№	Наименование параметра	Наименование деталей изделия								Итого
		Спинка		Полочка		Дно		Капюшон		
		1		2		3		4		
		№ отсека	Площадь, м ²	№ отсека	Площадь, см ²	№ отсека	Площадь, см ²	№ отсека	Площадь, м ²	
		с1	806,1	п1	1060,9	кб4	459,6	а1	400,4	
		с2	1171	п2	1417,5	кб5	459,6	е2	400,4	
		с3	1139,3	п3	1439,3	0	0	0	0	
		с4	1427,3	п4	1396,3	0	0	0	0	
		с5	1439,3	п5	1343,6	0	0	0	0	
		с6	1396,3	п6	1272,8	0	0	0	0	
		с7	1343,6	п7	1201,1	0	0	0	0	
		с8	1272,8	п8	1125,3	0	0	0	0	
		с9	1201,1	п9	1044,1	0	0	0	0	
		с10	1125,3	п10	1028,9	0	0	0	0	
		с11	1044,1	п11	0	0	0	0	0	
		с12	1028,9	п12	0	0	0	0	0	
1	Площадь деталей, см ²		14395		12329,8		919,2		800,8	
2	Объем деталей V _i , i=1-4		95007,7		81376,7		6066,7		5285,3	187736,3
3	Количество деталей		1		1		1		2	

Продолжение таблицы 5.5.

№	Наименование параметра	Наименование деталей изделия						Итого
		Спинка	Полочка	Дно	Капюшон			
		1	2	3	4			
4	Общая площадь с учетом количества деталей, см ²	14395	12329,8	919,2	800,8			
5	*Коэффициент эфф. утепления $K_{эфф.у}$	0,9	1,3	1,3	0,8			
6	Толщина детали с учетом $K_{эфф.у}$, см	5,94	8,58	8,58	5,28			
7	Объем одной детали с учетом $K_{эфф.у}$, см ³	85507	105789	7886	4228,2			
8	Объем V_{ai} с учетом $K_{эфф.у}$ и количества деталей, см ³	85508	105789	7886	8456,4		207639,7	
9	Нормировочный коэффициент $K_{нд}$						0,904	
10	Нормированный объем V_{ni} , см ³	77311	95649,5	7131	7645		187737*	
11	Количество пуха во всех деталях, г	251,8	311,5	23,2	24,8		611,3**	
12	Количество пуха в одной детали, г	251,8	311,5	23,2	12,4			

Примечание –

*Сравнить со строкой 3 табл.5.4

**Сравнить со строкой 7 табл.5.4

После перераспределения толщин деталей необходимо проконтролировать изменение суммарного объема пакетов V_a , по формуле (5.2). Результат суммирования представлен в строке 8, столбец «Итого»:

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a3} + V_{a4}; \quad (5.2)$$

после этого определяется нормировочный коэффициент $K_{нд}$ по формуле (5.3):

$$K_{нд} = V_o / V_a = 0,904. \quad (5.3)$$

Величина коэффициента $K_{нд}$ располагается в табл. 5.5, строка 9, столбец «Итого».

После этого каждый из абсолютных объемов необходимо умножить на коэффициент $K_{нд}$, в результате чего получаются нормированные объемы деталей $V_{ни}$, таблица 5.5, строка 10, формула (5.4).

$$V_{ни} = K_{нд} \times V_{абс}. \quad (5.4)$$

Масса пуха для заполнения в каждую деталь P_i определяется по формуле (5.5), результаты представлены в табл. 5.5 строка 11:

$$P_i = V_{ни} \times \rho. \quad (5.5)$$

Общая масса пуха P определяется суммированием значений масс пуха в каждой детали, формула (5.6).

$$P = \sum_{i=1}^4 P_i \quad (5.6)$$

6. Перераспределение и нормировка количества пуха по отсекам деталей спального мешка (Таблицы 5.6, 5.7, 5.8, 5.9).

Перераспределение пуха по отсекам ведется с учетом оптимального распределения пуха по участкам модели в соответствии с таблицей 4.9. Для спинки, поскольку там пух будет сжат под давлением тела человека принимается равномерное распределение пуха в области туловища, бедер и голеней $K_{эфф. (c4-c12)}=1$, в подголовной части, для примера, $K_{эфф. (c1-c3)}=0,92$

Дальнейший перерасчет распределения пуха по отсекам с учетом нормировочного коэффициента аналогичен тому, как это делалось в Таблице 5.5.

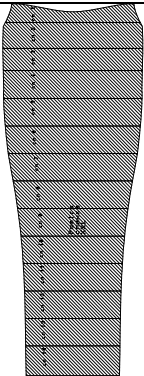
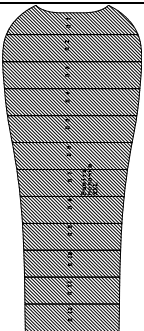
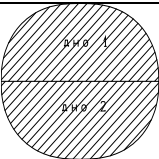
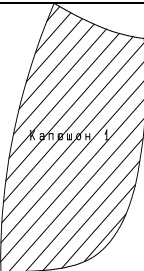
Таблица 5.6 – Перераспределение и нормирование пуха в отсеках спинки

Спинка	1	Равное распределение пуха по отсекам	Коэффициент перераспределения пуха по отсекам	Дифференцированное распределение	Нормировка дифференцированного распределения	Справочно % от ровно			Распределение пуха по отсекам окончательное	
									2	3
№ отсека	Площадь	г		г	г				№ отсека	г
c1	806,1	14,09833	0,92	12,970464	13,19906161	-6,378548866			c1	13,2
c2	1171	20,48027	0,92	18,841848	19,17392525	-6,378548866			c2	19,2
c3	1139,3	19,92585	0,92	18,331782	18,65487023	-6,378548866			c3	18,7
c4	1427,3	24,96284	1	24,962842	25,40279909	1,762446885			c4	25,4
c5	1439,3	25,17272	1	25,172717	25,61637268	1,762446885			c5	25,6
c6	1396,3	24,42067	1	24,420666	24,85106731	1,762446885			c6	24,9
c7	1343,6	23,49897	1	23,498966	23,91312328	1,762446885			c7	23,9
c8	1272,8	22,26071	1	22,260706	22,65303908	1,762446885			c8	22,7
c9	1201,1	21,0067	1	21,006705	21,37693686	1,762446885			c9	21,4
c10	1125,3	19,681	1	19,680997	20,02786367	1,762446885			c10	20
c11	1044,1	18,26084	1	18,260845	18,58268236	1,762446885			c11	18,6
c12	1028,9	17,995	1	17,995003	18,31215581	1,762446885			c12	18,3
Итого	14395,1	251,7639		242,70375	251,7638972					251,7
К-во деталей	1									

В Таблицах 5.7, 5.8 и 5.9 приведено перераспределение пуха по отсекам полочки, дна и капюшона. При распределении пуха по отсекам полочки необходимо учесть, что полочка имеет длину до подбородка, то есть коэффициент утепления головы не учитывается, а коэффициенты утепления для других частей тела берутся из Таблицы 4.9.

Окончательно результаты сводятся в таблицу (Таблица 5.10), которая используется специалистом, работающим на дозаторе, и также может использоваться в технико-экономическом отделе для расчетов расходования материалов.

Таблица 5.10 – Протокол для набивщика пухом

		Вид деталей, нумерация деталей, нумерация отсеков деталей модельной конструкции изделия								
		Спинка		Полочка		Дно		Капюшон		Итого
										
		1		2		3		4		
		№ отсека	г	№ отсека	г	№ отсека	г	№ отсека	г	
		с1	13,5	п1	24,7	кб4	11,6	а1	6,2	
		с2	19,5	п2	33	кб5	11,6	е2	6,2	
		с3	19	п3	33,5					
		с4	25,9	п4	39					
		с5	26,1	п5	37,6					
		с6	25,3	п6	35,6					
		с7	19,5	п7	33,6					
		Спинка		Полочка		Дно		Капюшон		Итого
		с8	23,1	п8	26,2					
		с9	21,8	п9	24,3					
		с10	20,4	п10	24					
		с11	18,9	п11	0					
		с12	18,7	п12	0					
		с13	0	п13	0					

		Вид деталей, нумерация деталей, нумерация отсеков деталей модельной конструкции изделия								
		Спинка		Полочка		Дно		Капюшон		Итого
Итого, г		251,7		311,5		23,2		12,4		
1.	*Площадь деталей, см ²	14395,1		12329,8		919,2		800,8		
2.	Количество деталей	1		1		1		2		
3.	Общая площадь с учетом количества деталей, см ²	14395,1		12329,8		919,2		800,8		
4.	*Коэффициент эффективности утепления $K_{эфф}$	0,9		1,3		1,3		0,8		
5.	Толщина детали, см	5,94		8,58		8,58		5,28		
6.	Объем с учетом количества деталей, м ²	77310,8		95649,4		7130,7		7645, 9		
7.	Количество пуха во всех деталях нормированное, г	251,8		311,4		23,2		24,8		611,2
8.	Средняя поверхностная плотность пуха г/ м ² .	174		252		315		309		

Методика распределения пуха по отсекам спального мешка основывается на необходимости следить за количеством пуха при его двукратном перераспределении, сначала по пакетам деталей, а затем по отсекам деталей. Каждая из Таблиц 5.4, 5.5 и 5.10 содержит контрольную массу пуха, необходимую для заполнения в изделие, которая постоянно сверяется с базовой. Также с начальным количеством пуха в конкретной детали идет сверка при его перераспределении по отсекам.

Выводы по главе 5

Расчет распределения количества пуха по отсекам спального мешка производится в 4 этапа:

1. Расчет плотности заполнения пухом деталей, количества пуха для спального мешка делается на основе данных о необходимой средней толщине спального мешка, площади деталей спального мешка, суммарном объеме пакетов деталей спального мешка, наполняющей способности пуха (FP) и коэффициента наполнения Кн.

2. Расчет количества равномерного распределения пуха по деталям спального мешка на основе данных о площади деталей.

3. Перераспределение пуха по деталям спального мешка с учетом назначения детали. Из спинки спального мешка, которая во время эксплуатации всегда сжата под тяжестью тела человека, часть пуха необходимо переносить в полочку спального мешка. Это создает некоторый гарантированный запас по тепловой защите. Осуществляется контроль рассчитанной массы пуха.

4. Расчет распределения пуха по отсекам деталей изделия. Осуществляется с учетом коэффициентов эффективности утепления, а также с учетом эксплуатационных особенностей деталей изделия. В спинке спального мешка, на которой лежит человек, пух не перераспределяется по отсекам, поскольку, как правило» сжат под телом человека. В отсеках детали полочки делается перераспределение пуха с учетом коэффициентов эффективности утепления человека в позе сна.

На каждом этапе перераспределения пуха осуществляется нормировка рассчитанной массы пуха, так, чтобы вес пуха, рассчитанный по средним данным не менялся.

ГЛАВА 6 ПОЛУЧЕНИЕ НЕСВЯЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ

Несвязные композиционные утеплители (НКУ), представляющие из себя двухкомпонентные смеси, состоящие из пуха и штапельного волокна или из обрывков нетканого полотна, могут использоваться для экономии ценного наполнителя – пуха или для нормирования наполняющей способности пухового утеплителя. В процессе выполнения диссертационной работы были получены два патента на способ получения НКУ, материалы изложены в.

1. Пат. 2724154 С1, 22.06.2020. Заявка № 2020105837 от 07.02.2020. Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя. Бринк И.Ю., Колесник С.А., Богданов В.Ф., Ширшов Е.Е.
2. Пат. 2735772 С1, 09.11.2020. Заявка № 2020116308 от 29.04.2020. Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя. Богданов В.Ф., Бринк И.Ю., Горчаков В.В., Колесник С.А., Ширшов Е.Е.
3. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Бринк И.Ю., Богданов В.Ф. Разработка способа получения несвязного двухкомпонентного утеплителя при производстве теплозащитной одежды и снаряжения. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2021. Т. 52. № 2. С. 17-21.
4. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Исследование реологических характеристик образцов несвязного композиционного утеплителя на основе компонент гусиный пух/шерсть. В сборнике: Лёгкая промышленность и сфера сервиса: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-

практической конференции с международным участием. Омск, 2020. С. 31-34

6.1 Разработка способа получения хлопьевидного материала из нетканого полотна

Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя относится к текстильной промышленности и может быть использован в производстве несвязных композиционных материалов для швейной промышленности, в частности в качестве утепляющего прокладочного материала, предназначенного для придания одежде объемной формы и необходимых теплозащитных свойств, аналогичных натуральному пуху.

Способ заключается в получении трехмерных кластеров волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя механической деструкцией полотна холстопробивного синтетического утеплителя с помощью устройства, на рабочем столе, которого полотно перемещается расположенными на нем транспортирующими роликами, и на конце перед прорезью для свободного возвратно-поступательного движения гильотинного ножа прижимается к выступу стола прижимным валиком, задающим скорость движения. После чего осуществляется прокалывание, последующее увлечение и отрыв участка полотна в виде волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя игольчатыми гребенками прямоугольной формы, закрепленными в шахматном порядке в два ряда на валу, установленном по другую сторону прорези стола, под которыми располагается платформа с продольными прорезями, по которым при вращении вала проходят иглы гребенки, затем волокна, тянущиеся за трехмерным кластером, обрезают гильотинным ножом и подают в накопитель с помощью вакуум-системы. На Рисунке 6.1. представлена принципиальная схема устройства для получения

кластеров из нетканого полотна, на которую получен патент [160] (Приложение К).

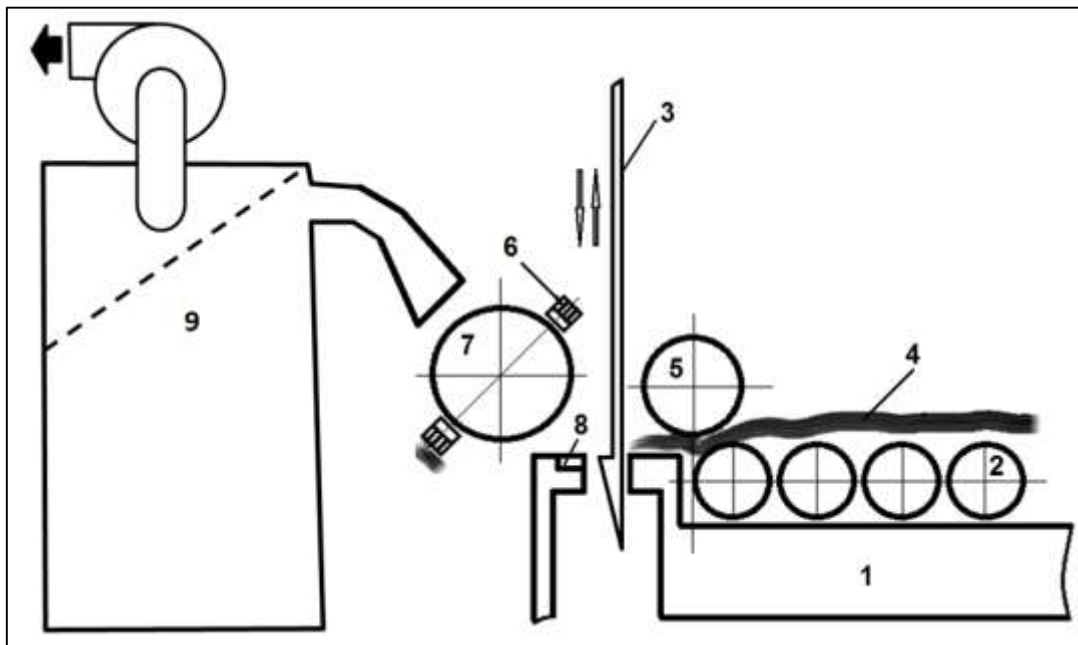


Рисунок 6.1 – Принципиальная конструкция устройства для получения кластеров из нетканого полотна

Объем проведенных исследований реологических характеристик несвязного композиционного утеплителя, основанного на смешивании гусиного пуха с кластерами нетканых материалов, на настоящий момент оказались недостаточным для принятия решения о внедрении данной технологии. В процессе проведенных исследований были найдены новые технологические решения, которые изложены ниже.

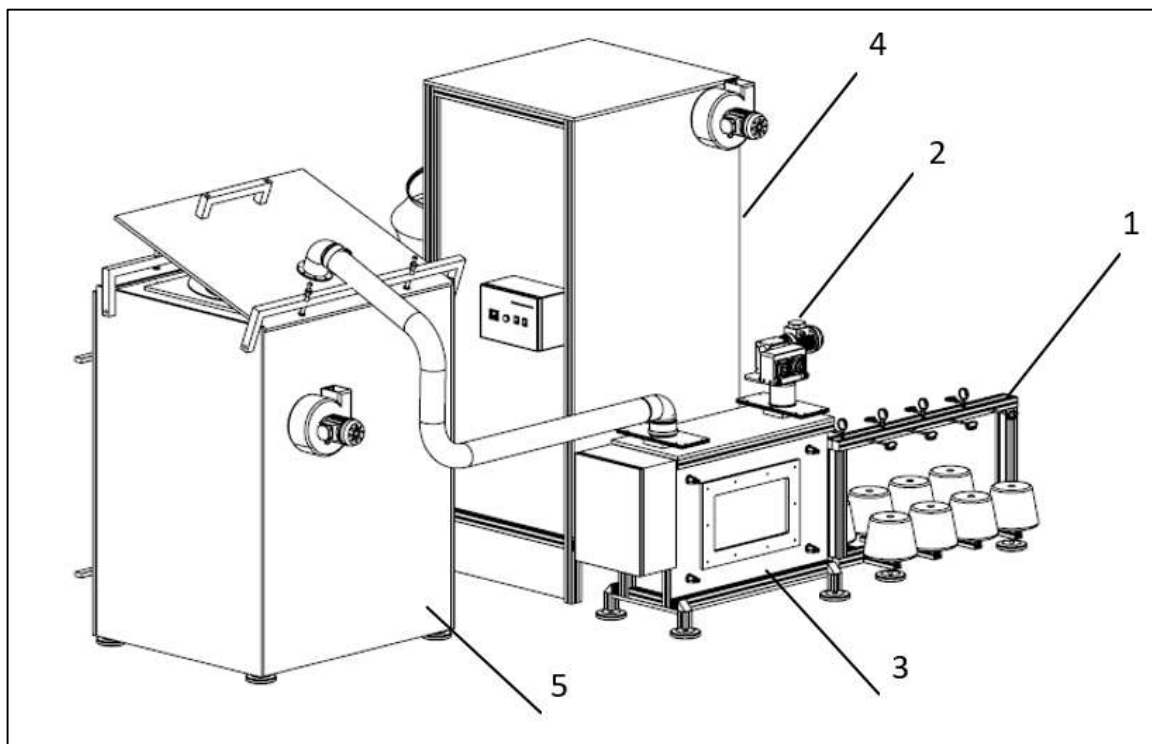
6.2 Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя

Предлагаемое изобретение относится к текстильной промышленности и может быть использовано при производстве утеплителей с характеристиками близкими к натуральному пуху водоплавающей птицы, полученными методом

смешивания несвязных композиционных утеплителей, и предназначенными для изготовления одежды и спальных мешков.

Предложен способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя, согласно которому осуществляют аэродинамическое смешивание двух компонент, одной из которых является пух. Способ представляет собой единый непрерывный технологический процесс, при котором в качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала используют шерстяную или синтетическую пряжу с параметрами крутки волокон более чем 1 крутка на 1 см длины пряжи, нарезанную в устройстве резки пряжи на отрезки длиной 20 мм с количеством трехмерных гофр более 2-х с последующим разделением отрезков на отдельные штапельные волокна в смесителе-активаторе, снабженном штифтами, расположенными на стенках смесителя, с помощью градиентных воздушных потоков, создаваемых разнонаправленными форсунками, дальнейшем смешиванием с пухом водоплавающей птицы и транспортировкой готовой смеси в дозатор для наполнения изделия. На предлагаемый способ получения НКУ получен патент [161].

На Рисунке 6.2 представлен автоматизированный комплекс для получения несвязного композиционного материала пух/штапели волокон.



1 – шпулярник, с расположенными на нем бобинами пряжи;
 2 – устройство резки, которое позволяет резать пряжу на отдельные отрезки длиной от 15 до 20 мм;
 3 – активатор смеситель, оснащенный воздушными коллекторами с разнонаправленными форсунками, которые создают импульсные воздушные потоки; 4 – растариватель пуха;
 5 – затариватель для НКУ, в который поступает готовый материал.

Рисунок 6.2 – Схематичное представление установки для получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя

На Рисунке 6.3 представлена компоновочная схема размещения оборудования для получения несвязного композиционного утеплителя для размещения в помещении.

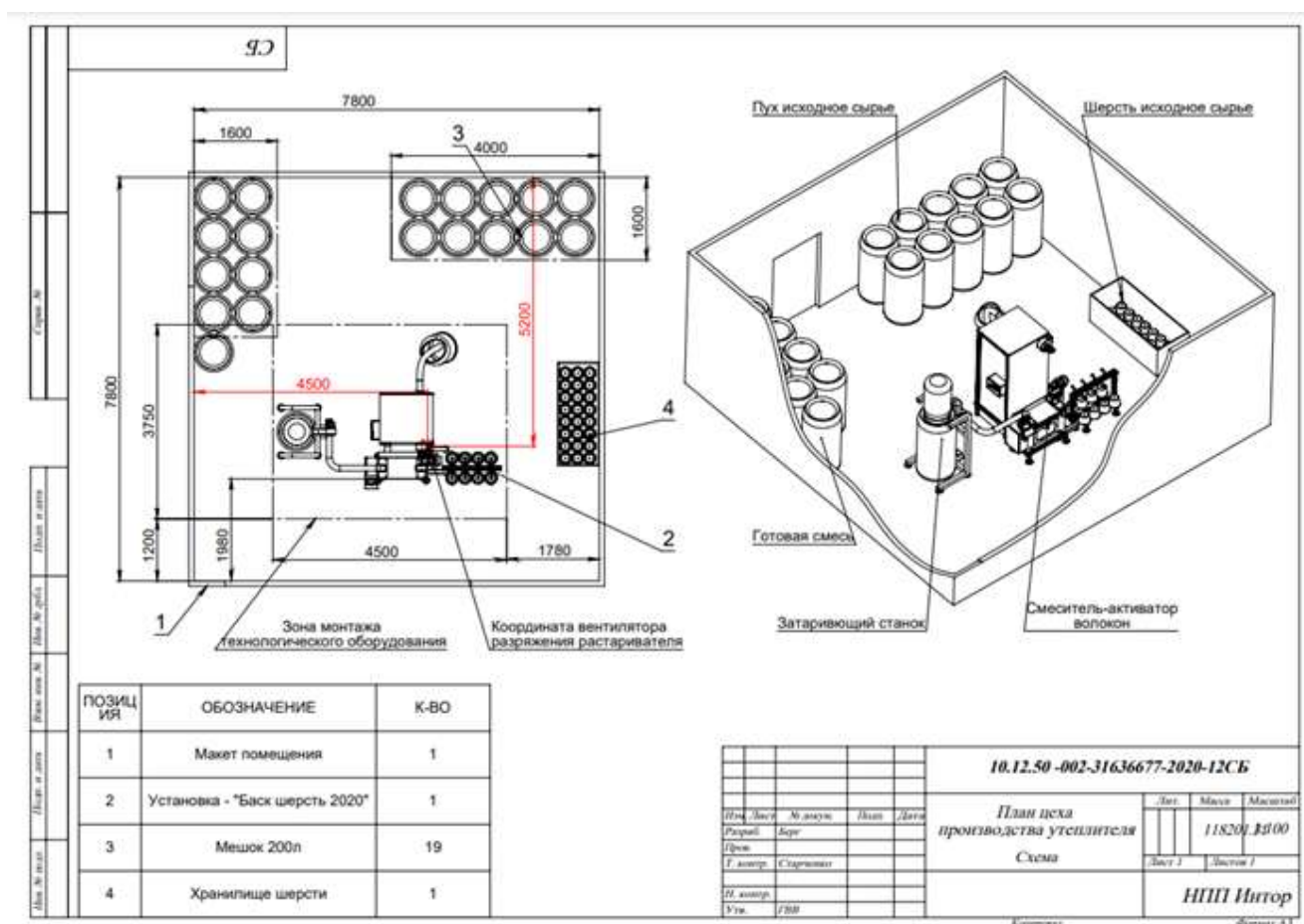


Рисунок 6.3 – Схема размещения оборудования для производства НКУ в помещении

Предлагаемый способ получения несвязного композиционного утеплителя, состоящего из смеси пуха с шерстяными или синтетическими волокнами осуществляется следующим образом. Способ представляет собой единый дискретный технологический процесс, осуществляемый в автоматическом режиме с помощью специально разработанной установки. Подробнее о разработанной технологии и установке см. Приложение И.

В качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала используют шерстяную или синтетическую пряжу с параметрами крутки более 100/м. Пряжа поступает с бобин, находящихся на шпулярнике - 1 на режущий механизм - 2, где разрезается на отрезки длиной 2 см. Полученные отрезки всасываются потоком воздуха в смеситель - активатор - 3, в котором падают на дно, представляющее собой взвешивающую платформу. Как только масса отрезков пряжи достигнет величины, соответствующей заданной

пропорции компонент, режущий механизм - 2 отключается и включается процесс разделения отрезков пряжи на штапельные волокна. Для этого внутри смесителя-активатора располагаются более двух воздушных коллекторов, снабженных форсунками, обеспечивающими путем разнонаправленных градиентных потоков воздуха соударение отрезков пряжи со штифтами, расположенными на нижней и на боковых стенках смесителя-активатора с целью их разделения на отдельные волокна. Обработка заданной массы волокон градиентными потоками воздуха продолжается достаточное количество времени для того, чтобы разделить отрезки пряжи на отдельные штапельные волокна.

Как только разделение отрезков пряжи на штапельные волокна произошло, в смеситель-активатор 3 подается пух в заданном количестве из растаривателя 4. Дно растаривателя 4 представляет собой взвешивающую платформу, которая позволяет отбирать определенную массу пуха для смешивания, чтобы обеспечить необходимую пропорцию компонент несвязного композиционного утеплителя. После осуществления смешивания, полученная масса подается в затариватель 5 и далее непосредственно в дозатор для наполнения изделий.

Этим способом были изготовлены опытные партии несвязных двухкомпонентных утеплителей путем смешивания с пухом пряжи с различным составом волокон [162] (Таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Варианты экспериментальных пакетов с различными компонентами НКУ

№ пакета	Компоненты		Соотношение, пух/компонента, %	
	1.	Пух	Шерсть	70
2.	Пух	Полипропилен, ПП	70	30
3.	Пух	Полиэстер, ПЭ	70	30
4.	Пух	-	100	-

В Таблицах 6.2-6.3 представлены результаты измерения реологических характеристик образцов пакетов изделий - модуля упругости сжатия - E_0 , модуля упругости восстановления - E_B , относительных параметров сжатия и восстановления пакетов, изготовленных с применением разработанного двухкомпонентного несвязного композиционного утеплителя при сжатии давлением в 14,8 Па и 56 Па. В Таблице 6.2 h_0 , h_1 , h_B – соответственно толщины горизонтально расположенных пакетов до приложения нагрузки, во время приложенной нагрузки в 14,8 Па и восстановленной толщины после снятия нагрузки.

Таблица 6.2 – Измеренные и рассчитанные реологические характеристики пакетов при воздействии давления 14,8 Па при комнатной температуре

Пакеты (смеси)	Толщина (высота)			Относительные показатели			Модули Юнга	
	h_0 (ср)	h_1 (ср)	h_B (ср)	h_1/h_B	h_B/h_0	h_1/h_0	E_0	E_B
Пух+шерсть (70/30)	4,92	3,32	3,97	0,82	0,81	0,66	44	83
Пух+ПП (70/30)	4,81	3,57	4,10	0,87	0,85	0,74	57	115
Пух+ПЭ (70/30)	3,80	2,94	3,29	0,89	0,86	0,77	65	138
Пух (100/0)	5,40	3,80	5,10	0,74	0,94	0,70	50	58

Таблица 6.3 – Измеренные и рассчитанные реологические характеристики пакетов при воздействии давления 56 Па при комнатной температуре

Наполнитель пакета	Толщина (высота)			Относительные показатели			Модули Юнга	
	h_0 (ср)	h_1 (ср)	h_B (ср)	h_1/h_B	h_B/h_0	h_1/h_0	E_0	E_B
Пух+шерсть (70/30)	4,92	2,07	4,09	0,51	0,83	0,42	125	147
Пух+ПП (70/30)	4,81	1,94	3,84	0,50	0,80	0,40	121	146
Пух+ПЭ (70/30)	3,80	1,50	3,09	0,48	0,81	0,39	145	189
Пух (100/0)	5,50	2,30	5,05	0,45	0,92	0,42	125	133

Как следует из Таблиц 6.2 и 6.3 при давлении 56 Па модули Юнга сжатия и восстановления для НКУ Пух/шерсть отличаются от пуха в пределах 10%, что говорит о хорошем качестве наполнителя.

С целью прогнозирования реологических характеристик исследованы НКУ на основе гусиный пух/шерсть для всех пропорций в интервале от 100/0 до 50/50 с интервалом в 10 процентных пунктов [163]. В качестве контроля пограничного значения исследованию подверглись смеси 10/90 и 0/100. Основные характеристики НКУ на основе смеси пуха и шерстяных волокон образца Б представлены в Таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Основные характеристики НКУ на основе смеси пуха и шерстяных волокон

№ п.п.	Вид пуха	Пух/шерстяное волокно образца Б	Наполняющая способность FP	Модуль Юнга сжатия E_0	Модуль Юнга восстановления E_v
1.	Гусь	(100/0)	850	21	28
2.		(90/10)	800	24,6	36,8
3.		(80/20)	692	21,0	33,6
4.		(70/30)	657	21,0	34,0
5.		(60/40)	520	19,2	32,0
6.		(50/50)	460	19,8	34
7.		(10/90)	450	18,9	28
8.		(0/100)	430	19	27

Анализ результатов показывает снижение величины модулей упругости с увеличением процентного содержания штапелей шерстяного волокна в гусином пухе.

В настоящее время на производстве ООО «БАСК» происходит внедрение использования НКУ. Работы по поиску и подбору компонентов продолжаются.

Первый опыт использования НКУ показал хорошие результаты, была оценена экономическая эффективность использования некоторых смесей НКУ в производстве:

Смесь 80% пухоперовой гусиной смеси 85/15 и 20% резаных синтетических волокон – оказывается дешевле на 7,24% относительно стоимости пухоперовой смеси

Смесь 70% пухоперовой гусиной смеси 85/15 и 30% резаных синтетических волокон – оказывается дешевле на 14,12% относительно стоимости пухоперовой смеси.

В процессе смешивания пухоперовой смеси с резаными синтетическими волокнами происходит уменьшение FP, поэтому для сохранения тепловых свойств изделия необходимо закладывать большее количество НКУ – полученные результаты учитывают это обстоятельство.

В качестве дополнительных расходов на производство смеси НКУ учитывались действующие тарифы для работы в г. Москва:

- стоимость ФОТ работников
- расходы на электроэнергию
- амортизация используемого оборудования
- стоимость аренды помещения
- другие общехозяйственные расходы

Выводы по главе 6

1. В процессе выполнения диссертационной работы было разработано устройство для получения кластеров, которые в последующем могут быть смешаны с пуховым утеплителем. Однако принятие решения о внедрении этой технологии требует проведения дальнейших экспериментов по смешиванию, определению реологических характеристик и гарантийному сроку сохранения первоначальных характеристик.

2. Разработана технология и установка для получения несвязных композиционных утеплителей на основе смешивания пуха со штапелями волокон шерсти и синтетических материалов, которая была внедрена на предприятии ООО «БАСК».

3. Результаты исследования реологических характеристик полученного материала показывают возможность использования нового материала в спальнях мешках и других изделиях.

4. Получены хорошие экономические результаты по удешевлению конечной продукции при использовании НКУ, при сохранении тепловых свойств изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе проведенных экспериментов с основными видами пуха водоплавающих птиц установлено, что коммерческий показатель качества пуха – наполняющая способность (FP , $\text{см}^3/\text{г}$) не может напрямую использоваться для расчета плотности заполнения изделий пухом, поскольку конструкция тест-системы имеет априорные погрешности, лишаящие физического смысла результат измерения: трение массы пуха о стенки измерительного цилиндра, одноосное выдавливание воздуха из массы пуха.

2. В результате исследования теплофизических и физико-механических свойств пакетов заполненными различными видами пуха уточнены границы и тенденции изменения коэффициента наполнения - K_n , который позволяет рассчитать необходимую плотность заполнения пухом изделий, $1,33 < K_n < 1,83$.

3. Учет изменения коэффициента теплопроводности воздуха в пакетах с пуховым наполнителем необходим, так как плотность пухового наполнителя сравнима с плотностью воздуха, иммобилизованного наполнителем. Разработанная методика и прибор для ее реализации «БаскАрктик» для измерения термосопротивления пуховых пакетов толщиной до 120 мм при тепловом напоре до 75 °С, позволяет оценивать термосопротивление пакетов в реальных условиях эксплуатации с учетом снижения коэффициента теплопроводности воздуха, заполняющего пакет пухового изделия с уменьшением температуры.

4. Разработана математическая модель расчета толщины спального мешка в зависимости от заданной температуры эксплуатации. Установлено соответствие результатов расчета толщины пакета с результатами тестирования спальных мешков по методике EN 23537. Это позволяет использовать методику для прогнозирования толщины спальных мешков.

5. На основании расчетов, проведенных на разработанной математической модели «Человек – спальник – окружающая среда», определены коэффициенты эффективности утепления отдельных частей тела человека,

находящегося в спальном мешке в позе сна: руки вдоль туловища, ноги вместе. Однако для их применения необходимо проводить анализ будущего эксплуатационного функционирования соответствующей детали спального мешка.

6. С целью экономии дорогого пухового сырья разработана методика расчета распределения пуха по отсекам деталей спального мешка с учетом коэффициента наполнения, коэффициента перераспределения и коэффициентов эффективности утепления, которая позволяет автоматизировать процессы расчета и учета расходования материала.

7. Разработан и запатентован способ получения несвязных композиционных утеплителей на основе смеси пуха со штапельными волокнами. Аппаратный комплекс, реализующий способ, внедрен на предприятии ООО «БАСК» см. Приложение К.

8. При внедрении на производство получены хорошие экономические результаты по удешевлению конечной продукции при использовании НКУ, при сохранении тепловых свойств изделий.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты) при изучении дисциплин: «Особенности проектирования швейных изделий различного ассортимента», «Научноёмкие технологии в инженерии» у обучающихся по направлению подготовки 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности.

2. С целью уточнения пределов изменения K_n с учетом изменяющихся в процессе эксплуатации температуры окружающей среды следует провести дополнительные эксперименты по исследованию изменения реологических характеристик пуховых пакетов при уменьшении температуры.

3. Разработанные методики проектирования тепловой защиты спальных мешков могут использоваться на предприятиях, выпускающих спальные мешки с пуховым утеплителем в целях проектирования новых изделий.

4. Вопросы разработки несвязных композиционных утеплителей на основе смесей пуха и кластеров синтетических волокон требуют своего дальнейшего развития.

5. Необходимо дальнейшее обобщение исследований, проведенных в настоящей диссертации с целью формирования единой методологии проектирования различных изделий с пуховым утеплителем.

Список терминов и сокращений

Перед изложением материала дадим расшифровку некоторым терминам и сокращениям.

Несвязный утеплитель – легкий утепляющий материал, состоящий из разрозненных хлопьевидных элементов, легко транспортирующихся потоком воздуха.

«*Шарики*» - несвязные утеплители в виде шариков из синтетических волокон.

Наполняющая способность (Fill Power, FP) – объемное измерение определенного количества пуха и пера, подвергнутого стандартному сжатию.

Пуховый пакет, пуховый теплоизолирующий пакет, пакет, заполненный несвязным утеплителем – пакет, имеющий переборки, препятствующие материалу свободно перемещаться по пакету.

Аутдор-снаряжение или *спортивно-туристское снаряжение* – спортивно-туристские предметы одежды и спальных принадлежностей – спальные мешки, палатки, одежда, веревки и проч. В данной работе – куртки, брюки, жилеты, рукавицы, спальные мешки для защиты человека от холода.

Гомеостаз – относительное динамическое постоянство внутренней среды (крови, лимфы, тканевой жидкости) и устойчивость основных физиологических функций (кровообращения, дыхания, терморегуляции и т.д.) организма.

Комфорт – комплексное восприятие ощущений при воздействии внешних и внутренних раздражителей, обусловленное особенностями психофизиологического состояния человека.

Комфортное тепловое состояние человека – функциональное состояние организма человека, характеризующееся определенным содержанием и распределением теплоты в поверхностных и глубоких тканях тела при минимальном напряжении аппарата терморегуляции.

Рациональная конструкция – это конструкция изделия, обеспечивающая статическое и динамическое соответствие размерам и форме тела человека, с

высокой степенью бытового комфорта и безопасности, при разработке которой учитывается полный комплекс специальных требований, предъявляемых к изделиям заданного назначения, а также учитывается специфика их эксплуатации.

Тепловой комфорт – теплоощущения, характеризующие степень удовлетворенности человека условиями температурной и тепловой среды.

Терморегуляция – совокупность физиологических процессов, обусловленных деятельностью центральной нервной системы, поддерживающих температуру тела на постоянном уровне.

Коэффициент утепления – коэффициент пропорциональности, определяющий показатель увеличения тепловой защиты отдельных участков тела человека по отношению к рассчитанной средней толщине пакета материалов.

Коэффициент наполнения – коэффициент пропорциональности, увязывающий наполняющую способность несвязного утеплителя (объемность при заданных условиях) с расчетной плотностью заполнения изделия.

Поза сна – расслабленная, но достаточно стесненная поза спящего человека, при которой он лежит ровно, руки располагаются вдоль туловища, ноги соприкасаются друг с другом.

Энергосберегающая поза – поза спящего в спальном мешке человека, свернувшегося «калачиком», способствующая изменению теплопродукции организма за счет уменьшения площади поверхности тела.

Пакет большой толщины – пакет одежды или спального мешка с несвязным утеплителем, превышающий по толщине 6 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бринк, И. Ю. Расчёт и исследование специальной пуховой теплозащитной одежды [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04 / Иван Юрьевич Бринк. – Шахты, 1987. – 150 с.
2. Бринк, И.Ю. Ателье туриста [Текст] / И. Ю. Бринк, М. П. Бондарец. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 144 с.
3. Бринк, И.Ю. Развитие производства пуховой одежды [Текст] / И. Ю. Бринк // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. – 1991. – № 1. – С. 77–80.
4. Бекмурзаев, Л.А. Проектирование изделий с объёмными материалами : монография [Текст] / Л. А. Бекмурзаев. – Шахты, 2001. – 195 с.
5. Бекмурзаев, Л.А. Научные основы проектирования швейных изделий с объёмными материалами [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Бекмурзаев Лемма Абдулхажиевич. – М., 2001. – 384 с.
6. Чижик, М. А. Проектирование швейных изделий из систем материалов с объёмными утеплителями : монография / М. А. Чижик, Т. М. Иванцова. – Омск : Издательство учебной, научной литературы и учебно-методических пособий, ОГИС, 2014. – 112 с.
7. Дьяконова, Е.В. Новый метод исследования и оценки миграции перо – пуховой смеси в одежде [Текст] / Е.В. Дьяконова, О.В. Метелева // Дизайн. Материалы. Технология. – 2013. – №1. – С. 56-59
8. Дьяконова, Е.В. Анализ влияния условий эксплуатации утепленной одежды на миграцию пуха [Текст] / Е.В. Дьяконова, О.В. Метелева // Изв. вузов. Технология легкой промышленности – 2014. – №4. – С. 79-82
9. Fuller, M., The structure and properties of down feathers and their use in the outdoor industry / School of Design The University of Leeds: – US. – April 2015. – 280 p.
10. <http://etheses.whiterose.ac.uk/9268/> обращение 04.02.2016

11. Meinander H, Anttonen H, Bartels V, Holmér I, Reinertsen R, Sołtyński K, et al. Thermal insulation of cold protective clothing using thermal manikins. Subzero project. Final Report. Tampere, Finland: Fiber Materials Sciences, Tampere University of Technology; 2003.
12. Hänel SE. A joint Nordic project to develop an improved thermal manikin for modelling and measuring human heat exchange. In: Aspect médicaux et biophysiques des vêtements de protection [Medical and biophysical aspects on protective clothing] [conference proceedings]. Lyon, France: Centre de Recherche du Service de Santé des Armées; 1983. p. 280–2.
13. Wu YS, Fan J. Testing sleeping bags using a supine sweating fabric manikin. In: 13th International Conference on Environmental Ergonomics [CD-ROM]. Boston, MA, USA: USARIEM; 2009.
14. Holand B. Comfort temperatures for sleeping bags. In: Nilsson H, Holmér I, editors. In: The Third International Meeting on Thermal Manikin Testing; 3IMM. Solna, Sweden: Arbetslivsinstitutet; 1999. p. 25–8.
15. Weiner, L.I. Physical properties of feather and down with particular reference to their use as filling materials in sleeping bags. In S. J. Kennedy, A. Schubert, & L. I. Weiner, eds. The utilization of chicken feathers as filling materials. Natick, Massachusetts, April 28-29, 1955: Advisory Board on Quartermaster Research and Development, pp. 60–74.
16. Loconti, J.D. The morphology of feathers and down. In S. J. Kennedy, A. Schubert, & L. I. Weiner, eds. The utilization of chicken feathers as filling materials. Natick,
17. Бартон, А. Эдхолм О. Человек в условиях холода. –М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. -333с..
18. Fanger P.O. (1970) Thermal comfort-analysis and applications in environmental engineering. Danish Technical Press, Copenhagen. 244 pp.
19. П.А Колесников. Теплозащитные свойства одежды. –М.: Легкая индустрия, 1971. -109 с.

20. Афанасьева, Р.Ф. Физиолого-гигиенические принципы распределения теплоизоляционного материала в одежде. В сб. ЦНИИШП. Научно-исследовательские труды. Сб.15. М.: Легкая индустрия, 1970. – с.71-87.

21. Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В. Охлаждающая среда и ее влияние на организм // В кн.: Профессиональный риск для здоровья работников / Под. ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. - М.: Травант, 2003. - С. 142-149.

22. Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки [Текст] : МР 2.2.8.2127-06 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 07.09.2006 : ввод. в действие с 07.09.2006. – М.: Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. № 4. – 2006.

23. Методика определения должной теплоизоляции обуви и рукавиц, предназначенных для защиты от холода, которые устанавливают гигиенические требования к комплекту средств индивидуальной защиты от холода и его составляющим (спецодежда, головной убор, рукавицы, обувь) [Текст] : МР 2.2.8.0111 – 16 : Утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 23.03.2016 : ввод. в действие с 23.03.2016. – М.: Роспотребнадзор, 2016.

24. Gao, J. Compression behavior evaluation of single down fiber and down fiber assemblies / J. Gao, N.Pan and W. Yu // The Journal of The Textile Institute. – Volume 101, 2010 – Issue 3. - P. 253-260. – URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405000802377342> (дата обращения 10.11.2018 г).

25. Gao, J. Structures and properties of the goose down as a material for thermal insulation / J. Gao, Yu, W. and Pan. // Textile Research Journal – August 1, 2007. – №77(8). P. 617-626. – URL: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517507079408> (дата обращения 05.12.2018 г).

26. Kasturiya, N. System design of cold weather protective clothing / Nishkam Kasturiya, M.S. Subbulakshmi, S.C. Gupta and Hans Raj // Defence Science Journal, Vol 49, No 5, October 1999, P. 457-464.
27. Kaufman, W.C. Thermal insulating capabilities of outdoor clothing materials / W.C. Kaufman, D. Bothe and S.D.Meyer // Science. – 1982. - №215(4533), - P.690-691.
28. Bible, A., 2014. Outdoor brands consume less than one percent of global down production. Blue Ridge Outdoor Magazine, June, p.1. URL: <http://www.blueridgeoutdoors.com/camping/outdoor-brands-down-production/>.
29. BSI BS EN 12935-2001 Feather and Down - Hygiene and Cleanliness Requirements
30. Пуховый утеплитель. ООО «Баск». – URL: <https://baskcompany.ru/info/stati/down/pukhovyi-uteplitel.html> (дата обращения 17.12.2018 г)
31. Farnworth, B. Heat transport in cold weather clothing. In Fourteenth Commonwealth defence conference on operational clothing and combat equipment / B. Farnworth, R.J. Osczevski // Defence Research Establishment Ottawa. – 1985. – P. 1–47.
32. Morrissey, M.P. Clothing systems for outdoor activities [Text] / M.P. Morrissey, R.M. Rossi // Textile Progress. – 2013. - № 45(2-3). - P.145–181. – URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405167.2013.845540> (дата обращения 20.12.2018 г).
33. Бринк, И.Ю. Методологические основы проектирования одежды с пуховым наполнителем [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Иван Юрьевич Бринк. – Новочеркасск, 1995. – 306 с. . наук : 05.19.04 / Иван Юрьевич Бринк. – Новочеркасск, 1995. – 305 с.
34. Меркулова, А.В. Проблемы оценки качества перо-пухового сырья / А.В. Меркулова, И.В. Черунова // Инновации и перспективы сервиса: Международная научно-технич. конф.; г.Уфа (23-24 ноября 2004 г.) - Уфа: УГИС, 2004. - С. 154-156.

35. Назаренко, Е.В. Факторы, формирующие качество перо-пуховых композиций / Е.В. Назаренко, Л.А. Бекмурзаев // Ресурсосберегающие технологии производства швейных изделий: сборник научных трудов. - Шахты: ЮРГУЭС, 2006. - С.17-19.

36. Недина, В.Т. Исследование аэродинамических свойств текстильных материалов / В.Т. Недина, М.И. Сухарев, П.А. Филиппов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983. - №1 (151). - С.15-18.

37. DE 2751689A1. Germany. Heat insulating filler material - comprising mixture of natural and synthetic fibres of set lengths // Inventor Engelbertus Gaarhuis. - В 68 1/00 28.09.77.

38. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учеб. для студ. высш. уч. заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова; под. ред. Бузова Б.А. – Москва: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

39. Пат RU2074914C1. Волокнистый материал, способ изготовления волокнистого мата, способ изготовления формованного изделия (варианты) и формованное изделие/ Кинкель Вернер-Хельмут Финзель Норберт/ 1997-03-10.

40. Перепелкин, К.Е. Химические волокна. Развитие производства, методы получения, свойства, перспективы: монография / К.Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург: РИО СПГУДТ, 2008. – 354 с.

41. https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=холлофайбер%20что%20это%20такое&pos=13&img_url=https%3A%2F%2Fimages.ru.prom.st%2F560813414_w640_h640_hollofajber.jpg&rpt=simage Обращение 24.03.2021

42. Бунькова, Т. О. Проблемы подбора пакета материалов одежды с пухоперовым утеплителем / Т.О. Бунькова, Е.В. Арчинова // Молодой ученый. – 2011. – №11. – Т.1. – С. 35-37.

43. Бекмурзаев, Л.А. Проектирование изделий с объемными материалами: монография / Л.А. Бекмурзаев. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001. – 195 с.

44. Пат. 2629174C2. Российская Федерация, МПК D04H 1/00 Композиционный утеплитель /И.Б. Черунова, И.Ю. Бринк; заявитель и

патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «БВН инжиниринг» (RU). - № 2015150338; заявл. 25.11.2015; опубл. 24.08.2017. Бюл. № 24. – 8 с.

45. Пат. 988010. United States of America, Process of making imitation-feather articles / David Metzger; заявитель и патентообладатель David Metzger-1910-07-07. – 3 с.

46. Пат. 2713547A. United States of America, Simulated down filler and method of making the same / Edward R Frederick; заявитель и патентообладатель Edward R Frederick. - 1952-08-08. -4 с.

47. Пат. 3541653A. United States of America, Process for forming bulk yarns from continuous filament webs / Philip J Stevenson; заявитель и патентообладатель Monsanto Co. - 1968-12-19, - 3 с.

48. Пат. 3892919A. United States of America, Speech synthesis system / Akira Ichikawa; заявитель и патентообладатель Hitachi Ltd. - № 414, 746.; заявл. 12.11.1973, опубл. 01.07.1975. – 7с.

49. Пат. 4040371A. United States of America, Polysiloxane coated polyester fibers blended with other fibers to obtain fibrous mass having more acceptable flame resistance than a mass of unblended polysiloxane coated fibers / John LaMonte CooperJames, Alvis Newnam; заявитель и патентообладатель E I du Pont de Nemours and Co. - № 671278; заявл. 29.03.1976; опубл. 09.008.1977. – 4 с.

50. Пат. 4167604A. United States of America, Thermal insulation material comprising a mixture of down and synthetic fiber staple / William E. Aldrich; заявитель и патентообладатель Authentic Fitness Products Inc. - № 920,706; заявл. 30.06.1978; опубл. 11.10.1979. – 3 с.

51. Пат. 4248927A. United States of America, Insulating composition / Bernard S. Liebman; заявитель и патентообладатель Bernard S. Liebman, 7 Talman Pl., Dix Hills, N.Y. 11746. - № 61,920; заявл. 30.07.1979; опубл. 03.02.1981. – 7 с.

52. Пат. 5057116A. United States of America, Depilatory device / Shlomo Zucker; заявитель и патентообладатель CRESTMOORE Ltd AN ISLE OF MAN Corp Crestmoore Ltd. - № 578,355; заявл. 06.09.1990; опубл. 15.10.1991. – 7с.

53. Пат. 5458971A. United States of America, Pillows and other filled articles and in their filling materials / Ismael A. Hernandez William J. Jones, Jr. Darren S. Quinn; заявитель и патентообладатель E. I. Du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Del. - № 315,748; заявл. 30.09.1994; опубл. 17.10.1995. – 10 с.

54. Пат. 5492580A. United States of America, Nonwoven moldable composite and method of manufacture / George A. Frank, Auburn, Me; заявитель и патентообладатель Gates Formed-Fibre Products, Inc. - № 305,496; заявл. 13.09.1994; опубл. 20.02.1996. – 8 с.

55. Пат. 5624742A. United States of America, Blended loose-fill insulation having irregularly-shaped fibers / Willilam M. Babbitt Steven G. Schmitt Michael E. Evans John R. Mumaw Roberta L. Alkire W. Scott Miller Ronald A. Houpt Russell M. Potter Tod D. Green David P. Aschenbeck II Clarke Berdan; заявитель и патентообладатель Owens-Corning Fiberglass Technology, Inc., Summit, Ill. - № 619,028; заявл. 20.05.1996; опубл. 29.04.1997. – 7 с.

56. Пат. 2360048C2. Российская Федерация, МПК D04D7/06 D04H1/54, Объемный синтетический изоляционный материал авторы Дэвис Трент В. Ласкорски Виктор П. заявл. 2004-05-21 Публикация 2009-06-27—

57. ГОСТ Р 53397-2009 «Сырье перопуховое. Технические условия»

58. DIN EN 12934:1999. IDFL, 2010e. Top 10 reasons to test for fill power. IDFL News, (2), p.1.

59. EN 12130 Feather and down - Test methods - Determination of the filling power (massic volume)

60. IDFL, 2010e. Top 10 reasons to test for fill power. IDFL News, (2), p.1

61. IDFL, 2011. Evaluation of Fill Power Conditioning Methods. IDFL News, July, pp.1–7.

62. British Standards Institute, 1998b. EN 1885: 1998. Feather and down — terms and definitions, Brussels: British Standards Institute.

63. PHDesigns, 2012. Testing down. Company website, p.1. URL: <http://www.phdesigns.co.uk/techdown4.php?> (Дата обращения 11.11.2017)

64. Рукавишникова, А. С. Особенности кинетики сжатия объемного несвязного утеплителя Текст. / А. С. Рукавишникова, И.Ю. Бринк, С.Н. Сергеенко // Известия ВУЗов: Технология текстильной промышленности Иваново: ИГТА, 2007. -№3 С. 99-103.

65. Рукавишникова, А. С. Закономерности кинетики сжатия объемного несвязного утеплителя Текст. / А. С. Рукавишникова, И.Ю. Бринк, С.Н. Сергеенко // Известия ВУЗов: Технология текстильной промышленности Иваново: ИГТА, 2007. №4 - С. 69-74)

66. Сергеенко С.Н., Бринк И.Ю., Лопатченко Т.Н., Базылев А.В. О деформации объемных теплоизоляционных материалов при сжатии. Сообщение 1. Исследование одноосного сжатия. // Ж. Материаловедение №1, 2003. с.с 16-21.

67. <http://ru.marmot.com/product/content/uteplitel-pukh>, (Обращение 04.12.2017).

68. Т.П. Лопатченко, А.С. Рукавишникова. Исследование деформационных свойств объемных утепляющих материалов для проектирования одежды и снаряжения специального назначения. / Т.П. Лопатченко, А.С. Рукавишникова.– Ростов на Дону: Издательский центр ДГТУ, 2014. – 178 с.

69. В.Ф. Богданов, И.Ю. Бринк. Исследование термосопротивления двухслойных пуховых пакетов. Тезисы. «Евразийское Научное Объединение». № 1 (35), Январь, 2018 с.21-22.

70. <http://www.ryazan-info.ru/rzninfo22381321.html>, обращение 23.03.2021

71. http://duplex-info.ru/images/dozator/pdu1_2_big.jpg Работа. Обращение 23.03.2021

72. Бринк И.Ю., Основы проектирования тепловой защиты аутдор-снаряжения: монография / И.Ю. Бринк, В.Ф. Богданов, С.А. Колесник; ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Новочеркасск: Лик, 2016. – 82 с.: ил.

73. Пат. 2340536 С1. Российская Федерация, МПК В62G 53/28 , Устройство для заполнения изделий пухом. Авторы Бринк И.Ю. Попов Д.Г., Чертов Ю.Е., Заявка 12.03.2007, Опубликовано 10.12.2008.

74. Пат. №2046746 Российская Федерация МПК В65G53/00 - Способ заполнения изделий пухом и устройство для его осуществлени. Дата подачи 09.02.1993. Дата публикации 27.10.1995.

75. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления (с Изменениями № 1, 2). – Введ. 1976.01.01. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.

76. ГОСТ 12023-2003 (ИСО 5084:1996) Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. – Введ. 2005.06.29. – М. : Стандартиформ, 2005. – 11 с.

77. ГОСТ Р ИСО 11092-2012. Материалы текстильные. Физиологические воздействия. Определение теплостойкости и стойкости к водяному пару в стационарных условиях (метод испытаний с использованием изолированной конденсирующей термопластины). – Введ. 2015.07.01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 16 с.

78. ГОСТ 31925-2011 (EN 12667:2001) Материалы и изделия строительные с высоким и средним термическим сопротивлением. Методы определения термического сопротивления на приборах с горячей охранной зоной и оснащенных тепломером. – Введ. 2013.11.01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 45 с.

79. ГОСТ Р 54853-2011 ISO 9869:1994. Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера. – Введ. 2012.05.01. – М. : Стандартиформ, 2012. – 36 с.

80. ISO 23537-1:2016 «Requirements for sleeping bags. Part 1: Thermal and dimensional requirements»

81. ГОСТ Р 12.4.185-99 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. Методы определения теплоизоляции комплекта»

82. Трофимов, Д. Исследование теплопроводности утеплителей в диапазоне от -190 до +80 °С. URL: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/8753-issledovanie-teploprovodnosti-uteplitelei-v-diapazone-ot-190-do-80-s/> (дата обращения 20.09.2019).
83. EN 13537 BSI standards: requirements for sleeping bags, Brussels. - Eng.: British Standards Institute, 2012. - 6 с.
84. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Conshohocken, PA: ASTM, 2009.
85. Бринк, И.Ю. Стандартизация спальных мешков: Российские реалии / И.Ю. Бринк, В.И. Романенко, В.Ф. Богданов // Стандарты и качество. — 2017. — № 8. — С. 38—41.
86. Adams, J., Caffin, R. Insulation measurement . - Backpacking Light, 2012. - Pp.1–11. - URL: http://www.backpackinglight.com/cgi-bin/backpackinglight/insulation_measurement.html (дата обращения 11.12.2018).
87. Gibson, P.W. Application of nanofiber technology to nonwoven thermal insulation [Text] / P.W. Gibson, Lee, C., Ko, F. & Reneker, D.,J., Eng. // Fiber Fabr. - 2007. - №2(2). – P. 32–40.
88. Gibson, P.W. Laboratory evaluation of two new high-performance polyester batting insulation materials / P.W. Gibson. – Natick, 1990. – 52p.
89. Zarr, R.R. NIST heat transmission properties of insulating and building materials – feathers / R.R. Zarr. – Gaithersburg, 2000. - URL: <http://srdata.nist.gov/insulation/> (дата обращения 28.11.2018).
90. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М.А Михеев, И.М. Михеева; изд. 2-е, стереотип. – Москва: Энергия, 1977. - С. 13.
91. Backer, S. The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties. I: literature review / S. Backer. Res. J., 1948. - 18(11), P. 650–658. URL: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051754801801102> (дата обращения 16.10.2018).

92. Baxter, S. The thermal conductivity of textiles // Proceedings of the Physical Society. - 1946. - № 58, P.105–118.

93. Kadoya, K. Viscosity and thermal conductivity of dry air in the gaseous phase / K. Kadoya, N. Matsunaga and A. Nagashima // Journal of Physical and Chemical Reference Data 14, 947 (1985)/ - URL:<https://doi.org/10.1063/1.555744> (дата обращения 16.10.2018).

94. Чижик, М. А. Расчет оптимальной массы перо-пухового наполнителя в пакете одежды при заданных характеристиках воздухопроницаемости [Текст] / М. А. Чижик, Т. М. Иванцова // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 2012. - № 1 (15 том). -С. 61-64.

95. Чижик, М. А. Исследование суммарного теплового сопротивления перо-пуховых пакетов швейных изделий в различных эксплуатационных условиях / М. А. Чижик, Т. М. Иванцова, Д. В. Доркин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2016. - № 2 (362). - С. 160-164.

96. Dawson, C. Heat transfer through penguin eathers / C. Dawson, J. F. V. Vincent, G. Jeronimidis, G. Rice and P.Forshaw // Theor. Biol. - 1999. - № 199(3). - pp.291–295. - URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10433893> (дата обращения 16.10.2018).

97. ISO 11092:2014. Textiles — Physiological effects — Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test).

98. Бринк, И.Ю. Тактика горвосхождения и качество снаряжения // Ветер странствий. Альманах. — Вып. 25. — М.: Физкультура и спорт, 1990. — 177 с.

99. ГОСТ 30332-2015 Изделия перо-пуховые. Общие технические условия (с Поправкой), дата введения 2016-07-01.

100. ГОСТ 12.4.303-2016 "Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические

требования" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 590-ст).

101. ГОСТ 12.4.016-83. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества. - Введ. 1984-07-01. - Москва: Изд-во стандартов, 1983. - 6 с.

102. ГОСТ 12.4.058-84. Материалы с полимерным покрытием для специальной одежды. Номенклатура показателей качества. - Введ. 1985-07-01. - Москва: Изд-во стандартов, 1984. - 8 с.

103. ГОСТ 12.4.073-79. Ткани для спецодежды и средств защиты рук. Номенклатура показателей качества. - Введ. 1981-01-01. - Москва: Изд-во стандартов, 1979. - 9 с.

104. Романов, В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды / В.Е. Романов. - Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. - 128 с.

105. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы" (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21)

106. Афанасьева, Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода / Р.Ф Афанасьева. – Москва: Легкая индустрия, 1977. – 136 с.

107. Афанасьева, Р.Ф. Критерии оценки теплового состояния для обоснования нормативных требований к производственному климату / Р.Ф. Афанасьева, Г.Н. Репин, Л.В. Павлухин // Гигиена и санитария. - 1983. - №7. – С. 79-81.

108. McCullough E.A., Zuo J., Huang J. The Effect of Auxiliary Products on the Insulation Provided by Sleeping Bag Systems // International Textile and Apparel Association (ITAA) Proceedings. — 2009. — Vol. 66.

109. Huang J., McCullough E.A. Evaluation of Heat Loss Models for Predicting Temperature Ratings of Sleeping Bags / Technical Report 03-80. — Kansas State University, Institute for Environmental Research. — 2009

110. Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В., Бобров А.Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека // Бюллетень ВСНЦСОРАМН. — 2006. — № 3.
111. Temperature ratings of sleeping bags (EN 13537) // <https://militaristwear.com/encyclopedia/temperaturnye-harakteristiki-spalnyh-meshkov-en-13537>. Обращение 20.03.2017
112. Коба В.Ю., Сироткин А.Ю., Ширшов Е.Е., Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Хеловек в природе. Одежда и снаряжение. Особенности проектирования. В сборнике: Историческая география России и наследие Александра фон Гумбольдта. материалы международной конференции. 2019. С. 112-117.
113. Meinander H, Anttonen H, Bartels V, Holmér I, Reinertsen R, Sołtyński K, et al. Thermal insulation of cold protective clothing using thermal manikins. Subzero project. Final Report. Tampere, Finland: Fiber Materials Sciences, Tampere University of Technology; 2003.
114. The Thermal Manikin Network. Retrieved January 25, 2010, from: http://hem.passagen.se/nilssons/mer_manikin_network.htm
115. Hänel SE. A joint Nordic project to develop an improved thermal manikin for modelling and measuring human heat exchange. In: Aspect médicaux et biophysiques des vêtements de protection [Medical and biophysical aspects on protective clothing] [conference proceedings]. Lyon, France: Centre de Recherche du Service de Santé des Armées; 1983. p. 280–2.
116. Wu YS, Fan J. Testing sleeping bags using a supine sweating fabric manikin. In: 13th International Conference on Environmental Ergonomics [CD-ROM]. Boston, MA, USA: USARIEM; 2009.
117. Holand B. Comfort temperatures for sleeping bags. In: Nilsson H, Holmér I, editors. In: The Third International Meeting on Thermal Manikin Testing; 3IMM. Solna, Sweden: Arbetslivsinstitutet; 1999. p. 25–8.
118. Разбродин А.В. Теплопередача от человека через стеганое одеяло в окружающую среду // Сб. науч. тр. — М.: ОАО НПК «ЦНИИШерсть», 2006.

119. Разумеев К.Э., Разбродин А.В. Аналитическое исследование формул теплового баланса человеческого организма для последующего расчета термического сопротивления стеганых одеял // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2006. — № 2.

120. Богданов В.Ф., Гончарова М.А., Куренова С.В., Бринк И.Ю. Актуальные вопросы прогнозирования теплоизоляции аутдор-снаряжения. Стандарты и качество. 2018. № 8. С. 30-33.

121. Доценко Л.А., Доценко О.Г., Илюхин В.Н. и др. Создание индивидуальных спасательных средств для применения на морских объектах в арктических условиях // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 2. — С. 91—104.

122. ГОСТ Р 12.4.236-2011 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования (отменен).

123. Богданов В.Ф. Похвальное слово пуху // Рынок легкой промышленности. — 2002. — № 26. — [http :www.rustm.net/catalog/article/597.html](http://www.rustm.net/catalog/article/597.html).

124. Stolwijk, J.A. A mathematical model of physiological temperature regulation in man. - NASA CR. Nat. Aeronaut and Space Admin, Waschingon, – 1855. 1971. - 77 p.

125. Глушко, А.А. Отчет ИМБП МЗ СССР, инв. №0-1427, 1981.

126. Богданов, В.Ф. Outdoor // Текстильная промышленность. – 2003. - №9. – С. 72-75.

127. Auliciems, A. Cold Stress in Canada. A Human Climatic Classification / A. Auliciems, C.R. de Freitas // Int. J. Biometeor. - 1976 Vol. 20. - № 4. – P. 287-294.

128. De Freitas, C.R. Human climates of Northern China / C. R. De Freitas//Atmospheric Environment. – 1979. - Vol. 13. – P. 71-77.

129. Бринк И.Ю., Богданов В.Ф., Куренова С.В. Исследование метода определения наполняющей способности пуха для швейных изделий. Известия

высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 2 (392). С. 38-41.

130. Бринк, И.Ю. Несвязные утеплители: монография / И.Ю. Бринк, С.А. Колесник, М.А. Гончарова, В.Ф. Богданов, В.И. Романенко, Е.Е. Ширшов. – Новочеркасск: Лик, 2019. – 82 с.: ил.

131. И.Ю. Бринк, С.Н. Сергеев, Рукавишников, А. С. Закономерности кинетики сжатия объемного несвязного утеплителя [Текст] // Известия ВУЗов: Технология текстильной промышленности Иваново: ИГТА, 2007. – №3 – С. 70-75.

132. Савицкий Г.А. "Ветровая нагрузка на сооружения". М. Издательство литературы по строительству. 1972.

133. <http://geostamp.ru/assets/modul-deformacii-grunta2.pdf>, (Обращение 03.12.2018).

134. Романенко В.И., Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Исследование наполняющей способности различных видов пуха. Наука сегодня: проблемы и перспективы развития [Текст]: материалы международной научно-практической конференции, .: в 2 частях. Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – 120 с.

135. В.Ф. Богданов, И.Ю. Бринк. Исследование термосопротивления двухслойных пуховых пакетов. «Евразийское Научное Объединение». № 1 (35), Январь, 2018 с.21-22.

136. Жуков, В. И. Исследование вязкости волокнистого материала в массе при деформации сжатия / В. И. Жуков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИГТА, – 2000. – №2. – С. 16-19.

137. Лопатченко, Т.П. Исследование и разработка специального теплозащитного снаряжения спасателей МЧС : дисс. . . канд. техн. наук: 05.19.04 / Татьяна Павловна Лопатченко. – Шахты, 2002. – с. 170 : ил. – Библиогр. : с. 162-170.

138. DIN EN ISO 23537-1: 2018 Requirements for sleeping bags - Part 1: Thermal and dimensional requirements

139. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Богданов В.Ф., Горчаков В.В., Бринк И.Ю. Методика исследования термосопротивления пакетов материалов для теплозащитного снаряжения. Дизайн. Материалы. Технология. 2020. № 2 (58). С. 110-113.
140. ГОСТ Р ИСО 11079-2015 Эргономика термальной среды.
141. Методические рекомендации МР 2.2.8.2127-06 "Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты (далее СИЗ) от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки". Утв.07.09.2006 Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
142. Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова. Гигиена одежды. Москва «Легкая индустрия», 1979, 161 с.
143. Романенко В., Гончарова М., Колесник С., Бринк И. Основы методики расчета тепловой защиты спального мешка. Стандарты и качество № 1 (979) 2019 г., С. 58 – 62.
144. Fanger, P. O. Thermal Comfort. McGraw-Hill, New York, NY.1970, 244 pp.
145. Edholm, O.G., 1978a. Man in the cold. In Man - hot and cold. London: Edward Arnold, pp. 26– 44.
146. Богданов В.Ф., Ширшов Е.Е., Колесник С.А., Бринк И.Ю. Разработка методики расчета толщины пакета спального мешка при заданных условиях эксплуатации. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 3 (393). С. 51-56.
147. Богданов В.Ф., Романенко В.И., Бринк И.Ю. Теплофизические основы инженерного расчёта толщины пакета спального мешка. Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 6.
148. Hans-Wilhelm Muller-Wohlfahrt. Mein Programm fuer neue Vitalitat. Muenchen, Deutschland, dtv, 2005 240 с.

149. Утеплители для спальных мешков // <http://www.aerogeologia.ru/> URL: http://www.aerogeologia.ru/sites/default/files/02_uteplitel.pdf (дата обращения: 17.06.17.).
150. Холлофайбер // wodge.ru URL: <http://wodge.ru/article-71.htm> (дата обращения: 24.05.17).
151. Пуховый утеплитель // baskcompany.ru URL: <http://baskcompany.ru/info/stati/down/pukhovyi-uteplitel.html> (дата обращения: 10.05.17).
152. В.И. Романенко, С.А. Колесник, И.Ю. Бринк. Расчет геометрической модели тела человека в спальном мешке. Дизайн и технологии. 2018, №64(106), с. 41-47.
153. Stolwijk J.A. A mathematical model of physiological temperature regulation in man. NASA CR – 1855. Nat. Aeronaut and Space Admin, Washington, 1971, 77р.
154. В.И. Кудрявцев. Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена [Текст]: дис.... канд. техн. наук : 05.19.04 / Кудрявцев Виталий Игоревич. – Новочеркасск, 2004 – 197 с.: ил. - Библиогр.: с.152-161.
155. Черунова, И.В. Развитие элементов автоматизации процесса проектирования специальной теплозащитной одежды [Текст] / И.В. Черунова // Швейная промышленность. - 2006. - Вып.3 - С.24-25.
156. И.В.Черунова. Развитие теории и прикладных методов проектирования специальной защитной одежды в широком диапазоне температурных воздействий [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Черунова Ирина Викторовна. – М., 2008. – 400 с.
157. ГОСТ 18273-89 «Ватины холстопрошивные шерстяные общие технические условия»
158. ГОСТ 19008-93 «Ватины холстопрошивные хлопчатобумажные. Общие технические условия»

159. Основы проектирования тепловой защиты аутдор-снаряжения: монография / И.Ю. Бринк, В.Ф. Богданов, С.А. Колесник, под ред. С.А. Колесник; ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Новочеркасск: Лик, 2016. – 82 с.

160. Патент № 2724154 RU, МПК D01H 13/00. Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя / Бринк И.Ю., Колесник С.А., Богданов В.Ф., Ширшов Е.Е.; заявитель и патентообладатель ООО «БАСК» (RU); № 2020105837/03; заяв. 07.02.2020; опубл. 22.06.2020, Бюл. №18. – 9 с.: ил.

161. Патент № 2735772 RU, МПК D04H 1/04; C08K 7/02; A41G 11/00; B68G 1/00. Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя / Богданов В.Ф., Бринк И.Ю., Горчаков В.В., Колесник С.А., Ширшов Е.Е.; заявитель и патентообладатель ООО «БАСК» (RU); № 2020116308; заяв. 29.04.2020; опубл. 09.11.2020, Бюл. №31. – 11 с.: ил.

162. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Бринк И.Ю., Богданов В.Ф. Разработка способа получения несвязного двухкомпонентного утеплителя при производстве теплозащитной одежды и снаряжения. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2021. Т. 52. № 2. С. 17-21.

163. Колесник С.А., Ширшов Е.Е., Богданов В.Ф., Бринк И.Ю. Исследование реологических характеристик образцов несвязного композиционного утеплителя на основе компонент гусиный пух/шерсть. В сборнике: Лёгкая промышленность и сфера сервиса: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Омск, 2020. С. 31-34

Приложение А (обязательное) Техническое задание на разработку измерителя термосопротивления «БаскАрктик»

Техническое задание на ОКР

Разработка, изготовление, исследование экспериментального прибора - Измеритель термосопротивления пакета теплозащитной одежды «БаскАрктик»

1. Обоснование разработки и сроки выполнения

1.1. Договор между ООО НПП «ИНТОР» и «БАСК».

1.2. Техническое обоснование. Поскольку образцы одежды, спальных мешков и пакетов материалов для сверхнизких температур заполнены объемным утеплителем, имеющим низкую плотность и содержащих большой объем воздуха, прибор должен обеспечить измерение термического сопротивления пакета толщиной до 120 мм в диапазоне температур до минус 50°C.

1.3. Область применения прибора – легкая промышленность.

1.4. Сроки выполнения ОКР - 2019г.

1.5. Прибор «БаскАрктик» разрабатывается с целью использования на швейном производстве теплозащитной одежды в качестве прибора неразрушающего выходного контроля термического сопротивления пакета одежды и снаряжения для сверхнизких температур.

1.6. Наименование прибора: Измеритель термосопротивления пакета теплозащитной одежды ИТО – 1

2. Назначение прибора

2.1. Измеритель термосопротивления пакета теплозащитной одежды «БаскАрктик» предназначен для измерения термического сопротивления в процессе выходного контроля партии изделий – одежды и снаряжения для защиты от холода при перепаде температур от плюс 34 до минус 50°C. Измерению подвергаются пакеты текстильных материалов толщиной до 12 см,

заполненные различными видами утеплителей с модулем Юнга сжатия не более 100Па при давлении 14,7 Па.

2.2. Область применения – легкая промышленность, научно-исследовательские и фабричные лаборатории.

2.3. Условия эксплуатации монитора: при температуре окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25°C; при относительной влажности воздуха от 50 до 80 %.

3. Технические характеристики прибора «БаскАрктик» Таблица А.1 – Технические характеристики прибора

Требования к техническим характеристикам измерительной части «БаскАрктик»	Значение характеристики
Наименование характеристики	
Диапазон определения теплового сопротивления при стационарном тепловом режиме, м ² К/Вт	0,1-2,5
Пределы допустимой относительной погрешности измерения теплопроводности при стационарном тепловом режиме	± 5%
Диапазон изменения температуры холодильника	0 – минус 50°C
Диапазон изменения температуры нагревателя	34 °С
Напряжение питания переменным электрическим током	220 В
Потребляемая мощность не более	1,5 кВт
Количество хладагента в холодильнике	Не менее 2 кг
Габариты: высота, длина, ширина	400×700×700 мм
Диаметр нагревающей плиты, мм	12
Внешний диаметр компенсационной плиты, мм	24
Масса прибора	Не более 50 кг
Приведенная толщина измеряемого пакета, при давлении 14,7 Па	Не более 120 мм
Поверхностный размер измеряемого пакета, мм	Не менее 600×600
Давление на пакет при измерении термосопротивления	14,7 Па

4. Требования к составу прибора

В рамках договора изготавливается опытный образец прибора «БаскАрктик» с системой управления и обработки результатов. В состав опытного образца должны входить:

4.1. Измерительная часть прибора должна обеспечить измерение теплового сопротивления пакета площадью не менее 600×600 мм при стационарном тепловом режиме.

4.2. Процессорная часть прибора состоит из ПК со специализированным программным обеспечением, позволяющим фиксировать и представлять в стандартной форме результаты измерению термического сопротивления.

4.3. Персональный компьютер необходимой конфигурации.

4.4. Комплект кабелей для работы в лабораторных условиях.

5. В процессе работы должны быть разработаны

5.1. Термостабилизированная конструкция нагревательного и компенсационного элемента

5.2. Конструкция холодильника, в котором должен располагаться хладоэлемент (сухой лед) с теплообменником и принудительным аэродинамическим обдувом измеряемого образца. Ограждающие конструкции холодильника должны предусматривать относительную герметизацию поверхности измеряемого пакета от окружающей среды при этом оказывая на нее давление не более 14,7 Па

5.3. Пригруз, осуществляющий стандартное давление на пакет 67 Па.

5.4. Программное обеспечение, позволяющее обрабатывать и визуализировать полученные данные в виде графиков и таблиц с формированием документа об испытаниях.

5.5. Подбор расходного хладоагента и расчет его требуемого для эксперимента количества.

5.6. Разработка кинематической схемы позиционирования холодильника над исследуемым пакетом.

5.7. Система управления потоком охлаждающего воздуха с целью достижения стационарного теплового режима.

6. Опытный образец прибора «БаскАрктик» должен обеспечивать

6.1. Измерительный прибор «БаскАрктик» должен обеспечивать проведение неразрушающего контроля термического сопротивления пакета готового изделия теплозащитной одежды или другого снаряжения в области туловища человека.

6.2. ИТО -1 должен в режиме реального времени обеспечить построение графика изменения температуры, потока тепла, и других согласованных параметров.

6.3. Объектами контроля должны являться спальные мешки и одежда с приведенной толщиной пакета (при давлении 67 Па) от 20 до 120 мм и линейными размерами не менее 600×600 мм.

6.4. Точность определения термического сопротивления на тестовых образцах не должна превышать 5%.

6.5. Программное обеспечение должно позволять получить наглядную информацию об величине термосопротивления и режиме изменения теплового потока в процессе достижения стационарного теплового режима.

7. Дополнительные требования

7.1. Прибор должен нормально функционировать в комнатных условиях.

7.2. Конструкция и компоновка «БаскАрктик» должна обеспечивать удобство технического обслуживания, проведения профилактических работ.

7.3. Конструкция блоков, входящих в состав прибора, должна обеспечивать удобство сборки и разборки в процессе их эксплуатации.

7.4. Маркировка должна быть устойчивой к стиранию, воздействию внешней среды.

7.5. Условия хранения прибора соответствуют условиям отапливаемого помещения: температура окружающего воздуха $25\pm 10^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха от 45 до 80%.

7.6. Прибор «БаскАрктик» должен надежно функционировать после транспортирования в штатной упаковке.

8. Требования по безопасности

8.1. Для предотвращения травмирования персонала прибор «БаскАрктик» не должен иметь заостренные углы и кромки.

8.2. Допускаются выступы резьбовых частей болтов и винтов на расстоянии 2-3 мм, но не более 1 витка резьбы. Элементы крепления должны быть невыпадающими.

8.3. Кабели межблочных соединений прибора должны быть закреплены надлежащим образом.

8.4. Межблочные кабели должны защищаться таким образом, чтобы не возникало возможности повреждения кабеля, при котором может возникнуть замыкание или открытое искрение.

8.5. Прибор «БаскАрктик» не должен быть источником выделения токсичных и химически активных веществ.

8.6. Любые отказы в приборе не должны приводить к возникновению ситуаций, опасных для жизнедеятельности операторов (пожар, взрыв, токсичные выделения), или к повреждению другой аппаратуры.

8.7. Электрические цепи прибора «БаскАрктик» должны быть защищены от возможных замыканий и потенциального возгорания за счет правильного выбора сечения проводов, их изоляции, предохранительных устройств.

9. Требования надежности

9.1. Назначенный срок службы аппаратуры должен составлять не менее 5-ти лет.

9.2. Требования эргономики и технической эстетики. Не предъявляются.

9.3. Требования обеспечения режима секретности. Не предъявляются.

9.4. Требования стандартизации и унификации. Не предъявляются

9.5. В приборе «БаскАрктик» должны максимально использоваться отработанные и прогрессивные конструктивно-технологические решения, обеспечивающие оптимальные значения показателей производственной и эксплуатационной технологичности.

10. Конструктивные требования

10.1. Общие требования к конструкции.

10.1.1. Конструкция прибора «БаскАрктик» должна исключать возможность неправильного монтажа.

10.1.2. Маркировка соединителей составных частей прибора должна обеспечивать однозначность подключения между собой.

10.1.3. Межблочные кабели должны быть экранированы.

11. Технические требования к испытаниям прибора

11.1. Испытания аппаратуры должны осуществляться в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ РВ 15.307-2002.

12. Техничко-экономические требования:

12.1. Разработка прибора «БаскАрктик» должна проводиться исходя из требований минимизации суммарных стоимостных затрат на проектирование, изготовление, экспериментальную отработку, монтажа и эксплуатацию путем выбора оптимального варианта построения прибора, обеспечивающего максимальную целевую эффективность.

12.2. Требования по консервации не предъявляются.

12.3. Упаковка, используемая при транспортировке, должна обеспечивать сохранность грузов в условиях транспортирования и хранения.

13. Требования по сохранению государственной тайны

13.1. В данной работе не должны использоваться и содержаться сведения, составляющие государственную тайну.

13.2. Научно-техническая продукция (отчеты, образцы и т.д.), создаваемая в рамках настоящей ОКР, должны относиться к открытым сведениям.

Приложение Б (обязательное) Порядок проведения испытаний на комплексе «БаскАрктик»

1. Размещение образца в термокамере и задание параметров

Испытанию подлежат образцы одежды, спальных мешков, пакетов материалов размером более 600х600 мм и толщиной более 20 миллиметров с термическим сопротивлением в диапазоне 0,4 - 3 м²С/Вт.

Образец (пакет или изделие) должны быть кондиционированы. Для этого он во взбитом состоянии должен пролежать горизонтально в нормальных условиях 24 часа.

Образец после этого должен быть помещен в термокамеру, измеряемая часть образца должна располагаться на рабочем столе.

Часть образца, не помещающаяся на рабочий стол, располагается сзади внизу и по бокам внизу рабочего стола.

Горизонтально лежащую на рабочем столе часть образца следует растянуть в направлении, перпендикулярном линиям настрачивания переборок, и после этого дать возможность пакету сжаться в горизонтальной плоскости. Визуально проверить, чтобы касательная плоскость к поверхности образца была горизонтальной.

После этого установить горизонтальную консоль держателя прижимного диска.

Далее следует опустить на образец прижимной диск и замерить толщину по линейке на штоке по истечении 30 с.

Установить консоль с вентилятором так, чтобы поток воздуха, создаваемого вентилятором, был направлен под углом 45 градусов на прижимной диск для его охлаждения.

На диск направить поток воздуха от вентилятора.

Закрывать крышку термокамеры.

На дисплее установить скорость потока воздуха в %, соответствующую скорости воздуха, измеренной ареометром в 1 м/с, измеренную толщину образца.

Установить необходимую температуру воздуха для испытаний в термокамере.

2. Измерения

Как только тепловые процессы в термокамере примут стационарный характер, прибор издаст звуковой сигнал и на дисплее загорится зеленым светом надпись: «Стационарный режим» (рисунок Б.1). В результатах фиксируется величина сопротивления теплопередаче («Термосопротивление, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{кв.м}/\text{Вт}$ »), величина стационарного теплового потока нагревательного элемента («Тепловой поток, $\text{Вт}/\text{кв.м.}$ ») и температура поверхности испытуемого образца и температура воздуха над поверхностью образца.

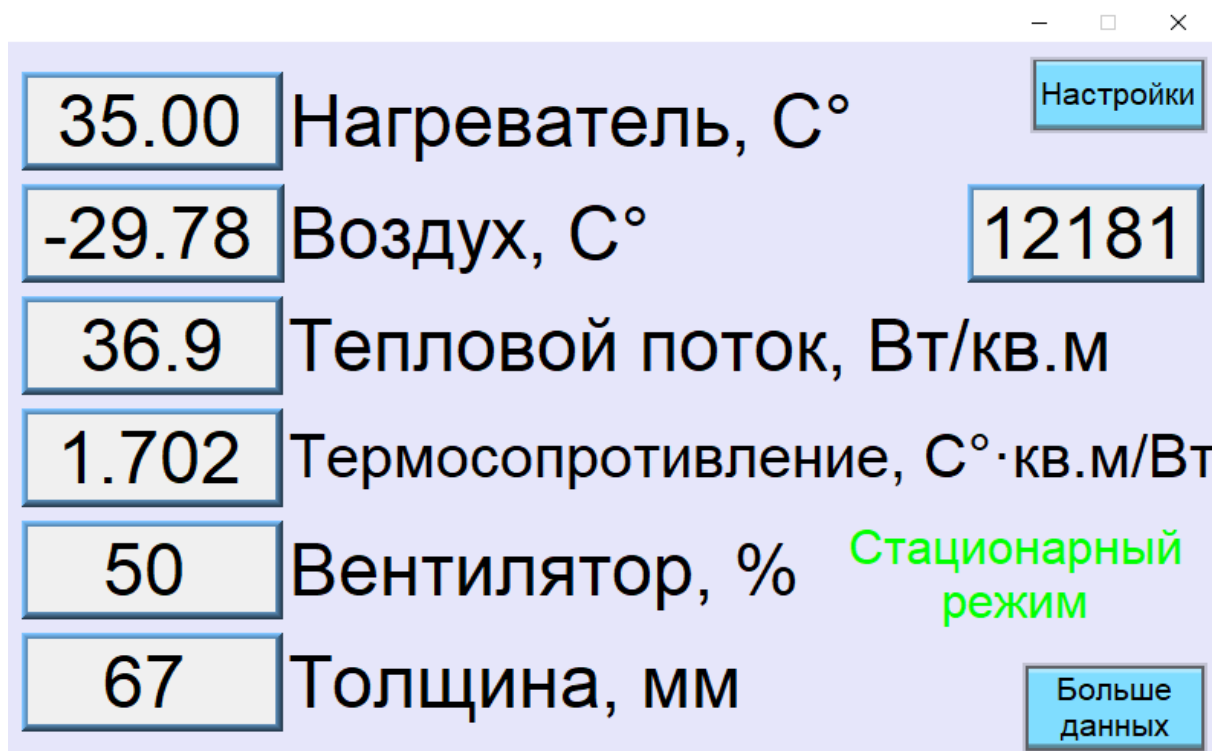


Рисунок Б.1 – Дисплей измерительного прибора

3. Протокол измерения термосопротивления готовых изделий и макетов



ПРОТОКОЛ № дата

измерение теплового сопротивления готовых изделий/макетов

Образец:	<input type="text"/>
Наполнитель:	<input type="text"/>
Заказчик:	<input type="text"/>

Образец	R, °C м2/В Измерение 1	R, °C м2/В Измерение 2	R, °C м2/В Измерение 3	Среднее значение R _{ср} , C°*м ² /Вт
Нагреватель, °C				
Воздух, °C				
Тепловой поток, Вт/м2				
Термосопротивление, °C м2/Вт				
Толщина образца, мм				

R _{ср} , C°*м ² /Вт	(R _{ср} + 0,16), C°*м2/Вт
---	------------------------------------

Рекомендуемые температуры использования по методике BASK

комфортная температура		
T (стоя) 70Вт/м ²	T (спокойная ходьба) 120 Вт/м ²	T (быстрая ходьба) 150 Вт/м ²

Испытания провел	<input type="text"/>
------------------	----------------------

+7(495)161-72-22

info@baskcompany.ru
baskcompany.ru

ООО «БАСК» 129085, г. Москва,
ул. Годовикова, д. 9, стр. 1

Приложение В (обязательное) Сводные данные характеристик пакетов, для которых определялось термосопротивление по ГОСТ 20489-75

Таблица В.1 - Сводные данные по характеристикам пакетов с пуховым утеплителем

№	Индекс пакета	Наименование пакета	Ширина переборки, см	Доп. слой	Вид пуха	FP
1	1.1	Двухслойный с переборками	6	-	Гусь	900
2	1.2	Двухслойный с переборками	6	-	Гага	800
3	1.3	Двухслойный с переборками	6	-	Казарка	700
4	1.4	Двухслойный с переборками	6	-	Утка	500
5	3.1	Двухслойный с переборками	3,3	-	Гусь	900
6	3.2	Двухслойный с переборками	3,3	-	Гага	900
7	3.3	Двухслойный с переборками	3,3	-	Казарка	700
8	3.4	Двухслойный с переборками	3,3	-	Утка	500
9	4.1	Двухслойный с переборками	2,8	Покровная ткань	Гусь	900
10	4.2	Двухслойный с переборками	2,8	Покровная ткань	Гага	800
11	4.3	Двухслойный с переборками	2,8	Покровная ткань	Казарка	700
12	4.4	Двухслойный с переборками	2,8	Покровная ткань	Утка	500
13	6.1	Четырехслойный со смещенными отсеками	-	-	Гусь	900
14	6.2	Четырехслойный со смещенными отсеками	-	-	Гага	800
15	6.3	Четырехслойный со смещенными отсеками	-	-	Казарка	700
16	5.1	Четырехслойный с несмещенными отсеками	-	-	Гусь	900
17	5.2	Четырехслойный с несмещенными отсеками	-	-	Гага	800
18	5.3	Четырехслойный с несмещенными отсеками	-	-	Казарка	700
19	7.1	Двухслойный стеганный	-	-	Гусь	900

Таблица В.2 - Характеристики исследованных пакетов

№	Индекс пакета	Поверхностная плотность пакета, P , кг/м ²	Термосопротивление, $R_{ш}$, °С·м ² /Вт	Толщина пакета, δ , мм	Поверхностная плотность утеплителя, ρ_y , кг/м ²	$R_{ш}/\rho$
1	1.1	310,83	0,91	26,7	0,115	2,93
2	1.2	356,11	0,937	37,3	0,177	2,63
3	1.3	395,56	0,789	32,5	0,208	1,99
4	1.4	395,28	0,783	37,7	0,207	1,98
5	3.1	250,28	0,97	27,5	0,1	3,87
6	3.2	326,39	1,021	31,4	0,155	3,13
7	3.3	351,67	0,906	33,1	0,18	2,58
8	3.4	350,83	0,874	26,2	0,18	2,49
9	4.1	567,5	0,965	34,9	0,09	1,7
10	4.2	621,39	1,098	39,8	0,14	1,77
11	4.3	652,78	0,854	35,7	0,162	1,31
12	4.4	624,17	0,828	35,3	0,162	1,33
13	6.1	434,44	1,241	50,2	0,183	2,86
14	6.2	531,94	1,397	48,7	0,284	2,63
15	6.3	583,06	0,972	37,6	0,33	1,67
16	5.1	390,56	1,172	39	0,158	3
17	5.2	463,06	1,263	43,7	0,247	2,73
18	5.3	597,78	1,259	44,9	0,361	2,11
19	7.1	194,44	0,703	31,4	0,079	3,61

Приложение Г (обязательное) Формулы в EXCEL расчета теплового баланса человека в спальном мешке

Таблица Г.1 - Формулы в EXCEL расчета теплового баланса человека в спальном мешке

№	Описание обозначений	Формулы
	T_k - средневзвешенная температура кожи, °С.	=C21
	T_v - температура окружающей среды, °С.	-3
	q_m – общие энергозатраты организма, Вт/м ² .	34
	S_t - площадь поверхности тела обнаженного человека, м ² .	1,8
	W - эффективная мощность механической работы, Вт/м ² ;	0
	$q_{п-}$ средняя плотность сухого теплового потока с тела, Вт/м ² ; По МР 2.2.8.2127-06	=C3-C8-C9-C10-C12+C11
	W - эффективная мощность механической работы, Вт/м ² ;	0
4.3	$q_{к.дых}$ - теплопотери конвекцией при дыхании, Вт/м ² ;	=0,0014*C3*(C13-C2)
4.5	$q_{исп.дых}$ - теплопотери испарением влаги при дыхании, Вт/м ² ;	=0,0173*C3*(C18-C17)
	$\Delta q_{т.с}$ - изменение теплосодержания в организме, Вт/м ² .	2,6
4.6	$q_{исп.к}$ – теплопотери испарением с поверхности тела, Вт/м ² . По МР 2.2.8.2127-06	=(8,816+0,39*C3)/C4-C10
4.4	$T_{в.д.}$ - температура выдыхаемого воздуха, °С;	=29+0,2*C2
	q_o – основной обмен организма, Вт/м ² ;	40
	$S_{тм}$ - площадь поверхности тела обнаженного мужчины в позе сна, м ² .	=C4*0,71
	$S_{пэ}$ - площадь поверхности тела обнаженного мужчины в энергосберегающей позе сна, м ² .	=C4*0,6
	P_v - давление водяного пара в атмосфере, кПа	=6,112*EXP(17,62*C2/(243,12+C2))/10
	$P_{в.д.}$ - давление насыщенного водяного пара при температуре выдыхаемого воздуха ($T_{в.д.}$), кПа;	=6,112*EXP(17,62*C13/(243,12+C13))/10
	$T_{кк}$ - средневзвешенная температура кожи при комфортном состоянии, °С.	=36,07-0,0354/C3
	$T_{кп}$ - средневзвешенная температура кожи, прохладно, °С.	=33,34-0,0335/C3
	$T_{кх}$ - средневзвешенная температура кожи, холодно °С.	=30,36-0,031/C3
4.11	$q_{п-}$ средняя плотность сухого теплового потока с тела, Вт/м ² ; (По Фангеру)	=C3-C8-C9-C10-C25+C11
4.13	$q_{исп.к}$ – теплопотери испарением с поверхности тела, Вт/м ² . (По Фангеру)	=3,06*(0,256*C1-3,36-C17)
	R_k - средневзвешенное термосопротивление пакета, м ² .°С/Вт.	=(C1-C2)/C24
	λ - эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета, Вт/моС.	0,037

№	Описание обозначений	Формулы
	δ средняя толщина пакета, м	$=C26 \cdot C27$
4.14	$q_{\text{пт}}$ - средняя плотность сухого теплового потока с тела человека в позе сна, Вт/м ²	$=(C14 \cdot C4 - C9 \cdot C4 - C10 \cdot C4 + C11 \cdot C4 - C25 \cdot C15) / C15$
	$q_{\text{пэ}}$ - средняя плотность сухого теплового потока с тела человека в энергосберегающей позе, Вт/м ²	$=(C14 \cdot C4 - C9 \cdot C4 - C10 \cdot C4 + C11 \cdot C4 - C25 \cdot C15) / C16$
	$q_{\text{исп.к}}$ – теплопотери испарением с поверхности тела в позе сна, Вт/м ² . (По Фангеру)	$=C25 \cdot C4 / C15$
	$R_{\text{кп}}$ - средневзвешенное термосопротивление пакета в позе сна, м ² •°С/Вт.	$=(C1 - C2) / C30$
4.19	$q_{\text{исп.к.э}}$ – теплопотери испарением с поверхности тела в энергосберегающей позе, Вт/м ² . (По Фангеру)	$=C25 \cdot C4 / C16$
	$R_{\text{кп}}$ - средневзвешенное термосопротивление пакета в энергосберегающей позе сна, м ² •°С/Вт.	$=(C1 - C2) / C31$
4.18	δ средняя толщина пакета в позе сна, м	$=C33 \cdot C27$
	$\delta_{\text{э}}$ средняя толщина пакета в энергосберегающей позе сна, м	$=C35 \cdot C27$
	δ средняя толщина пакета спального мешка нижняя грань комфрта, м	0,05

Приложение Д (обязательное) Варианты расчета толщины спального мешка

Таблица Д.1 - Варианты расчета толщины спального мешка

Тк- средневзвешенная температура кожи, °С.	33,34	33,34	33,34	33,34
Тв - температура окружающей среды, °С.	2,00	-7,00	-13,00	-24,00
qm – общие энергозатраты организма, Вт/м2.	34,00	34,00	34,00	34,00
St - площадь поверхности тела обнаженного человека, м2.	1,80	1,80	1,80	1,80
W - эффективная мощность механической работы, Вт/м2;	0,00	0,00	0,00	0,00
qp- средняя плотность сухого теплового потока с тела, Вт/м2; По МР 2.2.8.2127-06	23,03	22,69	22,46	22,04
W - эффективная мощность механической работы, Вт/м2;	0,00	0,00	0,00	0,00
qк.дых - теплотери конвекцией при дыхании, Вт/м2;	1,30	1,65	1,88	2,29
qисп.дых - теплотери испарением влаги при дыхании, Вт/м2;	1,99	1,95	1,89	1,72
Δqт.с - изменение теплосодержания в организме, Вт/м2.	2,60	2,60	2,60	2,60
qисп.к – теплотери испарением с поверхности тела, Вт/м2. По МР 2.2.8.2127-06	10,27	10,31	10,38	10,54
Твзд. - температура выдыхаемого воздуха, °С;	29,40	27,60	26,40	24,20
qо – основной обмен организма, Вт/м2;	40,00	41,00	41,00	41,00
Sпт - площадь поверхности тела обнаженного мужчины в позе сна, м2.	1,28	1,28	1,28	1,28
Sпэ - площадь поверхности тела обнаженного мужчины в энергосберегающей позе сна, м2.	1,08	1,08	1,08	1,08
Pв - давление водяного пара в атмосфере, кПа	0,71	0,36	0,23	0,09
Pвзд. - давление насыщенного водяного пара при температуре выдыхаемого воздуха (Твзд.), кПа;	4,09	3,68	3,43	3,01
Ткк- средневзвешенная температура кожи при комфортном состоянии, °С.	36,07	36,07	36,07	36,07
Ткп- средневзвешенная температура кожи, прохладно, °С.	33,34	33,34	33,34	33,34
Ткх- средневзвешенная температура кожи, холодно °С.	30,36	30,36	30,36	30,36
qp- средняя плотность сухого теплового потока с тела, Вт/м2; (По Фангеру)	19,63	18,27	17,69	17,02
qисп.к – теплотери испарением с поверхности тела, Вт/м2. (По Фангеру)	13,68	14,73	15,14	15,56
Rк - средневзвешенное термосопротивление пакета, м2·°С/Вт.	1,60	2,21	2,62	3,37
λ - эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета, Вт/моС.	0,03	0,03	0,03	0,03
δ средняя толщина пакета, м	0,05	0,08	0,09	0,11

q _{пп} - средняя плотность сухого теплового потока с тела человека в позе сна, Вт/м ²	41,68	37,95	37,30	36,53
q _{пэ} - средняя плотность сухого теплового потока с тела человека в энергосберегающей позе, Вт/м ²	49,33	49,24	48,48	47,56
q _{исп.к} – теплотери испарением с поверхности тела в позе сна, Вт/м ² . (По Фангеру)	19,26	20,74	21,33	21,92
R _{кп} - средневзвешенное термосопротивление пакета в позе сна, м ² •°C/Вт.	0,75	1,06	1,24	1,57
q _{исп.к.э} – теплотери испарением с поверхности тела в энергосберегающей позе, Вт/м ² . (По Фангеру)	22,79	24,54	25,24	25,94
R _{кп} - средневзвешенное термосопротивление пакета в энергосберегающей позе сна, м ² •°C/Вт.	0,64	0,82	0,96	1,21
λ - эквивалентный коэффициент теплопроводности пакета, Вт/моС.	0,07	0,07	0,07	0,07
δ средняя толщина пакета спального мешка нижняя грань комфорта, м	0,05	0,10	0,11	0,14
К _ф - коэффициент формы	0,86	0,84	0,82	0,79
δ расчетная средняя толщина пакета в позе сна с учетом кривизны пакета, м	0,06	0,09	0,10	0,14

Приложение Е (обязательное) Последовательность расчета оптимального распределения толщин пакета по геометрической модели человека в позе сна (алгоритм)

Исходные данные (измеренные параметры)

Геометрия

$$S1 := 0.12 \quad \text{m}^2 \quad r1 := 0.08 \quad \text{m} \quad h1 := \frac{S1}{2 \cdot \pi \cdot r1} = 0.239$$

$$S2 := 0.67 \quad \text{m}^2 \quad r2 := 0.172 \quad \text{m} \quad h2 := \frac{S2}{2 \cdot \pi \cdot r2} = 0.62$$

$$S3 := 0.1 \quad \text{m}^2 \quad r3 := 0.115 \quad \text{m} \quad h3 := \frac{S3}{2 \cdot \pi \cdot r3} = 0.138$$

$$S4 := 0.21 \quad \text{m}^2 \quad r4 := 0.084 \quad \text{m} \quad h4 := \frac{S4}{2 \cdot \pi \cdot r4} = 0.398$$

Температура воздуха $T_v := -34$ град C

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_0 := 10$ Вт/м²К

Коэффициент теплопроводности $\lambda_0 := 0.032$ Вт/м*градC

$$\underline{S} := \begin{pmatrix} S1 \\ S2 \\ S3 \\ S4 \end{pmatrix} \quad \underline{r} := \begin{pmatrix} r1 \\ r2 \\ r3 \\ r4 \end{pmatrix}$$

Температура кожи частей тела

$$T1 := 34 \quad \text{градC} \quad T2 := 34 \quad \text{градC}$$

$$T3 := 30 \quad \text{градC} \quad T4 := 30 \quad \text{градC}$$

$$\underline{T} := \begin{pmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \\ T4 \end{pmatrix}$$

Максимальный объем пуха $\underline{V} := 0.15$ м³

Начальное приближение:

Толщина пуха $\delta_{800} := 0.015$ м

$$\underline{\delta_{800}} := \begin{pmatrix} 800 \\ 800 \\ 800 \\ 800 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.015 \\ 0.015 \\ 0.015 \\ 0.015 \end{pmatrix}$$

Погрешность приближения $\delta T := 0.01$

Приращение $\Delta \delta := 0.005$ м

Объем спального мешка

$$V_0 := \sum_{i=0}^3 \left[\left[(\delta_{800,i})^2 + 2 \cdot r_i \cdot \delta_{800,i} \right] \cdot \frac{S_i}{2 \cdot r_i} \right] = 0.01749$$

$$Q_0 := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - T_v) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha_0 \cdot (r_i + \delta_{800,i})} + \frac{1}{\lambda_0} \cdot \ln \left(\frac{\delta_{800,i}}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 138.16812$$

иттерация плюс по $\delta 2$

$$\delta 2p := \delta 80_1 + \Delta \delta = 0.02$$

$$\delta \delta 2p := \begin{pmatrix} 800 \\ \delta 2p \\ 800 \\ 800 \end{pmatrix}$$

иттерация минус по $\delta 2$

$$\delta 2m := \delta 80_1 - \Delta \delta = 0.01$$

$$\delta \delta 2m := \begin{pmatrix} 800 \\ \delta 2m \\ 800 \\ 800 \end{pmatrix}$$

$$QQ2p := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 2p_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 2p_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 120.93416$$

$$QQ2m := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 2m_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 2m_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 168.41466$$

$$JQ2p := \frac{(QQ2p - Q0)^2}{Q0^2} = 0.01556$$

$$JQ2m := \frac{(QQ2m - Q0)^2}{Q0^2} = 0.048$$

$$dJQ2 := \frac{JQ2p - JQ2m}{2 \cdot \Delta \delta} = -3.236$$

Коэффициенты релаксации

$$KQ2 := 0.0001$$

$$\delta 2 := \delta 80_1 - KQ2 \cdot dJQ2 = 0.01532$$

$$\delta \delta 2 := \begin{pmatrix} 800 \\ \delta 2 \\ 800 \\ 800 \end{pmatrix}$$

$$Q2 := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 2_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 2_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 136.77172$$

Вычисление функционала

$$J2 := \left(\frac{Q2 - Q0}{Q0} \right)^2 = 1.02141 \times 10^{-4}$$

$$(\delta T)^2 = 1 \times 10^{-4}$$

иттерация плюс по δ_3

$$\delta_{3p} := \delta_{80_2} + \Delta\delta = 0.02$$

$$\delta\delta_{3p} := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ \delta_{3p} \\ 800 \end{pmatrix}$$

иттерация минус по δ_3

$$\delta_{3m} := \delta_{80_2} - \Delta\delta = 0.01$$

$$\delta\delta_{3m} := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ \delta_{3m} \\ 800 \end{pmatrix}$$

$$QQ_{3p} := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - T_v) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha_0 \cdot (r_i + \delta\delta_{3p}_i)} + \frac{1}{\lambda_0} \cdot \ln \left(\frac{\delta\delta_{3p}_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 134.35108$$

$$QQ_{3m} := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - T_v) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha_0 \cdot (r_i + \delta\delta_{3m}_i)} + \frac{1}{\lambda_0} \cdot \ln \left(\frac{\delta\delta_{3m}_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 141.01589$$

$$JQ_{3p} := \frac{(QQ_{3p} - Q_2)^2}{Q_2^2} = 3.13234 \times 10^{-4} \quad JQ_{3m} := \frac{(QQ_{3m} - Q_2)^2}{Q_2^2} = 9.629 \times 10^{-4}$$

$$dJQ_3 := \frac{JQ_{3p} - JQ_{3m}}{2 \cdot \Delta\delta} = -0.065$$

Коэффициенты релаксации

$$KQ_3 := 0.038$$

$$\delta_3 := \delta_{80_2} - KQ_3 \cdot dJQ_3 = 0.017$$

$$\delta\delta_3 := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ \delta_3 \\ 800 \end{pmatrix}$$

$$Q_3 := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - T_v) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha_0 \cdot (r_i + \delta\delta_3_i)} + \frac{1}{\lambda_0} \cdot \ln \left(\frac{\delta\delta_3_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 135.43075$$

Вычисление функционала

$$J_3 := \left(\frac{Q_3 - Q_2}{Q_2} \right)^2 = 9.61271 \times 10^{-5} \quad (\delta T)^2 = 1 \times 10^{-4}$$

иттерация плюс по $\delta 4$

$$\delta 4p := \delta \delta 0_3 + \Delta \delta = 0.02$$

$$\delta \delta 4p := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ 83 \\ \delta 4p \end{pmatrix}$$

иттерация минус по $\delta 4$

$$\delta 4m := \delta \delta 0_3 - \Delta \delta = 0.01$$

$$\delta \delta 4m := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ 83 \\ \delta 4m \end{pmatrix}$$

$$QQ4p := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 4p_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 4p_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 130.34563$$

$$QQ4m := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 4m_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 4m_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 144.33542$$

$$JQ4p := \frac{(QQ4p - Q3)^2}{Q3^2} = 1.40984 \times 10^{-3} \quad JQ4m := \frac{(QQ4m - Q3)^2}{Q3^2} = 4.323 \times 10^{-3}$$

$$dJQ4 := \frac{JQ4p - JQ4m}{2 \cdot \Delta \delta} = -0.291$$

Коэффициенты релаксации

$$KQ4 := 0.0038$$

$$\delta 4 := \delta \delta 0_3 - KQ4 \cdot dJQ4 = 0.016$$

$$\delta \delta 4 := \begin{pmatrix} 800 \\ 82 \\ 83 \\ \delta 4 \end{pmatrix}$$

$$Q4 := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 4_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 4_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 134.07939$$

Вычисление функционала

$$J4 := \left(\frac{Q4 - Q3}{Q3} \right)^2 = 9.95655 \times 10^{-5} \quad (\delta T)^2 = 1 \times 10^{-4}$$

Given

 $\delta 1 := 0.0001$ $\delta 1$ - переменная

$$\delta 1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot \delta 1 - \frac{2 \cdot r_1}{S_1} \left[v - \sum_{i=1}^3 \left[\left[(\delta \delta 1_i)^2 + 2 \cdot r_i \cdot \delta \delta 1_i \right] \cdot \frac{S_i}{2 \cdot r_i} \right] \right] = 0$$

$$\delta 1 := \text{Find}(\delta 1) = 0.34971$$

$$\delta \delta 1 := \begin{pmatrix} \delta 1 \\ \delta 2 \\ \delta 3 \\ \delta 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.34971 \\ 0.01532 \\ 0.01747 \\ 0.01611 \end{pmatrix}$$

$$Q1 := \sum_{i=0}^3 \frac{(T_i - Tv) \cdot S_i}{\left[\frac{1}{\alpha 0 \cdot (r_i + \delta \delta 1_i)} + \frac{1}{\lambda 0} \cdot \ln \left(\frac{\delta \delta 1_i}{r_i} + 1 \right) \right]} \cdot r_i = 120.13188$$

Вычисление функционала

$$J1 := \left(\frac{Q1 - Q4}{Q4} \right)^2 = 0.01082 \quad (\delta T)^2 = 1 \times 10^{-4}$$

$$V1 := \sum_{i=0}^3 \left[\left[(\delta \delta 1_i)^2 + 2 \cdot r_i \cdot \delta \delta 1_i \right] \cdot \frac{S_i}{2 \cdot r_i} \right] = 0.15$$

Приложение Ж (обязательное) Спальные мешки, протестированные по EN 13537

Название	Комфорт, С	Предел комфорта, С	Экстрим, С	Размер	Вес, кг	Тип верха	Тип подкладки	Утеплитель	Количество утеплителя, г	Размеры внешние (внутренние), см	Размеры упаковки, см	Вес компрессионного мешка, кг	Тестирование
Пуховые спальники													
LADAKH Новый	-37	-49	-83					700+		220x185x90x60	25x65	0,26	EN 13537 : 2012
KASHGAR 60С	-24	-34	-60		2,86	Advance® Performance	Advance® Classic	700+	2010	221x198x90x62 (215x190x82x55)	22x55	0,20	EN 13537
KARAKORAM V3	-13	-21	-44	M	1,95	Advance® Classic	Advance® Classic	800+	1383	234x211x95x65 (228x203x87x58)	28x57	0,20	EN 13537
				XL	2,25								
				XXL	2,40								
GLASIER Новый	-13	-21	-45					800+		220x185x90x60	25x65		EN 13537 : 2012
SUMMIT 800+	-11	-19	-41	M	1,68	Advance® Performance	Advance® Classic	800+	1066	215x192x85x60	21x60	0,15	EN 13537 : 2012
				XL	1,76								
SAVALI	-6	-13	-32	верх/вниз	2,36								EN 13537 : 2012
				верх	1,44								
				вниз	0,92								
MUSTANG 700+ FP	-7	-14	-34	M	1,39	Advance® Performance	Advance® Classic	700+	858	215x192x80x55	21x50	0,53	EN 13537
				XL	1,45								
				S	1,20								
RAMIRS 800+ FP	-4	-11	-30	M	1,30	Advance® Classic, Blotstop	Advance® Classic	800+	674	198x175x80x54	18x45	0,57	EN 13537
				XL	1,40								
				S	1,30								
RAMIRS 700+ FP	-4	-11	-30	M	1,40	Advance® Classic, Blotstop	Advance® Classic	700+	776	215x192x80x55	19x46	0,57	EN 13537
				XL	1,50								
				S	1,40								
RAMIRS 600+ FP	-4	-11	-30	M	1,50	Advance® Classic, Blotstop	Advance® Classic	650+	817	215x192x80x55	19x46	0,54	EN 13537
				XL	1,60								
				S	1,40								
BLANET PRO V2	-4	-10	-28	M	1,38	Advance® Performance	Advance® Classic	650+	728	220x185x80	21x50	0,16	НПФ BACK
				XL	1,62								
HIKING 850+ Новый	-1	-7	-25	S	0,95	Advance® Superior	Advance® Superior	850+	528	215x192x80x55	18x46	0,47	НПФ BACK
				M	1,00								
				XL	1,09								
MILD Universal	0	-6	-24		1,85	Advance® Performance	Advance® Classic	Shelter Sport	270 г/м2	223x186x60	23 x 57	0,19	НПФ BACK
								650+	312				

Приложение И (обязательное) Заявка на проведение экспертного оценивания соответствия технологий производства продукции (товаров, услуг) гражданского назначения мировому уровню

Раздел 1. Характеристика оцениваемой технологии

1.	Общие сведения:	
	Назначение технологии	Изготовление утепляющих материалов для производства одежды. Материал, обладает свойствами, аналогичными пуху водоплавающей птицы и состоит из двух компонент – пуха водоплавающей птицы и коротковолокнистых штапельных полиэфирных или шерстяных волокон.
	МПК	D04H1/00 Нетканые материалы, изготовленные из текстильных натуральных, штапельных или искусственных волокон малой длины D04H 1/4391 Нетканые материалы, изготовленные из текстильных натуральных, штапельных или искусственных волокон малой длины - отличающиеся формой волокон
	ОКВЭД (ОКОНХ)	ОКВЭД 2 - 13.95 Производство нетканых текстильных материалов и изделий из них, кроме одежды ОКВЭД 2 – 10.12.5 – Производство пера и пуха
	Продукция	Технологическое оборудование для производства несвязного композиционный утеплителя (НКУ), представляющего собой смесь в заданных пропорциях пуха водоплавающей птицы с полиэфирными или шерстяными волокнами.
	Основной способ производства	В основу способа положено аэродинамическое и механическое смешивание компонент, одна из которых представляет пух водоплавающей птицы, а вторая компонента представлена штапельными полиэфирными или шерстяными волокнами малой длины. Способ предполагает на первом этапе нарезку штапелей из полиэфирного волокна или шерстяной крученой нити с последующей аэродинамической обработкой компоненты с целью повышения ее объемности.
	Специфика применения технологии или продукции	Наличие государственных приоритетов развития Арктики требует создания широкого ассортимента специальной одежды и снаряжения для защиты от холода. Одним из наиболее эффективных утеплителей для сверхтеплой одежды является пух водоплавающей птицы. Он позволяет изготавливать эргономичную одежду с очень большим термосопротивлением – более 1 °См ² /Вт. В настоящее время пух водоплавающей птицы в виду его популярности - дефицитен и имеет высокую стоимость. Западные фирмы, производящие утеплители предложили рынку смеси пуха с синтетическими волокнами (НКУ), которые также достаточно дороги. В связи с этим разрабатывается российская технология производства НКУ.
	Предполагаемые потребители	Предполагаемые потребители оборудования для производства НКУ – предприятия: по переработке перо-пухового сырья – по производству нетканых материалов – «Весь Мир»; производители пуховой одежды – «БАСК», «СИВЭРА» и другие. Потребителями одежды для защиты от сверхнизких температур с новым утеплителем являются предприятия ТЭК дислоцирующиеся в четвертом особом климатическом поясе,

	Возможности экспорта продукции	Технология производства НКУ может быть НКУ может быть востребован на западных рынках в странах с холодным климатом: в Канаде, Норвегии, Швеции, Финляндии.
	Возможность импорта технологий-аналогов и/или продукции.	Возможен импорт несвязных композиционных утеплителей производства Китая Zhejiang Samsung Down Co., Ltd, США Allied Feather & Down Corp, однако при наличии собственной технологии он экономически не оправдан.
2.	Сведения, подтверждающие стадию готовности технологии и права на технологию:	
	Стадия готовности технологии и подтверждающие документы	ОКР 1. Сборочный чертеж режущего механизма 28.94-31636667-19 04 СБ 2. Сборочный чертеж питателя ниточного 28.94-31636667-19 05 СБ 3. Растариватель пуха 28.94-31636667-19 01 ВО 4. Датчик веса 28.94-31636667-19 01 -69 СБ 5. Затариватель 10.12.50 – 002-31636677-2020-05СБ 6. Режущий механизм 28.94-31636667-19 04 СБ 7. Заслонка, сборочный чертеж 10.12.50 – 002-31636677-2020-08СБ 8. Смеситель со шпулярником 10.12.50 – 002-31636677-2020-03СБ 9. Схема технологического процесса 10.12.50 – 002-31636677-2020-01 СХ 10. Технологический комплекс производства несвязного композиционного утеплителя. Общий вид. 10.12.50 – 002-31636677-2020-01СБ 11. Компоновка комплекса для производства НКУ 12. План цеха производства утеплителя 10.12.50 – 002-31636677-2020-12СБ
	Заказчик(и) разработки технологии	ООО «БАСК»
	Исполнители	ООО НПП «ИНТОР» Договор №Н1/1/18 опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка и изготовление экспериментальной установки для получения несвязного композиционного утеплителя. Разработка и изготовление опытного образца прибора для измерения теплового сопротивления готовых изделий» Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты) Договор на выполнение научно-исследовательской работы Н/0/18 «Разработка новых несвязных композиционных утеплителей для высокотехнологичной сверхтеплой одежды и новой технологии их производства»
	Источник(и) финансирования разработки технологии	Проект финансируется в рамках реализации ООО «БАСК» НИОКР по теме: «Высокотехнологичная сверхтеплая одежда (ниже -40°С) для арктических условий эксплуатации в целях реализации комплексного инвестиционного проекта «Разработка новой технологии и создание производства высокотехнологичной сверхтеплой одежды (ниже -40 °С) для арктических условий эксплуатации по соглашению №020-11-2018-

		1143 от 20 декабря 2018 года о предоставлении из федерального бюджета субсидии российским организациям на компенсацию части затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по приоритетным направлениям гражданской промышленности в рамках реализации такими организациями комплексных инвестиционных проектов между Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и ООО «БАСК». Собственные средства ООО «БАСК» Идентификатор 000 000 00 02018P2E002
	Обладатель прав на технологию	ООО «БАСК» Договор №Н1/1/18 опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка и изготовление экспериментальной установки для получения несвязного композиционного утеплителя. Разработка и изготовление опытного образца прибора для измерения теплового сопротивления готовых изделий» с ООО НПП «ИНТОР»
	Сведения об урегулировании прав на технологию	ООО «БАСК» Договор №Н1/1/18 опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка и изготовление экспериментальной установки для получения несвязного композиционного утеплителя. Разработка и изготовление опытного образца прибора для измерения теплового сопротивления готовых изделий» с ООО НПП «ИНТОР»
	Сведения о результатах интеллектуальной деятельности, связанных с оцениваемой технологией и/или выпускаемой на ее основе продукции (товарах, услугах), охраняемых в рамках части IV Гражданского кодекса Российской Федерации или международными законами (в т.ч. заявки)	1.Наименование заявки: «Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя» зарегистрирована в ФИПС 29.04.20 № 2020116308 , проводится формальная экспертиза. 2. Наименование заявки: «Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя» Заявка № 2020105837 от 07.02.2020 – экспертиза по существу №2020105837/03(008931), дата начала отсчета срока действия патента 07.02.2020. Авторы: Бринк И. Ю., Колесник С.А., Богданов В. Ф., Ширшов Е.Е., патентообладатель ООО «БАСК», RU
	Прочие сведения	1.По заявке «Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя» конструкторская документация, сборочные чертежи представлены в приложении 1. 2. По заявке «Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя» схема, приложение 2.
3.	Описание технологии и производимой на ее основе продукции:	
	3.1.Наименование технологии	«Способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя»
	Полное описание	Настоящее изобретение направлено на создание способа получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя, изготавливаемого из натурального пуха и измельченных синтетических или шерстяных волокон, позволяющего оперативно изготавливать утеплитель с заданными свойствами упругости и

		<p>объемности за счет упрощения и объединения всех стадий технологического процесса, локализации производства и использования в качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала шерстяной или синтетической пряжи с заданными параметрами крутки волокон.</p> <p>Для достижения данного технического результата предложен способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя, согласно которому осуществляют аэродинамическое смешивание двух компонент, одной из которых является пух. Способ представляет собой единый циклически повторяемый дискретный технологический процесс, при котором в качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала используют шерстяную или синтетическую пряжу с параметрами крутки не менее 100/м, нарезанную в устройстве резки пряжи на отрезки длиной $15 \div 20$ мм с количеством трехмерных гофр не менее двух с последующим разделением отрезков на отдельные штапельные волокна в смесителе-активаторе, снабженном штифтами, расположенными на стенках, с помощью градиентных воздушных потоков, создаваемых разнонаправленными форсунками, дальнейшим смешиванием с пухом водоплавающей птицы в пропорциях пух/компонента $60/40 \div 90/10\%$ и транспортировкой готового утеплителя в дозатор для наполнения изделия.</p> <p>Преимуществом такого подхода является локализация производства несвязного композиционного утеплителя непосредственно на предприятии, производящем швейные изделия, оперативное изготовление утеплителя в заданных пропорциях компонент за счет получения волокнистой компоненты из крученой пряжи с круткой не менее 100/м, вне производства исходных химических волокон. Полученный материал может подаваться в изделия при помощи дозаторов.</p> <p>Существенным и новым является то, что предложенный способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя является единым циклическим дискретным технологическим процессом, при котором получение волокнистой компоненты утеплителя осуществляется нарезкой пряжи с заданными параметрами крутки (не менее 100/м). При этом используется шерстяная или синтетическая пряжа, которую разделяют на отдельные штапельные волокна, смешивают с пухом в пропорциях пух/компонента $60/40 \div 90/10\%$ и транспортируют готовую смесь в затариватель или дозатор. Для осуществления хорошего сцепления между волокнами и отдельными бородками пуха волокон, последние не обрабатываются антифрикционными материалами, что в последующем снижает миграцию волокон по массе пуха во время эксплуатации изделий и волокнистая компонента не оседает вниз отсеков изделия. Однако отсутствие обработки, увеличивающей снижения трения поверхности волокон, требует более тщательного перемешивания компонент утеплителя.</p> <p>Технический результат предлагаемого способа получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя заключается в локализации производства непосредственно на швейном предприятии, оперативном изготовлении утеплителя с заданными свойствами упругости и объемности, определяемыми соотношением смешиваемых компонент (пух/компонента $60/40 \div 90/10\%$), упрощении и объединении всех стадий технологического процесса в единый циклически повторяемый дискретный технологический процесс, а также использовании для формирования волокнистой компоненты пряжи (шерстяной или синтетической) с заданными параметрами крутки.</p>
--	--	---

		<p>Сущность способа поясняется следующими таблицами и иллюстрациями. Табл.1. – Варианты экспериментальных пакетов с различными компонентами; Табл. 2 – Измеренные и рассчитанные реологические характеристики пакетов при воздействии давления 14,7 Па при комнатной температуре; Таблица 3 Измеренные и рассчитанные реологические характеристики пакетов при воздействии давления 72,6 Па при комнатной температуре;</p> <p>Фиг.1 – Установка для получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя, где 1 – шпулярник с бобинами пряжи, 2 – устройство резки, 3 – активатор-смеситель, оснащенный воздушными коллекторами с форсунками; 4 – растариватель пуха; 5 – затариватель.</p> <p>Предлагаемый способ получения несвязного композиционного утеплителя, состоящего из смеси пуха с шерстяными или синтетическими волокнами осуществляется следующим образом. Способ представляет собой единый циклически повторяемый дискретный технологический процесс, осуществляемый в автоматическом режиме с помощью специально разработанной установки (Фиг. 1).</p> <p>В качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала используют шерстяную или синтетическую пряжу с параметрами крутки более 100/м. Пряжа поступает с бобин, находящихся на шпулярнике 1 на режущий механизм 2, где разрезается на отрезки длиной 15÷20мм с количеством трехмерных гофр не менее двух. Полученные отрезки всасываются потоком воздуха в смеситель-активатор 3, в котором падают на дно, представляющее собой взвешивающую платформу. Как только масса отрезков пряжи достигнет величины, соответствующей заданной пропорции компонент (пух/компонента 60/40÷90/10%), режущий механизм 2 отключается и включается процесс разделения отрезков пряжи на штапельные волокна. Для этого внутри смесителя-активатора 3 располагают более двух воздушных коллекторов, снабженных форсунками, обеспечивающими путем разнонаправленных градиентных потоков воздуха соударение отрезков пряжи со штифтами, расположенными на нижней и на боковых стенках смесителя-активатора с целью их разделения на отдельные волокна. Обработка заданной массы волокон градиентными потоками воздуха продолжается достаточное количество времени для того, чтобы разделить отрезки пряжи на отдельные штапельные волокна. Как только разделение отрезков пряжи на штапельные волокна произошло, в смеситель-активатор 3 подается пух в заданном количестве из растаривателя 4. Дно растаривателя 4 представляет собой взвешивающую платформу, которая позволяет отбирать определенную массу пуха для смешивания, чтобы обеспечить необходимую пропорцию компонент несвязного композиционного утеплителя. После осуществления смешивания, полученная масса подается в затариватель 5 и далее непосредственно в дозатор для наполнения изделий.</p>
	Краткое описание технологии	<p>Предлагаемое изобретение относится к текстильной промышленности и может быть использовано при производстве утеплителей с характеристиками близкими к натуральному пуху водоплавающей птицы, полученными методом смешивания несвязных композиционных утеплителей, и предназначенными для изготовления одежды и спальных мешков. Предложен способ получения несвязного композиционного двухкомпонентного утеплителя, согласно которому осуществляют аэродинамическое смешивание двух компонент, одной из которых является пух. Способ представляет собой единый</p>

		<p>циклически повторяемый дискретный технологический процесс, при котором в качестве волокнистой компоненты несвязного композиционного материала используют шерстяную или синтетическую пряжу с параметрами крутки не менее 100/м, нарезанную в устройстве резки пряжи на отрезки длиной 15÷20мм с количеством трехмерных гофр не менее двух с последующим разделением отрезков на отдельные штапельные волокна в смесителе-активаторе, снабженном штифтами, расположенными на стенках, с помощью градиентных воздушных потоков, создаваемых разнонаправленными форсунками, дальнейшим смешиванием с пухом водоплавающей птицы в пропорциях пух/компонента 60/40÷90/10% и транспортировкой готового утеплителя в дозатор для наполнения изделия.</p>
	3.2.Наименование технологии	2. Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя
	Полное описание	<p>Технической задачей предлагаемого способа является снижение энерго- и материальных затрат, сокращение времени получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя за счет упрощения процесса производства и применения менее дорогостоящего оборудования при сохранении объемности и необходимых теплозащитных свойств. В результате образуется компонента с неявным внутренним ядром и распущенными краями, по форме напоминающая отдельную пушину, при этом в ядре компоненты сохраняется термоскрепление волокон. Масса полученных компонент характеризуется реологическими характеристиками, близкими к характеристикам массы пуха водоплавающей птицы.</p> <p>Для достижения данного технического результата предложен способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя, заключающийся в получении трехмерных кластеров волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя механической деструкцией полотна холстопробивного синтетического утеплителя с помощью устройства, на рабочем столе, которого полотно перемещается расположенными на нем транспортирующими роликами, и на конце перед прорезью для свободного возвратно-поступательного движения гильотинного ножа прижимается к выступу стола прижимным валком, задающим скорость движения. После чего осуществляют прокалывание, последующее увлечение и отрыв участка полотна в виде волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя игольчатыми гребенками прямо-угольной формы, закрепленными в шахматном порядке в два ряда на валу, установленном по другую сторону прорези стола, под которыми располагается платформа с продольными прорезями, по которым при вращении вала проходят иглы гребенки. Затем обрезают волокна, тянущиеся за трехмерным кластером, гильотинным ножом и подают в накопитель с помощью вакуум-системы.</p> <p>Преимущество данного технического решения состоит в том, что предложенный способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя позволяет снизить энерго- и материальные затраты, а также сократить время получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя за счет исключения процесса предварительного формирования исходного материала и применения менее дорогостоящего оборудования при сохранении необходимых потребительских свойств.</p> <p>Существенным и новым в предложенном способе является то, что получение волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя в виде трехмерных кластеров осуществляется механической</p>

		<p>деструкцией полотна холстопробивного синтетического утеплителя с помощью специального устройства.</p> <p>Технический результат предлагаемого способа заключается в снижении энерго- и материальных затрат при сохранении требуемых свойств за счет снижения длительности технологического процесса и исключения дорогостоящего и энергоемкого оборудования, а также отсутствия межлекальных отходов при использовании объемного синтетического теплоизоляционного материала, что значительно снижает стоимость конечного продукта.</p> <p>Предложенный способ поясняется чертежом. Фиг. 1 - Устройство для получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя, где 1 – рабочий стол с прорезью; 2 – ролики; 3 – гильотинный нож; 4 – полотно холстопробивного синтетического утеплителя; 5 – прижимный валик; 6 – игольчатые гребенки; 7 – вал; 8 – платформа с продольными прорезями; 9 – вакуумный затариватель.</p> <p>Предлагаемый способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя осуществляется следующим образом (Фиг. 1): на рабочий стол 1, состоящий из постоянно вращающихся роликов 2 и имеющий на конце прорезь для свободного возвратно-поступательного движения гильотинного ножа 3, подается полотно холстопробивного синтетического утеплителя 4, которое перед прорезью плотно прижимается к столу прижимным валиком 5, задающим скорость движения полотна холстопробивного синтетического утеплителя. Центр оси вращения прижимного валика 5 по вертикали соответствует крайней точке окружности последнего вращающегося ролика 2. С другой стороны прорези стола располагается вал 7 с закрепленными на нем в два ряда игольчатыми гребенками прямоугольной формы 6. Под валом с игольчатыми гребенками 6 прямоугольной формы располагается платформа с продольными прорезями 8, по которым при вращении вала 7 проходят иглы гребенки 6, зацепившие волокно. Игольчатые гребенки 6 закрепляются диаметрально по отношению к центру вала и в шахматном порядке относительно друг друга. Диагональ игольчатой гребенки 6 располагается вдоль образующей линии вала 7. Диаметр вала 7 превышает диаметр прижимного валика 5 на величину, необходимую для своевременной обрезки волокон волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя гильотинным ножом 3. При вращении вала 7 отдельной игольчатой гребенкой 6 осуществляется прокалывание, последующее увлечение и отрыв участка полотна в виде волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя. Погружение игольчатых гребенок 6 в платформу 8 с продольными прорезями, по которой движется полотно холстопробивного синтетического утеплителя 4, позволяет захватывать, увлекать и отрывать иглками трехмерный кластер волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя от полотна по всей его толщине. Волокна, тянущиеся за трехмерным кластером, обрезаются гильотинным ножом 3. Полученные трехмерные кластеры волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя с игольчатой гребенки направляют в накопитель с помощью вакуум системы (9).</p> <p>Таким образом, осуществляется получение отдельных трехмерных кластеров волокнистой компоненты, являющихся основой для получения несвязного композиционного утеплителя. Принципиальная схема, приложение 2.</p>
	Краткое описание технологии	Способ получения волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя относится к текстильной промышленности и может быть использован в производстве несвязных композиционных материалов для швейной промышленности, в

		<p>частности в качестве утепляющего прокладочного материала, предназначенного для придания одежде объемной формы и необходимых теплозащитных свойств.</p> <p>Способ заключается в получении трехмерных кластеров волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя механической деструкцией полотна холстопробивного синтетического утеплителя с помощью устройства, на рабочем столе, которого полотно перемещается расположенными на нем транспортирующими роликами, и на конце перед прорезью для свободного возвратно-поступательного движения гильотинного ножа прижимается к выступу стола прижимным валиком, задающим скорость движения. После чего осуществляется прокалывание, последующее увлечение и отрыв участка полотна в виде волокнистой компоненты несвязного композиционного утеплителя игольчатыми гребенками прямо-угольной формы, закрепленными в шахматном порядке в два ряда на валу, установленном по другую сторону прорези стола, под которыми располагается платформа с продольными прорезями, по которым при вращении вала проходят иглы гребенки, затем волокна, тянущиеся за трехмерным кластером, обрезают гильотинным ножом и подают в накопитель с помощью вакуум системы.</p>
	Ключевые слова и их синонимы	Теплоизоляционный материал; Кластер; Синтетический пух; Композиционный утеплитель; Изоляционный материал
	Наименование и реквизиты продукции (товаров, услуг), выпускаемой на основе технологии.	<p>Несвязный композиционный утеплитель (НКУ), представляет из себя Смесь пуха водоплавающей птицы и полипропиленовых волокон DSD™ CI</p> <p>Смесь пуха и полиэстеровых волокон DSD™ Fb</p> <p>Смесь пуха и шерстяных волокон DSD™ WI</p>
4.	Сведения об аналогах оцениваемой технологии	
	Сведения об организациях (фирмах, предприятиях), обладающих технологиями, которые можно принять в качестве аналогов, либо выпускающих аналогичную продукцию	Primaloft Ink. (US) https://www.primaloft.com/ Albany International Corp www.albint.com
	Характеристика технологии-аналога	Распушиваемый теплоизоляционный материал, содержащий натуральные волокна и измельченные синтетические волокна или шарики из волокон. Натуральные волокна и измельченные синтетические волокна или шарики из волокон отдельно обрабатывают водоотталкивающим веществом для придания водоотталкивающей способности волокну и последние аэродинамически смешивают вместе.
4.1.	Сведения об организациях (фирмах, предприятиях),	Primaloft Ink. (US) https://www.primaloft.com/

	обладающих технологиями, которые можно принять в качестве аналогов, либо выпускающих аналогичную продукцию	
	Назначение технологии	Теплоизолирующий двухкомпонентный наполнитель, используемый для производства одежды и спальных мешков
	Область(и) и отрасль(и) применения: согласно МПК	D04H 1/04 изготовленные из флиса или слоёв волокон, обладающих способностью к свойлачиванию, например из натуральных волокон, предварительно вытянутых или фибриллированных искусственных или синтетических волокон
	согласно ОКВЭД (ОКОНХ)	ОКВЭД 2 - 13.95 Производство нетканых текстильных материалов и изделий из них, кроме одежды ОКВЭД 2 – 10.12.5 – Производство пера и пуха
	Продукция	Primaloft® Down Blend Silver.
	Основные способы производства	Вариантом осуществления настоящего изобретения является способ изготовления распушиваемого теплоизоляционного материала, включающий этап смешивания натуральных волокон с измельченными синтетическими волокнами
	Специфика применения технологии	Дополнительно в патенте представляется возможность придания водоотталкивающих свойств пуху/натуральным волокнам могут быть приданы посредством использования различных технологий (которые четко не ограничены данным перечнем): пропиткой в ванне или процессом напыления на пух/натуральное волокно в сухом состоянии.
	Стадия готовности технологии-аналога	Материал производится
	Возможность импорта продукции, выпускаемой с помощью технологии-аналога	Не целесообразен, в связи с большой дороговизной
	Возможность импорта технологии	Не целесообразно, в связи с большой дороговизной
	Сведения о заказчиках, обладателях прав, исполнителях и соисполнителях разработки технологии и/или лицах, использующих технологию	Нет данных
	Сведения о результатах интеллектуальной деятельности, связанных с технологией-	RED FOX, Россия https://ru.redfoxoutdoor.com/

	аналогом и/или выпускаемой на ее основе продукции (товарах, услугах)	
4.2.	Сведения об организациях (фирмах, предприятиях), обладающих технологиями, которые можно принять в качестве аналогов, либо выпускающих аналогичную продукцию	Albany International Corp www.albint.com
	Назначение технологии	Изоляционный материал, выполненный с возможностью увеличения его объема, содержащий множество элементов, выполненных с обеспечением их веерного расхождения и содержащих некоторое количество волокон, сплавленных на одном конце и свободных на противоположном конце.
	Область(и) и отрасль(и) применения: согласно МПК	D04D7/06 помпоны D04H1/54 способами сваривания волокон, например путем частичного плавления или растворения волокон
	согласно ОКВЭД (ОКОНХ)	ОКВЭД 2 - 13.95 Производство нетканых текстильных материалов и изделий из них, кроме одежды ОКВЭД 2 – 10.12.5 – Производство пера и пуха
	Продукция	Объемный синтетический изоляционный материал. Материал состоит из большого количества ветвящихся структур, каждая из которых имеет несколько отдельных волокон или нитей, соединенных или сплавленных с одного конца и свободных с другого конца. Таким образом, получают елочную структуру, сходную со структурой натурального пуха
	Основные способы производства	Способ изготовления материала. Сначала получают многоволоконную пряжу, имеющую непрерывную форму. Волокна пряжи могут быть закручены, заплетены или закручены вокруг центрального волокна. Затем пряжу на большой скорости подают через устройство, в котором мощный тепловой источник с короткой выдержкой времени осуществляет прерывистую заплавку пряжи, после чего пряжа разрезается
	Специфика применения технологии	Технология направлена на получение теплоизоляционных материалов для производства одежды и спальных мешков.
	Стадия готовности технологии-аналога	Производится Albany International Corp и продается в России
	Возможность импорта продукции, выпускаемой с помощью технологии-аналога	Возможна, но она дороже, чем аналогичная Российская, произведенная по разрабатываемой технологии

	Возможность импорта технологии	Не возможна из-за дороговизны.
	Сведения о заказчиках, обладателях прав, исполнителях и соисполнителях разработки технологии и/или лицах, использующих технологию	Нет данных
	Сведения о результатах интеллектуальной деятельности, связанных с технологией-аналогом и/или выпускаемой на ее основе продукции (товарах, услугах).	Нет данных
5.	Ключевые свойства технологии-аналога и выпускаемой на ее основе продукции и их численные значения	

Группа параметров	Наименование свойства	Единица измерения свойства	Значение (диапазон) показателя свойства
Состав	Компоненты	-	Пух водоплавающей птицы/Полиэстер или Шерсть или Полипропилен
	Соотношение компонент	%	60/40 – 80/20
Качество	Наполняющая способность	FP (наполняющая способность)	600-750
Цена	\$	Цена, за кг, \$	70

**Основные характеристики, разрабатываемого фирмой БАСК
утепляющего несвязного материала в сравнении с мировыми
производителями**

Производитель	Allied Feather & Down Corp.	ООО «БАСК»
Страна	США	Россия
Наименование материала	HyperDRY™ Down	DSD™ (DrySiberianDown)
Состав	Белый/Серый гусиный пух	Белый/Серый гусиный пух
Цена, за кг, \$	98.90	70
Fill Power	750	750
Наименование DWR обработки	Fluorocarbon Free Water Resistant Down	Российский патент
Соотношение Пух/Волокно, %	100/0	100/0

Производитель	Allied Feather & Down Corp.	ООО «БАСК»	ООО «БАСК»	ООО «БАСК»
Страна	США	Россия	Россия	Россия
Наименование материала	ALLIED'S FX Down	DSD™ Fb	DSD™ W1	DSD™
Состав	Белый/Серый гусиный пух/polyester	Белый/Серый гусиный пух/polyester	Белый/Серый гусиный пух/шерсть	Белый/Серый гусиный пух/
Цена, за кг, \$	87,17	70	70	70-150
Fill Power	750	750	750	650-850
Наименование волокна	ALLIED Thermaltech Fiber	Shelter + Down	Шерсть + Down	Down
Соотношение Пух/Волокно, %	70/30	70/30	70/30	100/0

Производитель	Zhejiang Samsung Down Co., Ltd	ООО БАСК
Страна	Китай	Россия
Наименование материала	Clima Down,	DSD™ C1
Состав	Белый/серый гусиный/утиный пух/ lyocell fibers	Серый гусиный пух/ lyocell fibers
Цена, за кг, \$	70	60
Fill Power	600	700
Наименование волокна	Гусиный/утиный пух+Cell Solution CLIMA	Гусиный пух+Cell Solution CLIMA
Соотношение Пух/Волокно, %	60/40	70/30

Производитель	Ventex	ЗМ	ООО «Весь Мир» для ООО «БАСК»
Страна	Корея	США	Россия

Наименование материала	Соларбол	Пух без Пера	Shelter_bol
Состав	Polyester	Polyester	Polyester силиконизированное микроволокно
Цена, за кг, \$	25	30	20
Fill Power	325	625	600
Наименование волокна			
Соотношение Пух/Волокно, %	0/100	0/100	0/100

Приложение К (обязательное) Акты внедрения результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по развитию ООО «БАСК»

Анненков К.А.

«05» 05 2023г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича «Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков с пуховым утеплителем»

Комиссия ООО «БАСК» в составе:

Председатель – Директор ЦФ БАСК

Члены комиссии: Руководитель АХОР

Научной сотрудник, к.т.н.

Шпынев В.А.

Габдрахманов Р.К.

Дьяконова Е.В.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на тему «Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков с пуховым утеплителем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в производственной деятельности ООО «БАСК» при разработке спальных мешков.

Произведена разработка и внедрение комплекса оборудования для производства НКУ (несвязанных композиционных утеплителей). Комплекс находится на арендованных площадях в Технопарке Калибр. На нем регулярно производятся различные виды НКУ, которые используются для производства готовой продукции.

Произведена разработка и внедрение испытательного комплекса «БАСКАрктик». Комплекс установлен в Лаборатории БАСК, которая располагается в Технопарке Калибр.

Сроки внедрения: Оборудование разрабатывалось и внедрялось в период с 2018 г. по 2022 г.

Председатель комиссии

Члены комиссии

Шпынев В.А.

Габдрахманов Р.К.

Дьяконова Е.В.



+7 (495) 775-13-13



info@baskcompany.ru
baskcompany.ru



ООО «БАСК» 129085, г. Москва,
ул. Годовикова, д.9, стр. 1



УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель генерального директора
 по развитию ООО «БАСК»
 Анненков К.А.
 «05» 05 2023г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича «Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков с пуховым утеплителем»

Комиссия ООО «БАСК» в составе:

Председатель - Заместитель Генерального директора по науке	Богданова О.С.
Члены комиссии: Руководитель конструкторского отдела	Адликковская Н.В.
Научной сотрудник, к.т.н.	Дьяконова Е.В.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на тему «Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков с пуховым утеплителем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в производственной деятельности ООО «БАСК» при разработке спальных мешков.

Проектирование пуховой продукции происходит с использованием АСУТП «Наполнитель», в которой реализованы методы проектирования.

В компании внедрены стандартные операционные процедуры СОП БАСК-ЛАБ-012 «Определение теплового сопротивления пакетов материала» на приборе «БАСК Арктик». Это дает возможность контролировать тепловую защиту готовых спальных мешков.

Измерения проводятся в морозильной камере, входящей в комплект прибора «БАСК Арктик» при температурах от минус 10°C до минус 40°C, что дает тепловой напор до 85С. Это позволяет проверять тепловые свойства «толстых» (до 120 мм) спальных мешков.


Внедрение методов проектирования и контроля тепловой защиты позволили существенно уменьшить расходы на разработку новой продукции и на проведение испытаний тепловых свойств выпускаемых изделий.


Сроки внедрения: Разработанные методы проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков внедрены в производство в период с 2018 г. по 2022 г.

Председатель комиссии

Члены комиссии

 Богданова О.С.

 Адликковская Н.В.

 Дьяконова Е.В.



+7 (495) 775-13-13



info@baskcompany.ru
baskcompany.ru



ООО «БАСК» 129085, г. Москва,
ул. Годовикова, д.9, стр. 1



**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР СЛУЖБЫ ПОИСКОВОГО И
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГА**

(ООО «НПЦ СПАСОП ГА»)

105082, Москва, ул. Бакунинская, д.69, стр. 1,
антресоль 1-го этажа, пом. 1, комн. 16, офис Л
тел./факс (903) 151-51-52

npc_spasop@mail.ru

www.npcspasop.ru

№ _____
на № _____ от _____

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

**результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича
«Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных
мешков с пуховым утеплителем»**

ООО «Научно-практический центр Службы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации» в 2023 году приобрел у ООО «БАСК» комплект снаряжения для проведения высокоширотной экспедиции на Северный полюс – Проект «БАРНЕО».

Все снаряжение показало себя с хорошей стороны, маркировка температурных режимов на снаряжении соответствовала реальной температуре.

Спальные мешки были изготовлены из пухового наполнителя, имели во всех своих частях правильное количество утеплителя.

Спальные мешки использовались на Северном полюсе с 1 по 24 апреля 2023 года

Генеральный директор



Д.А. Глаголев



Общество с ограниченной ответственностью
«Инжиниринговый центр «Автономная энергетика»

+7 (926) 295-68-39
www.energy-mipt.ru

124498, г. Москва, г. Зеленоград,
Георгиевский пр-кт, д. 5, пом. 3А

ОГРН 1197746005357
ИНН 7720450380

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Богданова Владимира Федоровича «Разработка методов проектирования и контроля тепловой защиты спальных мешков с пуховым утеплителем»

ООО «ИЦ «Автономная энергетика» в декабре 2022 года приобрела у ООО «БАСК» комплекты полярного снаряжения на 8 человек для его использования при исследованиях на месте строительства станции «Снежинка».

Погода в Нефритовой долине, где располагался базовый лагерь была очень ветреная и холодная.

Участники экспедиции проживали во временном лагере.

Спальные мешки с перопуховым наполнителем BASK BLANKET PRO, которые использовала экспедиция, успешно прошли тестирование при температуре окружающего воздуха -30С.

Участники экспедиции согласны с температурной маркировкой, указанной на спальном мешке.

Спальный мешок набит пухом таким образом, что не возникает холодных мест во время сна.

Габаритные размеры позволяют использовать спальный мешок с комфортом при разных внешних температурах.

Сроки: тестирование снаряжения происходило в декабре 2022 года.

Генеральный директор

ООО «ИЦ «Автономная энергетика»

Е.А. Пантелеева

Патенты

06.07.2020

PDF.js viewer

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2724154

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ
КОМПОНЕНТЫ НЕСВЯЗНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО
УТЕПЛИТЕЛЯ**Патентообладатель: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "БАСК" (RU)**Авторы: **Бринк Иван Юрьевич (RU), Колесник Светлана
Анатольевна (RU), Богданов Владимир Федорович (RU),
Ширшов Евгений Евгеньевич (RU)**

Заявка № 2020105837

Приоритет изобретения **07 февраля 2020 г.**

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **22 июня 2020 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **07 февраля 2040 г.**Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности **Г.П. Иванев**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2735772

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НЕСВЯЗНОГО
КОМПОЗИЦИОННОГО ДВУХКОМПОНЕНТНОГО
УТЕПЛИТЕЛЯ**

Патентообладатель: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "БАСК" (RU)**

Авторы: **Богданов Владимир Федорович (RU), Бринк Иван
Юрьевич (RU), Горчаков Вячеслав Владимирович (RU),
Колесник Светлана Анатольевна (RU), Ширшов Евгений
Евгеньевич (RU)**

Заявка № 2020116308

Приоритет изобретения 29 апреля 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 09 ноября 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 29 апреля 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

