

2003-A
18254

На правах рукописи

Сахарова Наталья Александровна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭРГОНОМИЧНЫХ БРОНЕЖИЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Специальность 05.19.04 - Технология швейных изделий

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново 2003

Работа выполнена на кафедре конструирования швейных изделий государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ивановская государственная текстильная академия».

Научный руководитель –

доктор технических наук, профессор **Кузьмичев Виктор Евгеньевич**

Научный консультант –

доктор технических наук **Журко Александр Валерьевич**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Шершнева Лидия Петровна**,
кандидат технических наук, доцент **Ефимова Ольга Геннадьевна**

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное предприятие научно-производственное объединение «Неорганика», г. Электросталь.

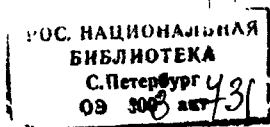
Защита состоится "18" декабря 2003 г в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.061.01 при Ивановской государственной текстильной академии по адресу: 153000, г. Иваново, пр. Ф.Энгельса, 21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ивановской государственной текстильной академии.

Автореферат разослан "15" ноября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Кулида Н.А.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в нашей стране и во всём мире вопрос повышения личной безопасности становится актуальной потребностью. Рост числа преступлений, вооружённые столкновения на национальной почве, массовые беспорядки потребовали совершенствования не только огнестрельного оружия, но и средств индивидуальной бронезащиты от него.

Бронежилет является наиболее эффективным средством индивидуальной бронезащиты, применяемым в силовых структурах и гражданским населением. Современный рынок предлагает бронежилеты широкого спектра (для скрытого и наружного, периодического и постоянного ношения, защиты от пуль и осколков). Однако опыт эксплуатации бронежилетов показывает, что многие из них не могут обеспечить требуемую защиту носчика и комфортность из-за нерационального формирования структуры пакета материалов и конструктивного решения отдельных узлов. Это особенно касается бронежилетов для наружного ношения, которые из-за большой массы, жёсткости, толщины пакета материалов, неравномерного распределения давления по опорной поверхности тела затрудняют процессы тепло- и воздухообмена, повышают угомяемость, вызывают болевые ощущения в позвоночнике и появление гематом на плечевом поясе фигуры, ограничивают амплитуду движений носчиков в профессионально-производственной и боевой ситуациях.

Отсутствие на сегодняшний день научно-обоснованных принципов проектирования бронежилетов с позиций обеспечения функционально-эргономических требований к данному виду одежды, а также отсутствие систематизированных рекомендаций по обоснованию применимости композиционных текстильных материалов для изготовления чехлов бронежилетов не позволяют решать названные проблемы в полном объёме. В связи с этим разработка методологии проектирования эргономичных бронежилетов для наружного ношения является актуальной задачей повышения комфортности и эффективности защиты носчиков.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическими планами научных исследований в Ивановской государственной текстильной академии в 2001-2003 гг. и в рамках НИОКР по заказам Минобороны РФ для НПО «Конверсипол».

Цель работы заключалась в теоретическом и экспериментальном обосновании процесса проектирования бронежилетов для наружного ношения с позиций обеспечения функционально-эргономических требований к данному виду одежды.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- изучены основные требования к бронежилетам в соответствии с нормативной документацией;
- изучены особенности структурного построения современных бронежилетов для наружного ношения, эксплуатируемых в силовых структурах РФ;

- определены закономерности, существующие между основными конструктивными параметрами бронежилетов;
- экспериментально обоснованы основные конструктивные параметры с позиций обеспечения эргономического соответствия и требований защиты;
- разработаны конструктивные предложения по оптимизации давления бронежилета на опорную поверхность фигуры на основе теоретического описания и экспериментального изучения топографии его распределения;
- определена номенклатура показателей пошивочных свойств композиционных текстильных материалов с дискретным полимерным покрытием и разработаны методики их измерения;
- разработан комплексный показатель технологичности для оценки пошивочных свойств, позволяющий оценить поведение композиционных текстильных материалов в процессах проектирования и изготовления бронежилетов для наружного ношения;
- разработана методика и экспериментальная установка для оценки показателя вентилируемости пододёжного пространства бронежилетов, предназначенная для выбора рациональных параметров элементов покрытия композиционных текстильных материалов;
- разработана и адаптирована к САПР «Грация» методика проектирования эргономичных бронежилетов;
- проведены опытная носка и физиолого-гигиенические испытания бронежилетов разработанной конструкции;
- выполнена производственная проверка результатов работы.

Общая характеристика объектов и методов исследования. Объектами исследования служили бронежилеты для наружного ношения, эксплуатируемые в силовых структурах РФ, чертежи конструкций, композиционные текстильные материалы состава «хлопкополиэфирная основа и поливинилхлоридное одностороннее дискретное покрытие».

Поставленные в работе задачи решены с использованием комплексного подхода, объединяющего методы теоретических и экспериментальных исследований: методологию системного подхода к проектированию одежды специального назначения; антропометрические, органолептические, экспертные, инструментальные методы, в том числе динамометрические; методы теоретического расчёта на устойчивость элементов конструкции упругих стоек; методы лабораторных физиолого-гигиенических исследований показателей функционального состояния организма человека и опытной носки по оригинальным и стандартным методикам.

Эксперименты по исследованию свойств композиционных текстильных материалов выполнены на стандартных приборах, оригинальных лабораторных установках, промышленном оборудовании в лаборатории кафедры конструирования швейных изделий ИГТА и в научно-производственном объединении «Конверсипол». Физиолого-гигиеническая оценка бронежилетов проведена в микроклиматической камере Ивановского НИИ охраны труда, а

опытная носка – в Отделе специального назначения УИИ Минюста России по Ивановской области.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечена проведением многократных измерений, использованием поверенных средств измерений и стандартных методик исследований, статистически обоснованных нестандартных методик, согласованием результатов теоретических и экспериментальных исследований.

При обработке результатов экспериментальных исследований использованы методы корреляционного и регрессионного анализа, математической статистики и теории погрешностей с применением ПЭВМ и пакета прикладных программ «Statgraphics».

Построение чертежей конструкций выполнено в САПР «Грация».

Научная новизна состояла в установлении закономерностей взаимодействия элементов в системе «человек – бронжилет», обусловленных влиянием используемых материалов и конструктивных элементов, с позиций обеспечения функционально-эргономических требований к бронжилетам для наружного ношения.

Впервые получены следующие результаты:

- определены и математически описаны закономерности между основными конструктивными параметрами бронжилетов;
- проведено эргономическое обоснование основных конструктивных параметров с позиций обеспечения статического и динамического соответствия конструкции условиям профессионально-трудоой и боевой ситуаций;
- проведено теоретическое описание, экспериментальное изучение и предложена методика расчёта давления бронжилета на опорную поверхность фигуры;
- разработана номенклатура показателей пошивочных свойств композиционных текстильных материалов, влияющих на содержание и условия этапов проектирования и изготовления бронжилетов для наружного ношения;
- разработан комплексный показатель технологичности, обосновывающий возможность переработки композиционных текстильных материалов на промышленном швейном оборудовании;
- разработан показатель вентилируемости пододёжного пространства бронжилетов и экспериментальная установка для его оценки;
- разработана методика проектирования эргономичных бронжилетов для наружного ношения, адаптированная для ручного и автоматизированного режимов построения.

Конструктивное решение защищено свидетельством на полезную модель (свидетельство №25513 РФ, МПК D 05 B 1/00, G 01 L 5/00 «Устройство для определения усилия прокола материалов иглой швейной машины») от 26.03.02), а программное обеспечение – свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ №2003611837 от 06.08.03 «Программа построения базовой конструкции бронжилета для наружного ношения».

Автор защищает:

- установленные закономерности между основными конструктивными параметрами бронезилетов и их влияние на эргономическое соответствие изделия характеру привычных движений человека;
- оригинальные методики и устройства для оценки показателей пошивочных и гигиенических свойств новых композиционных текстильных материалов;
- методику проектирования эргономичных бронезилетов для наружного ношения.

Практическая значимость и реализация результатов работы. На основе теоретических и экспериментальных исследований создана методология проектирования эргономичных бронезилетов, реализация которой улучшает результаты конструкторских решений в направлении повышения эффективности защиты и комфорта данного вида одежды.

Разработанные методики и устройства для определения показателей пошивочных и гигиенических свойств композиционных текстильных материалов с дискретным полимерным покрытием позволили обосновать их применимость для массового производства бронезилетов.

Результаты апробации опытных образцов бронезилетов для наружного ношения в условиях лаборатории специальной одежды Ивановского НИИ охраны труда и в Отделе специального назначения УИИ Минюста России по Ивановской области позволили сделать вывод об их соответствии комплексу требований, предъявляемых к бронезилетам. Бронезилеты разработанной конструкции превосходят существующие аналоги по показателям давления на плечевую область, удобству при выполнении привычных движений и пользовании изделием.

Результаты работы внедрены в учебный процесс Ивановской государственной текстильной академии при подготовке инженеров по специальности 280900 «Конструирование швейных изделий» и производственный процесс на базе НПО «Конверсипол» путём выпуска серии моделей бронезилетов.

Апробация работы. Материалы по теме диссертации были доложены на следующих конференциях:

- третьей международной научно-методической конференции «Непрерывное профессиональное образование в области технологии, конструирования изделий лёгкой промышленности», г. Москва, МГУДТ, 2001 г.;
- межвузовской научно-технической конференции аспирантов, магистров и студентов «Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности» (ИОИСК-2001), г. Иваново, ИГТА, 2001 г.;
- международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (ПРОГРЕСС-2001), г. Иваново, ИГТА, 2001 г.;

- 53-й межвузовской научно-технической конференции молодых учёных и студентов, г. Кострома, КГГУ, 2001 г.;

- международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (ПРОГРЕСС-2002), г. Иваново, ИГТА, 2002 г.;

- межвузовской научно-технической конференции «Современные проблемы текстильной и лёгкой промышленности», г. Москва, РОСЗИТЛН, 2002 г.;

- 2-й международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания и использования новых материалов и оценки их качества» (Материаловедение-2002), г. Москва, МГУС, 2002 г.;

- международной научно-технической конференции «Роль предметов личного потребления в формировании среды жизнедеятельности человека», г. Москва, МГУДТ, 2002 г.;

- межвузовской научно-технической конференции аспирантов, магистров и студентов «Молодые учёные - развитию текстильной и лёгкой промышленности» (ПОИСК-2003), г. Иваново, ИГТА, 2003 г.

Содержание представленных докладов отражено в тезисах вышеперечисленных конференций.

Публикации. Основные результаты выполненных исследований представлены 6 статьями, 9 тезисами докладов, 1 свидетельством РФ на полезную модель, 1 свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ, 1 методическими указаниями, 1 рабочей программой учебной дисциплины «Комфортность и безопасность одежды» (код ОПД.В.01) по направлению подготовки 656100 Технология и конструирование изделий лёгкой промышленности (специальность 280900).

Структура и объём диссертационной работы. Диссертационная работа содержит 212 страниц и состоит из введения, шести глав, выводов, библиографического списка из 125 наименований, 9 приложений, включающих результаты экспериментальных исследований, программу для ЭВМ, заключения промышленных предприятий, свидетельство РФ на полезную модель, свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Диссертация содержит 40 таблиц и 44 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проведения исследований по решению сформулированной научной проблемы диссертационной работы. Определены цели, основные задачи и методы исследования. Приведены сведения об объектах исследования, дана характеристика научной новизны, практической значимости. Представлены данные об апробации работы и публикациях.

В первой главе изучена и проанализирована научно-техническая информация по вопросам проектирования бронежилетов для наружного ношения.

На основе систематизации данных пагентного поиска и нормативной документации выделены требования и отличительные признаки современных бронежилетов. Установлено, что, несмотря на разнообразие существующих модификаций, проблема повышения комфортности и эффективности защиты носчиков является актуальной.

Ввиду отсутствия достаточной информации о влиянии структурного построения бронежилетов на функциональное состояние носчиков и работоспособность проанализировано их конструктивное устройство с позиций обеспечения эргономической рациональности и проведена потребительская оценка бронежилетов, находящихся на вооружении в силовых структурах (МВД, ФСБ, УИИ) Ивановской, Владимирской, Костромской и Ярославской областях.

Результаты выполненного комплексного анализа позволили выявить следующие направления развития и совершенствования современных бронежилетов для наружного ношения:

- 1) оптимизация конструктивных решений, направленных на повышение комфортности;
- 2) использование новых материалов с улучшенным комплексом защитных и эксплуатационных свойств для повышения эффективности защиты.

В рамках первого и второго направлений по различным источникам информации выполнен анализ решений, способствующих повышению комфортности и эффективности защиты. Анализ показал превалирование сугубо индивидуального подхода производителей данного вида одежды к разработке конструкций, реализующегося на уровне интуиции и практического опыта конструктора. Большинство бронежилетов имеют значительную массу, жесткость и толщину пакета материалов, способствующие повышению защиты, но при этом обладают низким уровнем эргономической проработки и низкими гигиеническими характеристиками, способствующими снижению комфортности, либо наоборот. Это связано с отсутствием научно-обоснованных принципов и методов проектирования данного вида одежды с позиций обеспечения функционально-эргономических требований.

Показана неприемлемость существующих методов и инструментальных средств исследования показателей гигиенических свойств материалов, применяемых для изготовления чехлов бронежилетов, и физиологических свойств готовых изделий, поскольку они не позволяют моделировать реальные условия изучаемых процессов и неприменимы на этапе предпроектной проверки принимаемых решений.

Подтверждена необходимость разработки на основе системного подхода методологии проектирования эргономичных бронежилетов для наружного ношения, основанной на комплексной оптимизации конструктивных параметров и состава пакета материалов, в рамках решаемой задачи повышения комфортности и эффективности защиты носчиков.

Вторая глава посвящена разработке теоретических и экспериментальных основ проектирования эргономичных бронежилетов.

В результате исследования конструктивного устройства наиболее распространенных модельных конструкций бронежилетов, эксплуатируемых в силовых структурах РФ, разработана номенклатура основных конструктивных параметров бронежилетов. К таким параметрам отнесены: высота горловины спинки (X_1), ширина горловины спинки (X_2), ширина спинки в самом узком месте (X_3), ширина плечевого среза спинки (X_4), высота горловины грудки (X_5), ширина горловины грудки (X_6), ширина грудки в самом узком месте (X_7), ширина плечевого среза грудки (X_8).

Отсутствие системы функционально-эргономических гребований к бронежилетам вызвало необходимость формирования комплекса наиболее информативных показателей эргономических свойств для оценки конструктивных параметров. Для этого исследовали процессы взаимодействия элементов системы «человек – бронежилет – внешняя среда». В результате выбраны и обоснованы показатели эргономических свойств бронежилетов.

С позиций обеспечения эргономической рациональности конструкций первостепенное значение имеют показатели антропометрического соответствия в статике и динамике. Для количественной оценки этих показателей, их систематизации с основными конструктивными параметрами и определения оптимальных сочетаний разработаны методики и проведены эргономические исследования. В программу этих исследований включена классификация основных поз и движений носчиков бронежилетов, разработанная по данным экспертной оценки.

С применением методов корреляционного и регрессионного анализа получены формализованные зависимости между выбранными параметрами и разработана графическая схема, отражающая пошаговый алгоритм построения чертежа конструкции бронежилета (рис. 1).

Установлены границы изменения конструктивных прибавок в эргономичных бронежилетах, а на основе полученных линейных зависимостей выявлена зона, определяющая границы изменения величин соответствующих конструктивных параметров.

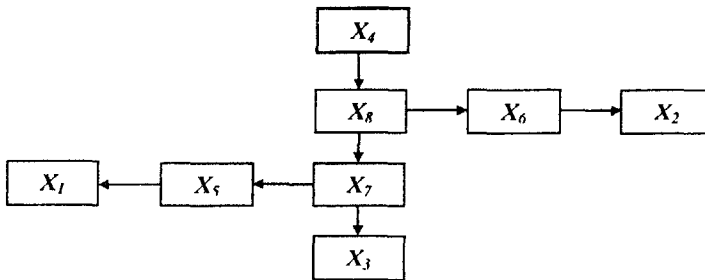


Рис. 1. Графическая схема пошагового алгоритма построения чертежа конструкции бронежилета

На рис. 2 показан фрагмент аппроксимированных зависимостей между конструктивными параметрами для бронезилетов серии Кираса 3М-05, Класс-КМ1, Кора 1М, которые по результатам потребительской оценки отмечены большим числом носчиков как наиболее употребительные.

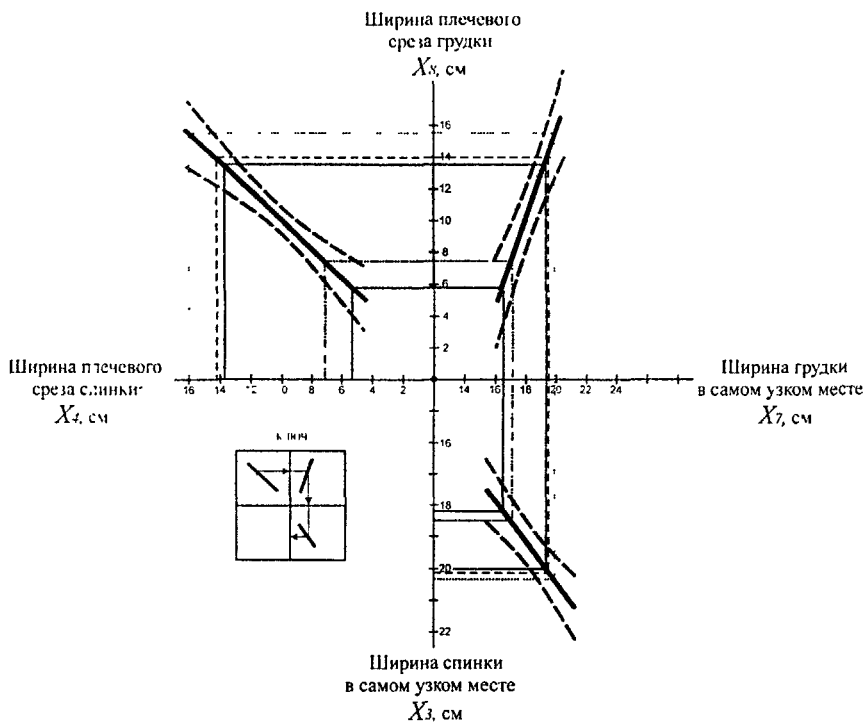


Рис. 2. Линейные зависимости для определения сочетаний некоторых конструктивных параметров бронезилетов

- зона эргономически рациональных конструктивных параметров
- бронезилет серии Кора 1М
- бронезилет серии Кираса 3М-05
- · - · - бронезилет серии Класс-КМ1

В качестве единичного показателя динамического соответствия конструкции, характеризующего внутреннее динамическое взаимодействие элементов системы «человек – бронезилет», выбрано давление бронезилета на опорную поверхность фигуры.

На основе экспериментального изучения топографии распределения давления бронезиления на опорной поверхности фигуры выполнено теоретическое описание и предложена методика расчета для прогнозирования его величины на этапе предпроектной проработки конструкции.

В результате установлено, что давление является функцией ряда факторов, в числе которых параметры бронезиления, его конструкции и антропометрические размерные признаки:

$$q_0 = F(G, B_{\text{прл}}, B_{\text{прз}}, Ш_n, n, K_{\text{ко}}), \quad (1)$$

где q_0 – давление бронезиления на опорную поверхность фигуры, кг/см²;

G – вес бронезиления, кг;

$B_{\text{прл}}$ – высота проймы спереди, см;

$B_{\text{прз}}$ – высота проймы сзади, см;

$Ш_n$ – ширина плечевого ската, см;

n – величина уменьшения ширины верхнего регулятора бронезиления относительно размерного признака $Ш_n$, см;

$K_{\text{ко}}$ – коэффициент концентрации давления, зависящий от характера выполняемого носчиком движения

На основе теоретических значений давления и экспертных ощущений носчиков в области плеч для бронезиленов 1–8 классов защиты предложена градация численных значений с использованием функции желательности Харрингтона. В результате диапазоны изменения значений давления для исходного статического положения человека для следующих ощущений носчика составили:

- «очень плохо» – $q_0 = 8,3 \dots 13,3 \cdot 10^{-3}$ кгс/см²;

- «плохо» – $q_0 = 7,4 \dots 8,3 \cdot 10^{-3}$ кгс/см²;

- «удовлетворительно» – $q_0 = 4,9 \dots 7,4 \cdot 10^{-3}$ кгс/см²;

- «хорошо» – $q_0 = 1,7 \dots 4,9 \cdot 10^{-3}$ кгс/см².

Ввиду опущения носчиком давления на область плеч даже при небольшом весе бронезиления, например 2 кг, при градации не рассматривали диапазон, соответствующий желательности «очень хорошо».

Для подтверждения достоверности теоретических расчетов разработан экспресс-метод измерения давления, основанный на использовании чувствительных к давлению элементов, которые под действием веса бронезиления изменяли свою геометрическую форму. Численное значение давления определяли косвенным методом в соответствии с предварительно разработанной шкалой. Для полученной топографии распределения давления бронезиления на опорной поверхности фигуры и установленного изменения ширины плечевого ската рассчитаны коэффициенты концентрации давления и определены значения давления при совершении носчиками комплекса характерных движений. Различия между теоретическими и экспериментальными значениями давления бронезиления

на опорную поверхность фигуры не превысили 5,1%, что свидетельствует о правильности выстроенной схемы.

Для снижения давления предложено конструктивное решение по разгрузке области плеч за счёт введения в конструкцию бронезилета каркасных стоек. Закрепление нижних концов стоек осуществляется с помощью фиксаторов на пояском ремне носчика (рис. 3).

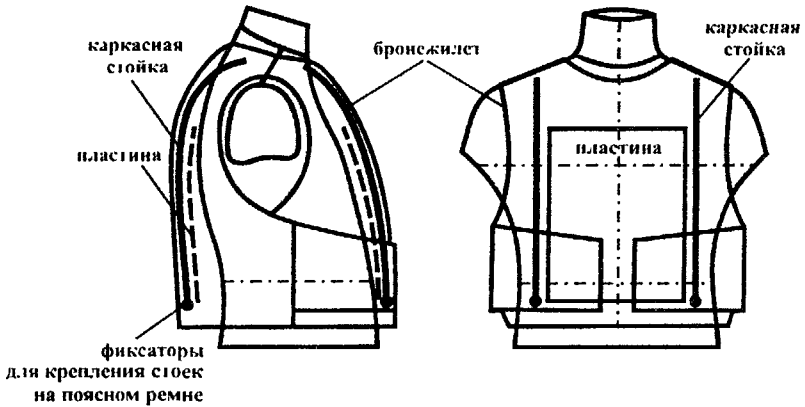


Рис. 3. Схема расположения каркасных стоек

С использованием метода теоретического расчёта на устойчивость элементов конструкции упругих стоек проведено обоснование толщины каркасной стойки.

В качестве исходных данных для расчёта приняты:

- параметры бронезилета: вес грудки (G_1) и спинки (G_2), площадь контакта бронезилета (F) с корпусом тела человека;
- параметры каркасной стойки: длина (L), ширина (h);
- модуль упругости (E) материала стойки;
- среднее давление на корпус тела человека (q) со стороны бокового регулятора бронезилета и бронепластины;
- коэффициент трения (f) между подкладкой бронезилета и нижележащим слоем;
- среднее ускорение прямолинейного движения человека (a);
- ускорение свободного падения (g).

На расчётной схеме (рис. 4) дополнительно приведены:

- l – длина стойки, не зажатая боковым регулятором бронезилета (длина гибкой части стойки). $l = 3/4L$;
- q_z – нагрузка, которая выводит каркасную стойку из состояния прямолинейной формы равновесия в криволинейную;
- δ_z – вертикальное перемещение верхнего конца стойки при её изгибании;
- θ – угол отклонения каркасной стойки от прямолинейного положения.

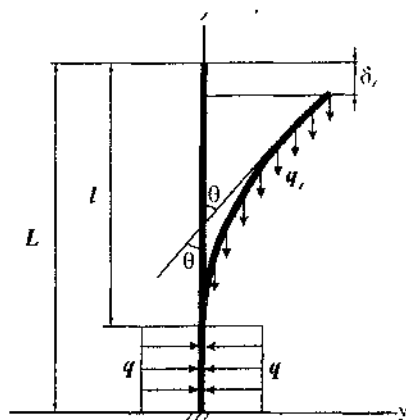


Рис. 4. Расчётная схема передней каркасной стойки

В результате теоретических расчётов получено аналитическое выражение для определения толщины (b) каркасной стойки:

$$b = \sqrt[3]{\left[G_s - f \left(q \cdot F + \frac{a}{g} (G_s + G_c) \right) \right] \frac{l^2}{1,38 E h}} \quad (2)$$

По формуле (2) рассчитаны значения толщины для разных материалов (тонкой стали, материала на основе полиамида, полиэтилена низкого давления, стеклотекстолита). В качестве критерия оценки взят воздушный зазор между опорной поверхностью фигуры и изучаемой поверхностью бронезишета. Справедливость теоретических расчётов подтверждена экспериментальными исследованиями. Расхождение между теоретическим и экспериментальным значениями толщины каркасной стойки не превысило 12,5%. Такое различие не является существенным и учтено в разработанной конструкции бронезишета.

Третья глава посвящена разработке в рамках системного подхода комплексной методики оценки пошивочных и гигиенических свойств композиционных текстильных материалов, обоснованию и разработке комплексного показателя технологичности и показателя вентилируемости пододежного пространства бронезишета.

В качестве объектов исследования выбраны 10 вариантов композиционных текстильных материалов с полимерным дискретным покрытием.

Методика оценки пошивочных свойств композиционных текстильных материалов включала следующие этапы:

1) разработка номенклатуры единичных показателей, характеризующих поведение материалов в технологических процессах. В число таких показателей

включены: толщина, ширина бахромы, величина стягивания материала в шпичной строчке, коэффициент прорубаемости. В направлении расширения базы исходных данных для разработки лекал и принятия решений по обеспечению бесперебойной переработки композиционных текстильных материалов на швейном оборудовании, при настилании и раскрое, в сформированную номенклатуру введены дополнительные показатели: коэффициент трудоёмкости выполнения стачивающих строчек, усилие прокола материала иглой швейной машины, величина отклонения от направления стачивания;

2) разработка методик измерений показателей в условиях изучаемых процессов;

3) разработка комплексного показателя технологичности (КПТ), обосновывающего применимость композиционных текстильных материалов для переработки на промышленном швейном оборудовании.

Разработка КПТ включала выбор наиболее значимых единичных показателей пошивочных свойств, определение коэффициентов весомости и перевод в относительные показатели. Значимость определяли по пошивочным свойствам (качественным характеристикам) материалов, которые соответствующие им показатели определяют количественно. На рис. 5 приведена гистограмма распределения пошивочных свойств.

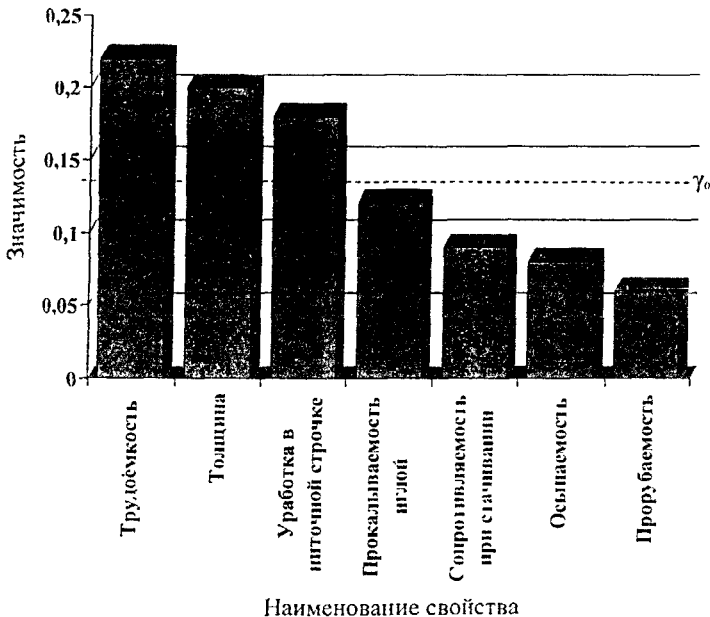


Рис. 5. Распределение по значимости пошивочных свойств

Формула для расчёта КПТ с учётом коэффициентов весомости имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \text{КПТ} = \sum_{i=1}^n \left[0,24 * \frac{X_{k,mpk}}{X_{k,mpk}} + 0,21 * \frac{X_{m_k}}{X_{m_k}} + 0,18 * \frac{X_{v,m_k}}{X_{v,m_k}} + 0,12 * \frac{X_{ic_k}}{X_{ic_k}} + \right. \\
 \left. + 0,09 * \frac{X_{oc_k}}{X_{oc_k}} + 0,09 * \frac{X_{шб_k}}{X_{шб_k}} + 0,07 * \frac{X_{np_k}}{X_{np_k}} \right], \quad (3)
 \end{aligned}$$

где $X_{k,mpk}$, X_{m_k} – коэффициент трудоёмкости выполнения стачивающих строчек соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

X_{v,m_k} , X_{ic_k} – толщина соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

X_{oc_k} , $X_{шб_k}$ – величина стягивания в ниточной строчке соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

X_{ic_k} , X_{ic_k} – усилие прокола иглой соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

X_{oc_k} , X_{oc_k} – величина отклонения от направления стачивания соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

$X_{шб_k}$, $X_{шб_k}$ – ширина бахромы соответственно для i -го материала и контрольной пробы;

X_{np_k} , X_{np_k} – коэффициент прорубаемости соответственно для i -го материала и контрольной пробы

В качестве базовых значений взяты показатели контрольной пробы, которой являлась хлопкополиэфирная текстильная основа композиционных текстильных материалов. Для качественной оценки новых композиционных текстильных материалов предложена градация численных значений КПТ (табл. 1).

Таблица 1

Классификация композиционных текстильных материалов по КПТ

Оценка технологичности свойств материалов	Диапазон изменения численных значений КПТ
Плохо	0,4...0,5
Удовлетворительно	0,50...0,64
Хорошо	0,64...0,74
Очень хорошо	0,74...1,0

Среднее значение КПТ композиционных материалов составило 0,82. В соответствии с приведённой классификацией исследуемые материалы обладают очень хорошими пошивочными свойствами.

Дальнейшее исследование выполнено в направлении изучения эксплуатационных и гигиенических свойств композиционных текстильных материалов. Для обоснования применимости материалов в условиях эксплуатации готового изделия разработан показатель вентилируемости пододёжного пространства. Для его оценки создана методика и экспериментальная установка, моделирующая процесс движения воздуха в бронезилете.

Наличие бронээлементов, образующих вокруг торса человека непроницаемую многоэлементную оболочку, значительно отличает пакет материалов бронезилета от капиллярно-пористых систем, к каким относят пакеты из ткани. Движение воздуха в бронезилете осуществляется не в поперечном направлении к поверхности пакета, что характерно для бытовой и ряда специальной одежды, а в продольном направлении, то есть вдоль слоёв либо самого пакета материалов, либо отдельных его комплектов (рис. 6). В связи с этим подачу воздуха при проведении испытаний с помощью новой разработанной установки осуществляли вдоль проб материалов.

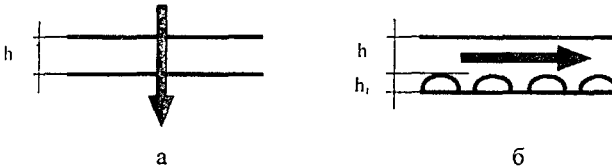


Рис. 6. Схема прохождения воздуха через пакеты материалов:
 а – в бытовой и некоторых видах специальной одежды
 (метод измерения по ГОСТ 12088-77);
 б – в одежде, имеющей воздухо непроницаемые элементы в составе
 пакета (разработанный метод измерения)

Результаты экспериментальных исследований легли в основу разработки нового показателя вентилируемости пододёжного пространства. Формула для расчёта показателя, включающая параметры элементов установки и экспериментально определённого времени прохождения воздуха через пробы материалов, имеет следующий вид:

$$B_{\text{вент}} = \frac{V_{\text{возд}}}{S * \tau}, \quad (4)$$

где $B_{\text{вент}}$ – показатель вентилируемости пододёжного пространства, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$;

$V_{\text{возд}}$ – объем воздуха, прошедшего через пробы материалов, дм^3 , при постоянном внешнем давлении $p=50\text{Н}$;

S – площадь поперечного сечения пакета материалов, м^2 ;

τ – время прохождения воздуха, с

Параллельно с композиционными текстильными материалами исследовали традиционно применяемые для изготовления чехлов бронежилетов хлопчатобумажную и капроновую ткани. Установили, что показатели вентилируемости пододёжного пространства композиционных текстильных материалов в среднем на 16% больше, чем у хлопчатобумажной и капроновой тканей. Это объясняется наличием дискретного полимерного покрытия, способствующего увеличению воздушного зазора (h) на высоту элемента покрытия (h_n) (рис. 6).

Результаты исследований пошивочных и гигиенических свойств композиционных текстильных материалов по КПТ и показателю вентилируемости пододёжного пространства подтвердили возможность их применения для изготовления чехлов бронежилетов и позволили выявить наиболее рациональные параметры элементов дискретного полимерного покрытия с позиций обеспечения бесперебойной переработки на швейном оборудовании и создания комфортных условий в процессе эксплуатации изделия.

Четвертая глава посвящена разработке конструкции бронежилета для наружного ношения с высокой эффективностью защиты и повышенной комфортностью.

С использованием установленных закономерностей между основными конструктивными параметрами и эргономически обоснованными величинами конструктивных прибавок разработана методика проектирования эргономичных бронежилетов, адаптированная для ручного и автоматизированного режимов построения.

На основе новой методики разработан опытный образец бронежилета для наружного ношения серии «Патруль». Внешний вид изделия представлен на рис. 7. Конструктивно бронежилет состоит из двух секций – грудки и спинки, соединённых между собой с помощью верхних и боковых регуляторов посредством ленты «velcro». Бронежилет имеет бандаж для обеспечения защиты паховой области.

В направлении повышения комфортности и эффективности защиты оптимизирован состав пакета материалов. Для изготовления внешнего чехла бронежилета выбран композиционный текстильный материал, который обладает наибольшим КПТ и показателем вентилируемости пододёжного пространства.

Для создания условий, способствующих движению воздуха на участках с наиболее интенсивным потоотделением (область груди и спины), амортизационный слой выполнен с нарушенной сплошностью в виде отдельных демпферных полос.

Для повышения комфортности в состав пакета материалов бронежилета серии «Патруль» введён гигиенический слой из льняной ткани, расположенный в межхлопчаточной области на прилегающей к телу стороне чехла спинной секции и предназначенный для поглощения продуктов перспирации.

Дополнительно обеспеченные высокой эффективности защиты в бронежилете достигнуто за счёт:

1) введения амортизационного слоя в верхние регуляторы для снижения давления и усиления защиты плечевой области;

2) удлинения и расширения бокового регулятора и введения в него слоя из баллистически стойкой ткани для обеспечения защиты боковой области;

3) введения банджа и усиления его слоем из баллистически стойкой ткани для защиты паховой области;

4) усиления фиксации верхних и боковых регуляторов хлястиком с пряжкой для исключения самопроизвольного расстегивания изделия под действием собственной массы;

5) введения бронепластин, расположенных в карманах на внешних чехлах грудной и спинной секций.

Для перераспределения давления с плечевой области на нижнюю опорную поверхность, помимо усиления амортизационным слоем верхних регуляторов, в конструкцию бронежилета введены поясные ремни и каркасные стойки из материала на основе полиамида.

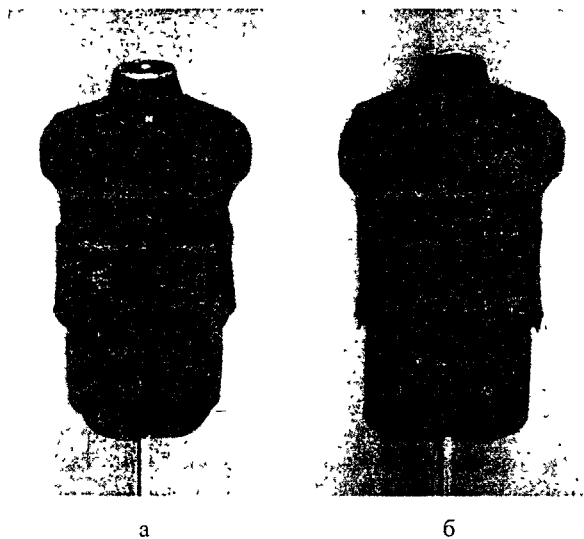


Рис. 7. Внешний вид бронежилета серии «Патруль» спереди (а) и сзади (б)

Пятая глава посвящена физиолого-гигиенической оценке бронежилетов разработанной конструкции. Изготовленные опытные образцы параллельно с эксплуатируемыми в силовых структурах бронежилетами прошли лабораторные испытания и опытную носку. Целью проведения испытаний явилась проверка

результатов теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в предыдущих разделах.

В ходе лабораторных испытаний в микроклиматической камере лаборатории специальной одежды Ивановского НИИ охраны груди определены показатели теплового состояния носчиков. Результаты исследований показали, что сдвиги функционального состояния носчиков наименее выражены в бронежилете разработанной конструкции серии «Патруль» по сравнению с эксплуатируемыми моделями (табл. 2).

Таблица 2

Изменение показателей функционального состояния организма носчиков при эксплуатации бронежилетов разных конструкций

Номер модели	Температура тела под языком, °С	Средневзвешенная температура кожи, °С	Температура воздуха пододежного пространства, °С		Влагопотери, г/мин		
			грудь	спина	общие	эффективные	процент соотношения влагопотерь
1	M ₁ 36,3±0,2	33,4±0,4	28,8±0,5	29,3±0,5	2,57±0,9	2,28±0,6	88,7
	M ₂ 36,6±0,1	34,9±0,2	29,3±0,3	29,8±0,4			
2	M ₁ 36,4±0,1	33,3±0,4	29,3±0,3	31,3±0,3	2,98±1,0	2,47±0,8	82,8
	M ₂ 36,8±0,2	35,7±0,1	31,0±0,2	31,8±0,2			
3	M ₁ 36,5±0,1	33,8±0,4	31,6±0,3	31,8±0,3	3,08±0,9	2,37±0,8	76,9
	M ₂ 37,0±0,2	36,0±0,3	32,5±0,4	32,8±0,6			

Примечания: 1. Модель 1 – бронежилет разработанной конструкции серии «Патруль»; модель 2 – бронежилет серии Кора 1М; модель 3 – бронежилет серии Класс-КМ1 (модели 2 и 3 приняты на вооружение в силовых структурах).

2. M₁ – средние данные до начала работы, M₂ – средние данные в конце работы.

Опытная носка бронежилетов осуществлена при проведении тактических занятий и стрельб во время передвижения носчиков по пересечённой местности на войсковом стрельбище в Отделе специального назначения УИИ Минюста России по Ивановской области. Результаты носки показали, что наименьшее напряжение механизма рефлекторной регуляции теплообмена носчиков также отмечено в случае разработанной конструкции бронежилета.

Результаты лабораторных испытаний в совокупности с результатами опытной носки подтвердили целесообразность применения новых композиционных текстильных материалов для производства чехлов и правильность конструктивных решений в бронежилете серии «Патруль».

В шестой главе приведены результаты всесторонней проверки основных положений диссертационной работы выносимых на защиту.

Результаты прошли апробацию в следующих формах:

1) передачи рекомендаций по конструкторско-технологической подготовке производства бронжилетов из композиционных текстильных материалов с дискретным полимерным покрытием, методики построения чертежей конструкций и изготовления серии моделей бронжилетов в ООО НПО «Конверсипол»;

2) проведения опытной носки в Отделе специального назначения УИИ Минюста России по Ивановской области в условиях, соответствующих реальным условиям эксплуатации бронжилетов;

3) внедрения в учебный процесс ИГТА при подготовке инженеров по специальности 280900 «Конструирование швейных изделий».

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработаны теоретические и экспериментальные основы проектирования эргономичных бронжилетов для наружного ношения, основанные на установленных закономерностях взаимодействия элементов в системе «человек – бронжилет».

2. Установлены закономерности между основными конструктивными параметрами бронжилетов и выполнена их комплексная оптимизация с позиций обеспечения статического и динамического соответствия и требований защиты.

3. Изучена топография распределения давления бронжилета на опорной поверхности фигуры человека, проведено его теоретическое описание и получены аналитические выражения для расчёта.

4. Разработан экспресс-метод измерения давления бронжилета на область плеч.

5. Разработаны конструктивные предложения по оптимизации давления бронжилета на опорную поверхность фигуры посредством введения в конструкцию каркасных стоек и получено аналитическое выражение для расчёта параметров каркасных стоек.

6. Спроектирован комплекс методик и устройств для изучения показателей пошивочных и гигиенических свойств композиционных текстильных материалов с дискретным полимерным покрытием.

7. Получены аналитические выражения для расчёта комплексного показателя технологичности композиционных текстильных материалов на основе предложенной номенклатуры единичных показателей пошивочных свойств и показателя вентилируемости пододёжного пространства.

8. Разработана методика проектирования эргономичных бронжилетов для наружного ношения, адаптированная для ручного и автоматизированного режимов построения.

9. Создан новый образец бронежилета для наружного ношения серии «Игруль» при полном сохранении им защитных свойств

10. Проведены физиолого-гигиенические исследования бронежилетов разработанной конструкции, которые подтвердили необходимость применения композиционных текстильных материалов с дискретным полимерным покрытием для производства чехлов бронежилетов в сочетании с их конструктивной модификацией.

11. Показана целесообразность использования результатов в практике работы швейных предприятий при проектировании и изготовлении бронежилетов для наружного ношения, в том числе с использованием САПР «Грация», и учебном процессе вузов лёгкой промышленности при изучении дисциплин «Гигиена одежды» и «Комфортность и безопасность одежды».

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Куликова (Сахарова) Н.А. Исследование пошивочных свойств материалов с дискретным покрытием // Материалы 53-й межвуз. научно-техн. конф. молодых учёных и студентов. – Кострома: КГТУ, 2001. – С. 179.

2. Куликова (Сахарова) Н.А., Кузьмичёв В.Е. Комфортность и безопасность одежды // Непрерывное профессиональное образование в области технологии, конструирования изделий лёгкой промышленности: Тез. докл. III межд. научно-метод. конф. – М.: МГУДТ, 2001. – С. 138-140.

3. Куликова (Сахарова) Н.А., Кузьмичёв В.Е. Теоретические и экспериментальные исследования в области создания бронежилетов с улучшенными эргономическими и эксплуатационными свойствами // Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности (ПОИСК-2001): Тез. докл. межвуз. научно-техн. конф. аспирантов, магистров и студентов. – Иваново: ИГТА, 2001. – С. 145-146.

4. Куликова (Сахарова) Н.А. Разработка эргономичной конструкции бронежилета для наружного ношения // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности (ПРОГРЕСС-2001): Тез. докл. межд. научно-техн. конф. – Иваново: ИГТА, 2001. – С. 220-221.

5. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Комфортность и безопасность одежды» для студентов заочной формы обучения по специальности 280900 // Сост. Н.А. Куликова (Сахарова). – Иваново: ИГТА, 2001. – 36 С.

6. Куликова (Сахарова) Н.А., Кузьмичёв В.Е., Журко А.В. Тенденции развития конструктивно-композиционного решения бронежилетов для наружного ношения // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2002. - №1(13). – С. 32-33.

7. Куликова (Сахарова) Н.А., Журко А.В. Новый подход к проектированию бронежилетов для наружного ношения // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2002. - №2. – С. 61-66.

8. Фокина Н.В., Куликова (Сахарова) Н.А. Конструкторско-технологические разработки бронезилетов для наружного ношения // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности (ПРОГРЕСС-2002): Материалы межд. научно-техн. конф. – Иваново: ИГТА, 2002. – С. 277-278.

9. Куликова (Сахарова) Н.А., Кузьмичёв В.Е. Исследования в области проектирования и изготовления бронезилетов для наружного ношения // Современные проблемы текстильной и лёгкой промышленности. ч.1. – М.: РосЗИТ.ЛП, 2002. – С. 117.

10. Свидетельство на полезную модель № 25513 РФ, МПК D 05 B 1/00, G 01 L 5/00. Устройство для определения усилия прокола материалов иглой швейной машины / Н.А. Куликова (Сахарова) (РФ). – Заявлено 26.03.02. Опуб. 10.10.02. Бюл. № 28.

11. Куликова (Сахарова) Н.А., Кузьмичев В.Е., Куликов Б.П., Журко А.В. Разработка и обоснование нового показателя проницаемости пакетов текстильных материалов // Актуальные проблемы создания и использования новых материалов и оценки их качества: Материалы докл. II межд. научно-практ. конф. «Материаловедение-2002». – М.: МГУС, 2002. – С. 80-82.

12. Сахарова Н.А., Кузьмичёв В.Е. Оптимизация конструкции бронезилета в направлении повышения его комфортности // Роль предметов личного потребления в формировании среды жизнедеятельности человека: Материалы докл. межд. научной конф. – М.: МГУДТ, 2002. – С. 159-161.

13. Сахарова Н.А., Кузьмичёв В.Е. К вопросу о расчёте основной конструктивной прибавки в бронезилете // Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности (ПОИСК-2003): Материалы межвуз. научно-техн. конф. аспирантов и студентов. – Иваново: ИГТА, 2003. – С. 136-137.

14. Сахарова Н.А. Разработка теоретических принципов проектирования и изготовления бронезилетов с высокой эффективностью защиты и повышенной комфортностью / ИГТА. – Иваново, 2003. – 12 С. – Деп. в ООО «Легпроминформ» 19.03.03. №4088 – ЛП.

15. Сахарова Н.А., Кузьмичёв В.Е. Защищают, но не сковывают... // Технический текстиль. – 2003. - №5. – С. 19-21.

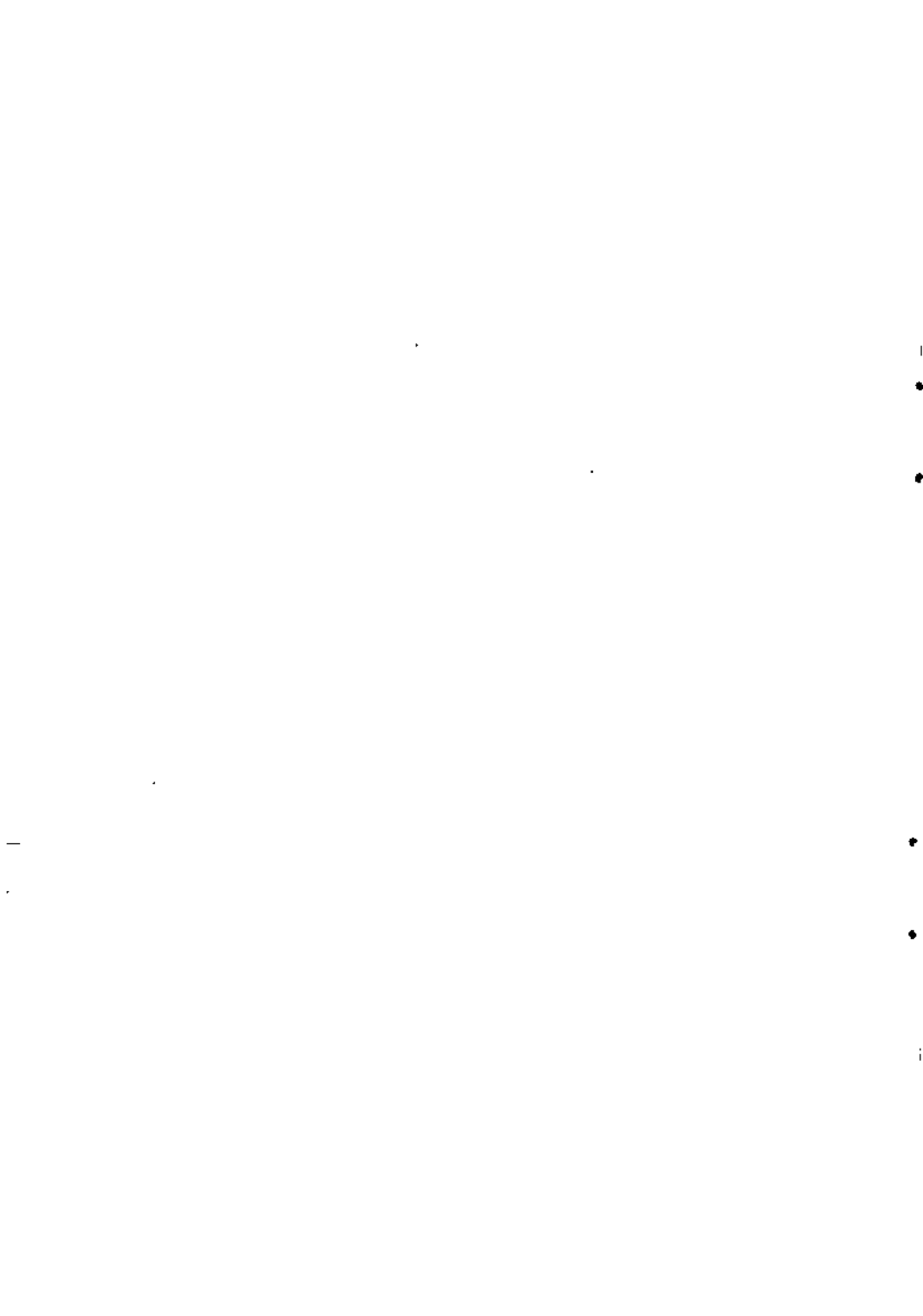
16. Сахарова Н.А., Кузьмичев В.Е. Физиолого-гигиеническая оценка бронезилетов // Успехи современного естествознания. – 2003. - №9. – С. 42-46.

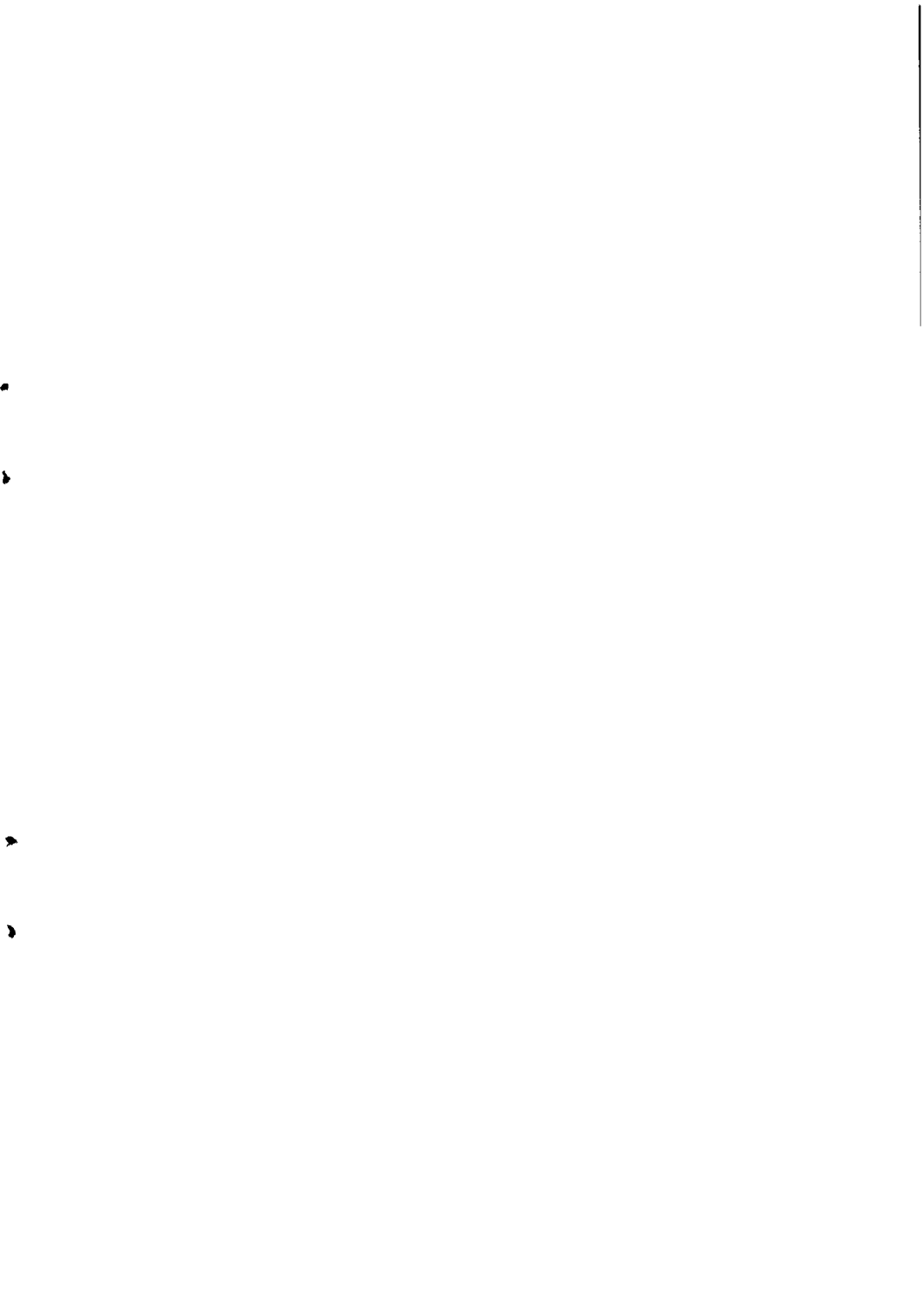
17. Сахарова Н.А., Кузьмичёв В.Е. Экспериментальное обоснование величины основной конструктивной прибавки в бронезилете // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. - №4. – С. 67-70.

18. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611837 «Программа построения базовой конструкции бронезилета для наружного ношения» / Сахарова Н.А. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 6 августа 2003 г.

Лицензия ИД № 06309 от 19.11.2001. Подписано в печать 14.11.03.
Формат 1 / 16 60 x 84. Бумага писчая. Плоская печать.
Усл. печ. л. 1,40. Уч. – изд. л. 1,35. Тираж 80 экз. Заказ №3291

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Участок оперативной полиграфии ИГТА
153000 г. Иваново, пр. Ф.Энгельса, 21





2003-A

18254

■ 18254