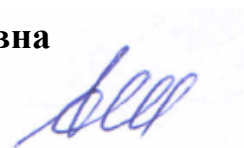


На правах рукописи

САИДОВА Шоира Абдулатифовна



**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭРГОНОМИЧНОЙ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

Специальность 05.19.04
«Технология швейных изделий»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология швейных изделий»

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Петросова Ирина Александровна

Официальные оппоненты

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой конструирования и
технологии швейных изделий ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и
дизайна»
Сурженко Евгений Яковлевич

кандидат технических наук, доцент кафедры
Дизайн костюма ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный университет»
Ивашенко Ирина Николаевна

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
**«Владивостокский государственный
университет экономики и сервиса»**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на сайте www.mgudt.ru

Защита состоится «13» декабря 2017 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 на базе ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая 33, стр. 1.

Автореферат разослан « » _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.144.01



(подпись)

Мезенцева Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Проектирование эргономичной одежды, как в России, так и за рубежом основано на разнообразных исследованиях системы «Человек–одежда–среда». Практически всегда исследователи изучают виды движений, совершаемые во время выполнения профессиональных обязанностей, или бытовой деятельности, выделяют из них наиболее значимые, составляют программу измерений размерных признаков в статике и динамике, определяют динамический эффект и производят перерасчёт конструктивных прибавок.

Перечисленная последовательность работ требует масштабных антропометрических исследований, выполненных для большого количества людей, относящихся к одной группе, требует больших затрат времени и ресурсов. Однако благодаря развитию цифровых и трехмерных технологий существует возможность привлечь потребителя к процессу совершенствования конструкций одежды. Существующий уровень развития техники обуславливает актуальность и необходимость разработки метода проектирования эргономичной одежды с использованием трехмерных и цифровых технологий на основе принципов «*массовой кастомизации*».

Практически любое современное швейное производство использует САПР одежды, в которых процесс проектирования переведён в цифровой формат. В то же время потребитель ежедневно применяет в повседневной жизни умные устройства – телефоны, смартфоны, планшеты и т.п. Такие устройства предоставляют пользователю возможность провести сканирование фигуры, контролировать и измерять показатели жизнедеятельности человека или эффективность выполняемых работ и действий. Следовательно, получаемая с помощью мобильных устройств информация может быть адаптирована и интегрирована в систему проектирования одежды предприятия–производителя, что позволит усовершенствовать процесс проектирования одежды, повысить удовлетворённость населения выпускаемой одеждой, спрос и соответственно эффективность швейного производства.

Такое взаимодействие позволит производителю аккумулировать запросы потребителей и оперативно воплощать их в промышленных коллекциях, представлять коллекции широкому кругу потребителей в интернет–среде, а потребитель получит возможность принять участие в проектировании будущего изделия и получить изделие высокого качества, отвечающее индивидуальным требованиям.

Степень научной разработанности проблемы. Вопросами изучения антропометрических характеристик занимается большое количество ученых во всем мире. В конце прошлого века на территории СССР и стран Восточной Европы были осуществлены системные антропологические исследования всего населения, установлены географические особенности строения тела, предложены методы размерной антропологической стандартизации, разработана размерная типология населения стран–членов СЭВ. Массовые антропометрические исследования населения с помощью современных методов проведены на Тайване (*I.F. Leong et al.*, 2007), в Турции (*A. Vuruskan et al.*,

2011), в Оклахомском государственном университете (*A. Petrova, S.P. Ashdown, 2012*), в Германии (*E.C. Hlaing et al., 2013*). Следовательно, задача обновления размерных стандартов и разработка шкал процентного распределения типовых фигур является актуальной и требует проведения периодических массовых исследований населения.

Если первые исследователи оперировали контактными методами, то с течением времени в лёгкую промышленность стали проникать современные технологии. Методы фотограмметрии применены в работах О.В. Покровской, Е.Ю. Кривобородовой (МГУДТ, 2003), Н.Н. Раздомахина и др. (СПбГУТД, 2005), современные оптические технологии использовали В.П. Чернов и др. (СПбГУТД, 2003), Е.Г. Андреева, А.И. Мартынова и др. (МГУДТ, 2005), Н.Л. Корнилова, В.Е. Кузьмичев и др. (ИГТА, 2009). Огромное количество зарубежных научных, прикладных и исследовательских институтов разрабатывает и применяет современные системы 3D сканирования, в частности Техасский университет Остина, Университетский колледж Лондона и Лондонский колледж моды, Национальный институт измерений Великобритании. Первая российская система 3D сканирования разработана И.А. Петросовой и Е.Г. Андреевой (МГУДТ, 2010).

Широко применяют 3D сканирование и в пользовательских устройствах: телефонах, планшетах, смартфонах, игровых приставках. В настоящее время разработкой устройств 3D сканирования занимаются в Австралии (*DAVID 3D Solutions GbR*), Германии (*Creaform Inc.*), Италии (*Open Technologies Srl*), Канаде (*Dental Wings inc.*), Китае (*SHINING 3D TECH, ZBot*), России (*RangeVision, Texel, Artec Group*), США (*3D Systems*), Франции, Швейцарии (*Leica Geosystems*), Японии (*Roland DGA Corporation*). Однако на настоящий момент отсутствует способ применения информации, получаемой с помощью мобильных устройств в производственном процессе проектирования одежды.

Методы разработки эргономичной одежды совершенствовались и разрабатывали такие ученые, как Е.Б. Коблякова (МТИЛП, 1976–79), Е.Я. Сурженко (СПбГУТД, 2001), В.Ц. Раднатаров, С.В. Павлова (ВСГТУ, 2002), вопросы оценки качества посадки поднимали Л.П. Шершнева (РосЗИТЛП, 1985), Т.В. Медведева (МГУС, 2005). Следует отметить и ряд зарубежных ученых. Исследователями Хорватии (*Z. Dragcevic, S.F. Rogale, 2001*) предложено изучать влияние движений на конструктивные параметры одежды с помощью 3D видеозаписи, немецкими исследователями разработан «костюм» из датчиков, китайскими учеными (*H. Honglun, S. Shougian, P. Yunhe, 2007*) и французскими исследователями (*G. DeMagistris, A. Micaelli et al., 2013*) разработаны виртуальные манекены повторяющие позы и движения человека. Однако, большинство предлагаемых подходов требуют масштабных исследований, выполненных для большого количества людей, относящихся к одной группе. Следовательно, актуально предложить метод проектирования эргономичной одежды, в котором потребитель с помощью цифровых и 3D технологий, реализованных в пользовательских мобильных устройствах, сможет интегрировать в систему проектирования одежды предприятия–производителя данные о динамических характеристиках своей фигуры.

Целью работы является разработка нового метода проектирования эргономичной одежды, основанного на аккумуляции и интеграции антропометрической информации о потребителе, полученной с помощью современных систем 3D сканирования в промышленный цикл предприятия, что обеспечит совершенствование процесса проектирования швейных изделий и повысит удовлетворённость населения соразмерностью и качеством посадки выпускаемой одежды.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- изучены и систематизированы существующее оборудование и способы проведения антропометрических исследований системы «человек–одежда» в статике и динамике, основанные на трехмерных и цифровых технологиях;
- разработана концепция проектирования эргономичной одежды на основе применения трехмерных и цифровых технологий;
- проведены массовые антропометрические исследования фигур детей школьного возраста;
- выделены виды деятельности школьников и значимые размерные признаки, подверженные изменению в процессе выполнения движений, влияющие на конструктивные характеристики одежды;
- разработана методика проведения бесконтактных измерений фигуры человека в динамике с помощью системы трехмерного сканирования;
- апробированы и внедрены предлагаемые решения в промышленности.

Объект исследования – процесс проектирования внешней формы и конструкции эргономичной одежды для детей школьного возраста.

Предмет исследования – индивидуальные и условно – типовые фигуры детей в статике и в динамике, а также методики проектирования эргономичной одежды.

Научная новизна исследования заключается в разработке:

- методического подхода для формирования перспективного ассортимента предприятия на основе фактической обеспеченности потребителей предметами одежды и с учетом уровня дохода населения.
- обновленной системы размеров и ростов для проектирования детской одежды и уточненных шкалы процентного распределения детских фигур
- информационно – технической модели системы 3D сканирования на основе сенсора *Microsoft Kinect* и нового устройства для контроля положения конечностей и определения количественных акустических данных при проведении измерений в динамике;
- метода проектирования эргономичной одежды, основанного на аккумуляции и интеграции антропометрической информации о потребителе, полученной с помощью современных систем 3D сканирования в промышленный цикл предприятия, что обеспечит совершенствование процесса проектирования швейных изделий и повысит удовлетворённость населения соразмерностью и качеством посадки выпускаемой одежды.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке метода проектирования эргономичной одежды на основе применения цифровых и трехмерных технологий для аккумуляции данных о распределении групп потребителей и их ожиданиях а также интеграции антропометрической информации о потребителе в процесс проектирования предприятия, что позволит в режиме реального времени формировать ассортимент предприятия, предлагать потребителю продукцию соответствующую его запросом и антропометрическим характеристикам, сократить сроки выхода на рынок новой продукции и повысить удовлетворенность потребителей соразмерностью и качеством швейных изделий.

Практическая значимость работы:

- разработана обновленная система размеров и ростов детского населения и уточнённые шкалы процентного распределения фигур детей по данным выполненного массового антропометрического исследования;
- разработан перечень размерных признаков подверженных изменению в процессе выполнения движений, влияющих на конструктивные характеристики одежды;
- предложена методика проведения 3D сканирования фигур с помощью разработанной системы 3D сканирования на основе сенсора *Microsoft Kinect* и нового устройства для контроля положения конечностей в статике и динамике;
- разработана база данных динамических приростов для значимых размерных признаков, влияющих на изменение конструктивных параметров одежды;
- разработана методика построения трансформируемой одежды, в которой определение конструктивных параметров происходит на основе разработанной базы данных динамических приростов фигур школьников, полученной с помощью 3D сканирования.

Методы исследования и технические средства решения задач. В теоретической части работы использованы методы статистической обработки данных, в экспериментальной части – антропометрические контактные и бесконтактные методы измерения фигуры человека. На отдельных этапах работы использовались программы *Microsoft Excel*, *AutoCAD 2005*; для моделирования 2D моделей фигур человека – *DAZ Studio*, *Mervalous Designer*, *Photoshop*. Построение и редактирование 3D объектов в статике и динамике выполнено с помощью программ *ReconstructMe*, *Meshlab*, *SketchUp*.

Основные положения, выносимые на защиту:

- обновленная система размеров и ростов для проектирования детской одежды, шкалы процентного распределения детских фигур и методический подход для формирования перспективного ассортимента предприятия с учетом фактической обеспеченности потребителей предметами одежды и уровня дохода населения;
- методика проведения 3D сканирования фигур с помощью разработанной системы на основе сенсора *Microsoft Kinect* и новое устройство для контроля

положения конечностей и определения количественных акустических данных при проведении измерений в динамике;

– методика построения трансформируемой одежды, в которой определение конструктивных параметров происходит на основе разработанной базы данных динамических эффектов фигур школьников, полученной с помощью 3D сканирования;

– метод проектирования эргономичной одежды на основе применения цифровых и трехмерных технологий для аккумуляции и интеграции антропометрической информации о потребителе в процесс проектирования предприятия, что позволит в режиме реального времени формировать ассортимент предприятия, предлагать потребителю продукцию, соответствующую его запросам и антропометрическим характеристикам.

Достоверность научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается применением достаточного объема выборок статистических исследований, современных методов исследования и специализированных программных продуктов для обработки их результатов, апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати, на конференциях, также апробацией результатов в производственных условиях и учебном процессе и актами внедрения.

Апробация и реализация результатов работы Основные положения диссертационной работы представлены, обсуждены и одобрены на XI международной научно – технической конференции «*Aktuální vymoženosti vědy–2015*» (Прага, 2015), международной научной конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2015), сборнике научных публикаций «Актуальные проблемы инклюзии: качество жизни, безбарьерная среда, образование без границ» (Москва, 2016), V международной научно–практической конференции «Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук» (Прага, 2016).

Результаты исследования проверены в условиях промышленных предприятий, что подтверждено актами внедрения. Апробация в условиях АО «Корпорация Школа» и ООО «Униформа», подтвердила, что применение метода способствует повышению удовлетворенности потребителей продукцией конкретного производителя, росту продаж выпускаемой продукции и соответственно эффективности швейного производства.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 11 печатных работах, 7 из которых – в реферируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Получен патент на изобретение «Трансформируемая одежда», зарегистрированы две базы данных.

Личный вклад соискателя состоит в общей постановке задачи, постановке и разработке основных проблем теоретических и экспериментальных исследований, выборе методов проведения экспериментальных исследований и обработке результатов. При непосредственном участии автора разработаны: информационно – техническая модель системы 3D сканирования с применением сенсора Microsoft Kinect,

методика проведения 3D сканирования фигур с помощью разработанной системы, подготовлены публикации по результатам исследований.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Объем работы составляет 167 страниц текста без учета приложений, содержит 56 рисунков, 41 таблиц. Список литературы включает 160 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 75 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе изложен анализ существующего оборудования для проведения антропометрических исследований системы «человек–одежда» с использованием трехмерных и цифровых технологий. По результатам выполненного анализа составлена классификация рассмотренных систем, способов, устройств и приложений с выделением их на **профессиональные системы** трехмерного сканирования, требующие высоких затрат на оборудование и программное обеспечение и **смарт–технологии**, отличающиеся доступностью для потребителя за счёт незначительного снижения качества получаемых трехмерных моделей.

Выполнен анализ и исследование способов формирования размеро – ростовочного ассортимента предприятий и рационального гардероба школьников, выявлено, что предлагаемые производителем комплекты и их стоимость не отвечают ожиданиям потребителей. Предприятия используют устаревшую шкалу размеров и ростов, что подтверждает необходимость проведения антропометрических исследований и формирования рационального гардероба школьников с учетом уровня доходов семьи.

Разработана концепция процесса проектирования эргономичной одежды (рис. 1).



Рисунок 1 – Концептуальная модель процесса проектирования эргономичной одежды с применением трехмерных и цифровых технологий

Концепция предусматривает применение цифровых и трехмерных технологий для аккумуляции данных о распределении групп потребителей и их ожиданиях а также интеграции антропометрической информации о потребителе в процесс проектирования предприятия, что позволит в режиме реального времени формировать ассортимент предприятия, предлагать потребителю продукцию, соответствующую его запросам и антропометрическим характеристикам, сократить сроки выхода на рынок новой продукции и повысить удовлетворенность потребителей соразмерностью и качеством швейных изделий.

Вторая глава описывает проведенные массовые антропометрические исследования на основе которых разработаны обновленная система размеров и ростов для промышленного изготовления детской одежды и шкалы процентного распределения типовых детских фигур. **Антропометрические исследования** проведены в два этапа – первый в период с 07.02.2015г. по 30.04.2015г. и второй этап в период с 11.01.2016г. по 29.02.2016г. В исследовании приняли участие 1771 детей школьного возраста, среди них: детей младшего школьного возраста – 868 человек, старшего школьного возраста – 638 человек, подросткового возраста – 265 человек.

Для разработки рационального гардероба школьника и обновления норм рационального потребления праведно исследование предпочтений потребителей в котором также опрошено 1771 человек- родителей детей-школьников.

Результаты обработки информации, полученной с помощью массовых исследований позволили определить: сегментацию рынка по возрастным группам; распределение предпочтений по основным художественно – конструктивным признакам; информацию о гардеробе потребителей с учетом уровня дохода; антропометрические данные.

Анализ результатов исследования показал, что с повышением денежного дохода семьи увеличивается и фактическая обеспеченность предметами гардероба от 27,74 ед. изделий у потребителей с низким уровнем дохода до 32,01 ед. изделий у потребителей с высоким уровнем дохода. Следовательно, если рациональным гардеробом считать минимальное количество предметов одежды, необходимое для удовлетворения потребностей человека с минимальным уровнем дохода, то на основе проведенного исследования рассчитаны показатели рационального гардероба для детей школьного возраста, согласно которой объем рационального гардероба для девочек составляет 28 ед. изделий, а у мальчиков – 23 ед. изд.

На основе данных исследования о фактическом составе гардероба российских школьников, выделенных стилевых направлений и данных анализа по составу школьной формы для каждого стилового решения разработаны рекомендации о количестве и наборе предметов, соответствующих определенному, имеющему мировое распространение, стилю.

Математическая обработка материалов антропометрического исследования позволила получить данные о величине тотальных признаках детей школьного возраста в рассматриваемом регионе. Для расчета частоты встречаемости типовых фигур детей школьного возраста по региону Москва и Московская область получены данные о величине основных статистических параметрах (M и σ) ведущих размерных признаков (T_1 , T_{16} , T_{18} , T_{19}) путем расчета коэффициентов асимметрии и эксцесса (табл. 1). Расчёт коэффициентов асимметрии и эксцесса а также величины погрешности $P < 5\%$ показал, что отклонения эмпирического ряда от нормального несущественны (рис. 2).

Таблица 1 – Основные статистические параметры размерных признаков фигур детей школьного возраста (фрагмент, мальчики)

Возраст	Номер признака	Признак	n	min	max	$M, \text{см}$	$\sigma, \text{см}$	γ_1	γ_2	$\Pi, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мальчики 7–11лет 6мес.	T1	Длина тела	408	118	166	139,45	10,61	0,078	-0,438	3,52
	T16	Обхват груди гретий		52	90	68,52	7,60	0,341	-0,056	4,59
	T18	Обхват галии		50	92	66,14	8,11	0,333	-0,114	4,82
Мальчики 11лет 7 мес.–14лет 6мес.	T1	Длина тела	223	129	180	160,32	9,98	-0,239	0,246	4,41
	T16	Обхват груди гретий		62	105	80,77	8,92	0,275	-0,246	4,87
	T18	Обхват галии		56	92	70,73	7,83	0,138	-0,501	4,64
Мальчики 14лет 7мес.–17лет 11мес.	T1	Длина тела	103	164	187	175,97	5,76	-0,268	-0,241	4,75
	T16	Обхват груди гретий		74	110	90,71	7,85	0,286	-0,228	4,89
	T18	Обхват галии		58	95	76,84	8,65	0,164	-0,486	4,88

На основе математической обработки результатов антропометрического исследования выделены несколько групп типовых фигур в каждом возрастном интервале с учетом их рассчитанного процентного распределения, которые отсутствовали в классификации типовых фигур мальчиков и девочек разработанного ОАО ЦНИШП для проектирования одежды в 2000 году.



Рисунок 2 – Эмпирическая и теоретическая кривые по длине тела (у мальчиков младшего школьного возраста)

Проведён сравнительный анализ разработанных шкал процентного распределения детских фигур, полученного по данным антропометрического исследования с размеро–ростовочным рядом, действующим в промышленности. На основе сравнения этих данных сделан вывод, что существуют расхождения между реальным количеством типов фигур и данными, используемых производителями. Предложена обновлённая система типовых фигур мальчиков и

девочек школьного возраста (табл. 2) рекомендуемая для массового производства детской одежды.

Таблица 2 – Обновленная система типовых фигур девочек школьного возраста для проектирования одежды по данным 2015 г.

Обхват груди Возраст	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
Младшая школьная 7лет–11лет 6мес.	128 134	128 134 140 146	140 146	140 146 152	152					
Старшая школьная 11лет 7мес. – 14лет 6 мес.					158 164	158 164	158 164 170	158 164		
Подростковая 14лет 7мес. – 17лет 11 мес.						164 170	164 170	158 164 170	164 170	164 170

Выполненные в работе массовые антропометрические исследования детского населения позволили создать актуальный перечень размеров и ростов детского населения и уточнённые шкалы процентного распределения фигур детей, которые востребованы швейной промышленностью и будут способствовать повышению удовлетворённости населения выпускаемой соразмерной одеждой.

Третья глава посвящена исследованию фигур в динамике с применением трехмерных и цифровых технологий.

Для проектирования одежды высокого качества, обеспечивающей необходимую свободу движений в динамике необходимо учитывать изменение размерных признаков и формы тела человека при совершении движений, определяемых видом профессиональной или бытовой деятельности.

В работе с учётом выявленных видов учебной и внеучебной деятельности проведено исследование динамических поз и движений, которые выполняют школьники в течение дня. Разработана классификация движений школьников, в которой все многообразие движений разделены на две группы: выполняемые в положении стоя и в положении сидя. В свою очередь каждая из этих групп, включает в себя движения, которые могут быть объединены в три подгруппы: движения верхних конечностей, нижних конечностей и движения туловища.

Проведено ранжирование частоты встречаемости основных движений, совершаемых школьниками в процессе учебной и внеучебной деятельности. Для расчёта величин прибавок, учитывающих динамику тела по основным участкам конструкции школьной одежды близкие по характеру движения объединены в общую и выбраны позы (рис. 3) «Ученик» (Поза №3), «Готов ответить» (Поза №4), «Ответ у доски» (Поза №5).

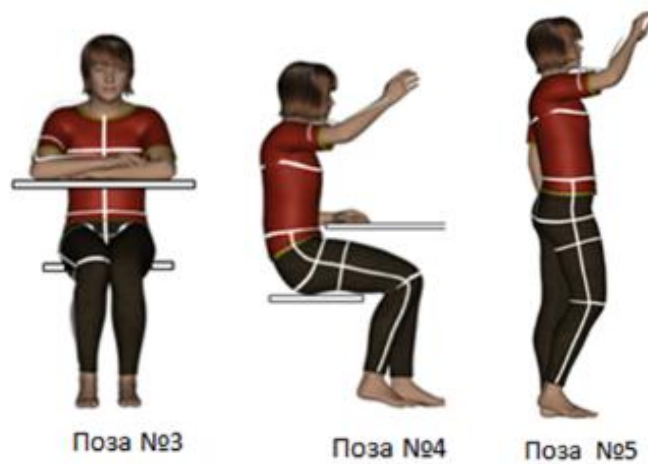


Рисунок 3 – Изображения характерных движений школьников

Для изучения фигуры человека в динамике и статике разработана система трехмерного сканирования на основе сенсора *Microsoft Kinect*, с применением приложения для построения трехмерных моделей в реальном времени *ReconstructMe* и программного обеспечения *SizeReader*, разработанного на кафедре ХМКТШИ РГУ им. А.Н. Косыгина. Принципиальная схема размещения оборудования в предложенной системе трехмерного сканирования и внешний вид приведены на рисунке 4 (а, б).

Погрешность измерений разработанной системы $\pm 0,1$ см, что меньше установленной ГОСТами погрешности измерений в швейной промышленности ($\pm 0,3$ см). Предложенная система трехмерного сканирования на основе сенсора *Kinect*, обеспечивает необходимую точность получаемых размерных характеристик, в виде доступном для экспорта в САПР одежды, а также доступна для использования любым потребителем в домашних условиях. Система позволяет определить широкий спектр размерных признаков фигуры человека, как в статике, так и в динамике, выполнить построение различных абрисов и сечений, необходимых для проектирования одежды.

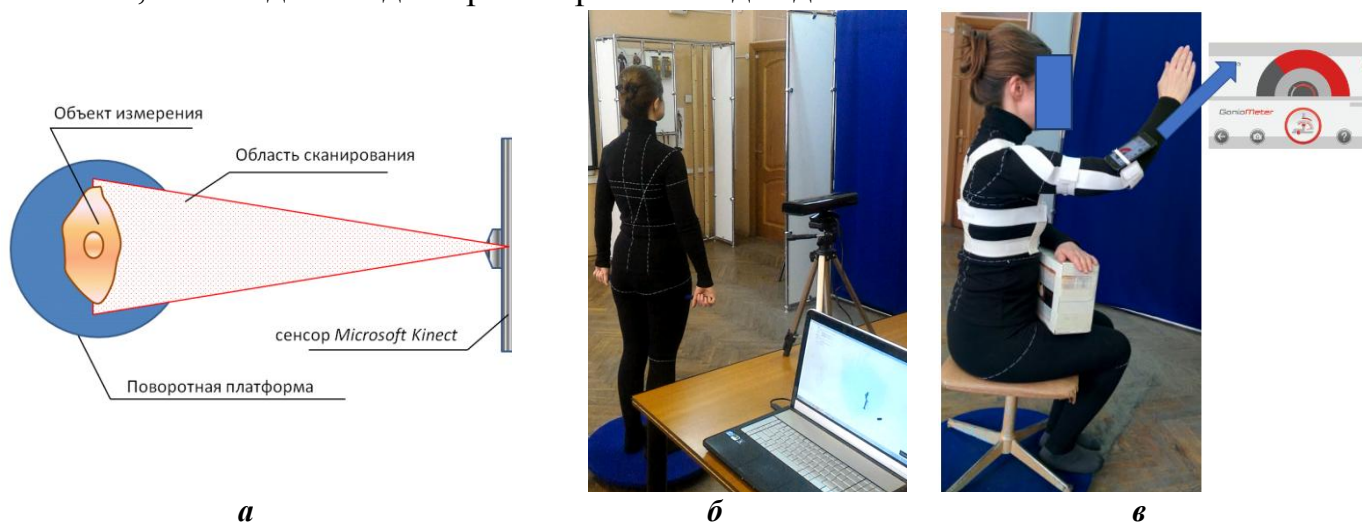


Рисунок 4 – Принципиальная схема системы 3D сканирования (а), внешний вид (б) и устройство для контроля положения конечностей (в)

Проведение трехмерного сканирования возможно в двух разных режимах. В первом случае сенсор стационарно устанавливается относительно объекта. Объект располагается на платформе. Платформа автоматически осуществляет

поворот объекта вокруг собственной оси, в течении 60 секунд. При проведении сканирования фигур в динамике возникает сложность установки дополнительных приспособлений на платформе, позволяющих фигуре занять динамическую позу, как например, в положении «Сидя за партой». Предложено использовать другой режим трехмерного сканирования. В этом случае оператор с сенсором *Kinect* осуществляет обход вокруг объекта. Обработка и получение антропометрической информации происходит в программе *SizeReader*.

Для выделенных, в работе характерных движений школьников проведено исследование изменений размерных признаков в динамике с помощью разработанной системы 3D сканирования на основе сенсора *Microsoft Kinect*. Для бесконтактного контроля положения конечностей при сканировании в динамических позах предложено новое устройство состоящее из жилета, в котором предусмотрена возможность фиксации на различных участках фигуры мобильного устройства с необходимым программным приложением (рис.4, в).

Выявленные значения изменений размерных признаков в динамике должны быть учтены при расчёте параметров БК одежды. С этой целью на основе определённых в работе динамических эффектов рассчитаны конструктивные прибавки на свободу движения, с учетом максимального и минимального динамического эффекта и в зависимости от свойств используемого материала. Величины прибавок рассчитаны как для проектирования одежды для девочек, так и для мальчиков. В таблице 3 приведены значения величин прибавок на свободу движения при проектировании одежды для девочек подросткового возраста без учета и с учетом условно-остаточной деформации материала.

Таблица 3 - Значения величин прибавок на свободу движения при проектировании одежды для девочек подросткового возраста

№	Размерный признак по ГОСТ	Значение в статике, Nс см	Динамический эффект, di, %		Значение прибавки на свободу движения, Пс.д., см		Значение прибавки на свободу движения с учетом условно-остаточной деформации (ε) материала Пс.д., см	
			min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	T16	84,5	3,4	3,68	2,87	3,11	1,61	1,84
2.	T18	64,6	2,54	3,48	1,64	2,25	0,67	1,28
3.	T47	32,9	10,67	12,77	3,51	4,20	3,02	3,71
4.	T40	40,6	2,76	8,67	1,12	3,52	0,51	2,91
5.	T36a	41,5	10,69	11,46	4,44	4,76	3,81	4,13
6.	T68	56,8	3,46	7,14	1,97	4,06	1,11	3,20
7.	T28	25,9	3,09	4,57	0,80	1,18	0,41	0,80
8.	T45	31,5	7,58	8,38	2,39	2,64	1,92	2,17
9.	T43	43,17	3,93	8,34	1,70	3,60	1,05	2,95
10.	T22	33,57	1,48	7,28	0,50	2,44	-0,01	2,21

Четвертая глава описывает практическую реализацию предложенного метода проектирования эргономичной одежды основанного на использовании функциональных возможностей современных технических систем 3D

сканирования, мобильных устройств и приложений, смарт – технологий, позволяющих ускорить и облегчить процесс получения исходной информации о фигуре, расчету эффективности применения метода в промышленности на основе среднего варианта прогноза демографической ситуации, а также методу проектирования трансформируемой одежды как сорочки-боди, на основе обоснованной информации о динамических изменениях размерных признаков.

Разработанный метод проектирования эргономичной одежды (рис. 5), предусматривает два варианта реализации: в условиях массового производства и при использовании принципов массовой кастомизации и клиенто-ориентированной стратегии, где исходная информация дополняется с помощью информационных трехмерных технологий данными, которые в интерактивном режиме вводит потребитель, например, с помощью современных мобильных устройств, приложений или вводом информации вручную на сайте производителя и т.д. По желанию потребителя информация может быть передана производителю, как о фигуре в статике, так и динамике с целью получения достаточной исходной информации для построения конструкций одежды, обеспечивающей повышенные эргономические требования: в частности, создается база данных размерных признаков индивидуальных фигур, база данных фигур потребителей в статике и в динамике что приводит к получению расширенной исходной информации в виде динамических эффектов размерных признаков и базы данных конструктивных прибавок.

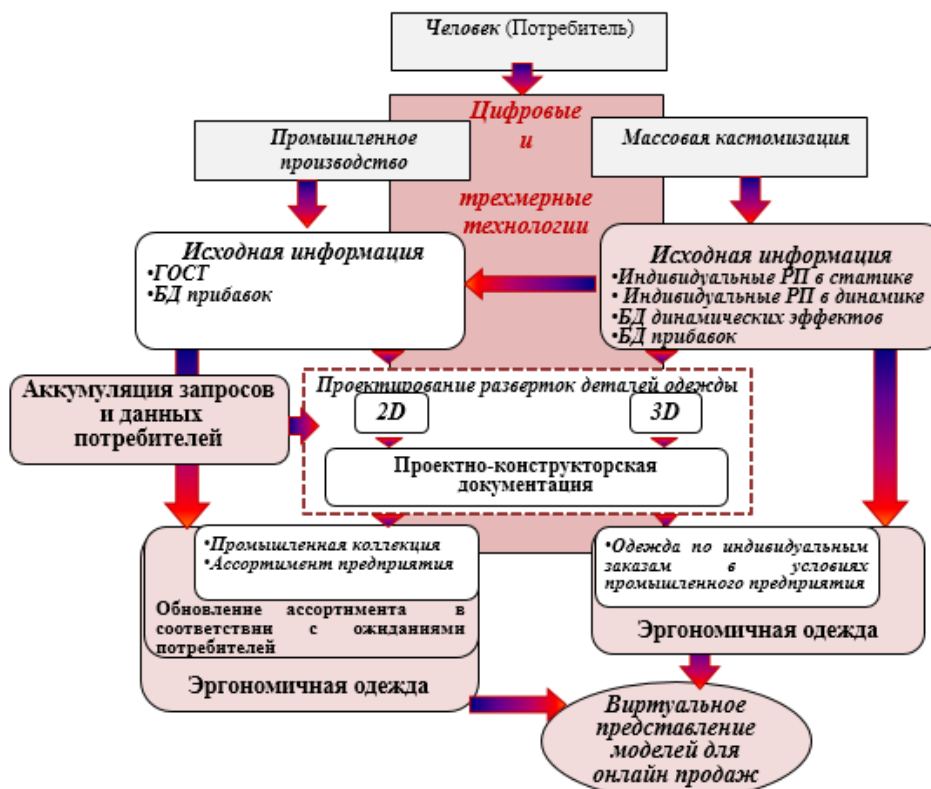


Рисунок 5 – Последовательность метода проектирования эргономичной одежды на основе трехмерных и цифровых технологий

Таким образом, разработанный метод проектирования эргономичной одежды включает расширенное информационное обеспечение, учитывающее особенности телосложения фигуры потребителя, обоснованный выбор

конструктивных прибавок, учитывающих двигательную активность человека с учетом вида деятельности и тем самым позволяет предприятию оперативно реагировать на запросы потребителей, реализовывать всю произведенную продукцию за счет выпуска высококачественной, эргономичной одежды.

В предложенном методе проектирования эргономичной одежды потребитель играет важную роль на любом этапе разработки изделия, поэтому важно предусмотреть возможность непосредственного или косвенного его участия в разработке изделия. Одним из направлений реализации такого участия может быть взаимодействие потребителя с производителем одежды удалённо через веб-сайт производителя в сети *Internet* (рис. 6).

Благодаря современным цифровым и трехмерным технологиям потребитель может также ввести данные в виде фотографий или трехмерной модели, которые будут получены с помощью мобильных устройств. Концепция изготовления одежды по индивидуальным данным в условиях массового производства может быть реализована как по введенным данным в статике, так и в динамике.

Предложенная модель работы компаниям–производителям одежды позволяет упростить и ускорить процесс проектирования, сокращает затраты времени производителя и отходов производства так как изделие разрабатывается по требованиям заказчика на базе цифровых технологий.

В результате обработки данных о потребителе производитель получает информацию о социально – демографическом статусе потребителя, о его антропоморфологических признаках, включающих размеры, форму и пропорции частей тела, также информацию о предпочтениях и требованиях потребителя касательно характеристик проектируемой одежды.



Рисунок 6 – Практическая реализация метода проектирования эргономичной одежды с использованием трехмерных и цифровых технологий

Таким образом привлечение потребителей для изучения, выбора и онлайн – покупок изделий на сайте компании – производителя позволяет получить достоверную информацию о покупателях, заинтересованных продукцией именно этой компании, узнавать о реальных запросах и ожиданиях потребителей, накапливать информацию о потребителях продукции производимой предприятием, что влияет на повышение спроса на выпускаемую одежду и соответственно на эффективность швейного производства.

Выполненные антропометрические исследования фигур в динамике для детей школьного возраста в главе 3 выявили значимые размерные признаки, значительно изменяющиеся в процессе выполнения учебной и внеучебной деятельности, которые должны быть учтены в процессе проектирования одежды.

Наблюдения подтвердили предположение о том, что при поднимании рук вверх или в позе сидя обычно происходит вздёргивание нижнего края сорочки (блузки) и нижнего белья из-под пояса брюк или юбки, что отрицательно влияет на внешний вид, особенно когда потребитель в жакете или пиджаке. Как для девочек, так и мальчиков блузка и сорочка являются обязательным элементом гардероба школьника что подтверждается результатами исследований.

В работе предложено универсальное конструктивное решение для повышения удобства эксплуатации сорочки (блузки) для фиксации нижней части сорочки, что позволит избежать нежелательных складок в области талии или постоянного вздёргивания низа изделия при поднимании рук вверх и наклонах. Получен патент на изобретение № 2618414 «Трансформируемая одежда» (рис. 7, а). Разработаны рекомендации по учету динамических изменений размерных признаков в одежде для мальчиков (рис. 7, б).

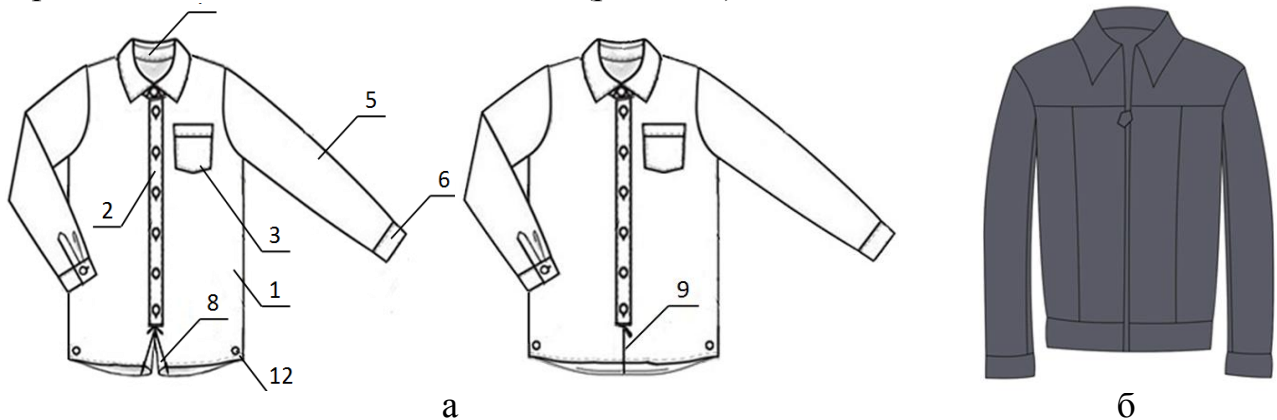


Рисунок 7 – Внешний вид сорочки (блузки) со съёмной ластовицей в нижней части (а), и школьной куртки (б)

Разработана методика проектирования предложенной трансформируемой одежды. Исходной информацией для проектирования стана и брюк является перечень размерных признаков и величины прибавок, рассчитанные с учётом изменения размерных признаков в динамике (глава 3). Проведена опытная носка изделий. По отзывам школьников сорочка-боди обеспечивает удобства и опрятный вид при различных позах и движениях школьников в процессе учебы.

Благодаря предложенной конструкции повышается удобство эксплуатации сорочки, что позволит избежать нежелательных складок в области талии или постоянного вздёргивания низа сорочки при различных позах потребителя за счет фиксации нижней части сорочки. Предложенная конструкция расширяет функциональные возможности одежды, повышает эргономические и эстетические свойства.

Выполнен расчет эффективности применения предложенного метода проектирования эргономичной одежды, в промышленности на основе среднего варианта прогноза демографической ситуации. Демографический прогноз осуществляется по данным демографического ежегодника за 2015–2017гг. В

качестве детей школьного возраста, в расчёт включены дети в возрасте с 6 до 17 лет. Общее количество детей школьного возраста по среднему варианту прогноза составит в 2016 году 17 802 336 чел. и возрастает к 2021 году до 20 368 106 чел.

Проведено исследование перечня предметов одежды, входящих в комплект школьной формы и их средней стоимости по данным производителей. Принимая среднюю стоимость комплекта за 5000 рублей, примерный максимально возможный объем рынка школьной формы в ценах составляет в 2016 году 89 011 680 тыс. руб.; и возрастает к 2021 году до 101 840 530 тыс. руб.

Предложенный в работе метод легко реализуем для потребителей, готовых совершать покупки через интернет. Их количество по данным маркетингового исследования составляет около 30%, и включает потребителей готовых совершать покупки в интернет, через сайт школы и т.д. Таким образом, примерный максимально возможный объем рынка школьной формы составляет (в ценах 2015 года) в 2016 году 26 703 504 тыс. рублей и возрастает к 2021 году до 30 552 159 тыс. рублей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработана концепция процесса проектирования эргономичной одежды, предполагающая как сквозное, так и локальное применение цифровых и трехмерных технологий для аккумуляции данных о распределении групп потребителей и их ожиданиях и введения антропометрической информации о потребителе в процесс проектирования предприятия, что позволит в режиме реального времени формировать ассортимент предприятия, предлагать потребителю продукцию, соответствующую его запросам и антропометрическим характеристикам, сократить сроки выхода на рынок новой продукции и повысить удовлетворенность потребителей соразмерностью и качеством швейных изделий.
2. Предложен методический подход для формирования перспективного ассортимента предприятия на основе данных о фактической обеспеченности потребителей предметами одежды и с учетом уровня дохода населения, что обеспечит высокий потребительский спрос и реализацию выпускаемой продукции, т.е. эффективность производства.
3. На основе математической обработки результатов проведенного антропометрического исследования разработана обновлённая система размеров и ростов детского населения и уточнённые шкалы процентного распределения фигур детей, которые востребованы швейной промышленностью и будут способствовать повышению удовлетворённости населения выпускаемой соразмерной одеждой.
4. Разработана информационно – техническая модель и опытный образец системы 3D сканирования с применением сенсора *Microsoft Kinect*. Предложена методика проведения 3D сканирования фигур в статике и динамике. Разработано новое устройство для бесконтактного контроля положения конечностей при выполнении динамических движений. Предлагаемая система может быть использовано при проведении исследований фигуры в динамике для проектирования эргономичной одежды и повышения качества детской, спортивной, больничной, хирургической и военной одежды.

5. Разработана методика определения динамических эффектов с помощью трехмерного сканирования, проведено исследование изменений размерных признаков в динамике, на основе которого разработана база данных максимальных и минимальных динамических эффектов для значимых размерных признаков, с учётом и без учета свойств, используемых при проектировании школьной одежды материалов.
6. Предложен метод проектирования эргономичной школьной одежды, который позволяет оперативно формировать ассортимент предприятия на основе информации о предпочтениях потребителей и проектировать качественную эргономичную одежду благодаря интеграции данных о размерных признаках потребителей в процесс проектирования одежды.
7. Предложена методика построения трансформируемой одежды, в которой определение конструктивных параметров происходит на основе разработанной базы данных динамических эффектов фигур школьников.
8. Выполнен расчет эффективности применения предложенного метода в промышленности на основе среднего варианта прогноза демографической ситуации. Примерный максимально возможный объем рынка школьной формы составляет (в ценах 2015 года) в 2016 году 26 703 504 тыс. рублей и возрастает к 2021 году до 30 552 159 тыс. рублей.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень» ВАК при Минобрнауки России:

1. Саидова Ш.А. Совершенствование методики конструирования поясной одежды с учетом повышенных эргономических требований [Текст] / Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г. //Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №3(53); URL: <http://www.science-education.ru/117-13071> (дата обращения: 13.05.2014). (0,62 п. л./0,2 п. л.)
2. Саидова Ш.А. Обзор современных методов проектирования эргономичной одежды [Текст] / Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г. //Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4(54); URL: <http://www.science-education.ru/117-13071> (дата обращения: 13.06.2014). (1,06 п. л./0,35 п. л.)
3. Саидова Ш.А. Исследование антропометрических характеристик детей для проектирования эргономичной одежды [Текст] / Петросова И.А., Гусева М.А., Саидова Ш.А., Зарецкая Г.П. // Дизайн и технологии. – 2015. № – 48(90). –С. 33 – 40. (0,5п. л./ 0,12п. л.)
4. Саидова Ш.А. Исследование системы «человек–одежда» в динамике для проектирования эргономичной одежды [Текст] / Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Саидова Ш.А., Тутова А.А. //Естественные и технические науки. – 2015. – №11. – С. 513–516. (0,37п. л./ 0,07п. л.)
5. Саидова Ш.А. Формирование рационального гардероба школьников на основе норм потребления [Текст] / Петросова И.А., Саидова Ш.А., Андреева Е.Г., Сангинова Д.А //Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, №22. – С. 87 – 90. (0,43п. л./ 0,11п. л.)
6. Саидова Ш.А. Результаты антропометрического исследования детей школьного возраста [Текст] / Петросова И.А., Саидова Ш.А., Андреева Е.Г., Сангинова Д.А.

//Вестник технологического университета. – 2016. –Т.19, №17. – С. 98 – 100. (0,31п. л./ 0,07п. л.)

7. Саидова Ш.А. Анализ современных аналогов школьной одежды стран мира для формирования состава рационального комплекта школьной формы [Текст] / Петросова И.А., Лунина Е.В., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Саидова Ш.А. // Дизайн и технологии. – 2017, № 58(100). – С.47–59. (0,87п. л./ 0,18п. л.)

Статьи в прочих изданиях:

1. Саидова Ш.А. Проектирование эргономичной одежды с учетом учебной и внеучебной деятельности детей школьного возраста [Текст] / Саидова Ш.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Зарецкая Г.П.//Materiály xi mezinárodní vědecko – praktická konference «aktuální vymoženosti vědy–2015». Materiály xi mezinárodní vědecko – praktická konference. – Praha Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. – С. 89–91. (0,25п. л./ 0,06п. л.)

2. Саидова Ш.А. Проектирование эргономичной одежды с учетом учебной и внеучебной деятельности детей школьного возраста [Текст] / Саидова Ш.А., Петросова И.А. //Международная научно–техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ–2015): сборник материалов Международной научно–технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – С. 201– 204. (0,18п. л./ 0,04п. л.)

3. Саидова Ш.А. Эргономичная одежда для детей с ограниченными возможностями [Текст] / Петросова И.А., Саидова Ш.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. // Межвузовская научно–практическая заочная конференция «Актуальные проблемы инклюзии: качество жизни, безбарьерная среда, образование без границ»: сборник научных публикаций. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2016. – С. 32–36. (0,25п. л./ 0,06п. л.)

4. Saidova Sh.A. A study of consumer demand for organization of rational schoolchildren wardrobe [Text] / Saidova Sh.A., Petrosova I.A., Andreeva E.G., Guseva. M.A., Sanginova D.A. // V международная научно–практическая конференция «Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук. Том. 1. Actual problems of fundamental and applied sciences»: сборник трудов конференции. – Praha, Czech Republic, 2016. – С. 155–161. (0,43п. л./ 0,09п. л.)

Патенты, свидетельства:

1. Патент на изобретение № 2618414 (С1) RU. Трансформируемая одежда /Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Зарецкая Г.П.// патентообладатель – РГУ им. Косыгина; заявл.: 19.01.2016; опубл.: 03.05.2017.

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620634 РФ. Динамические приоросты, полученные 3D сканированием для проектирования школьной формы / Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А. // патентообладатель –РГУ им. Косыгина; заявл. 17.04.2017; зарег. 09.06.2017.

3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620588 РФ. Формирование рационального гардероба школьников с учетом уровня дохода семьи / Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А. // патентообладатель –РГУ им. Косыгина; заявл. 06.04.2017; зарег. 02.06.2017.

САИДОВА Шоира Абдулатифовна

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭРГОНОМИЧНОЙ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

Тираж 150

Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина

115035, Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1

тел./ факс: (495) 955-35-88

e-mail: riomgudt@mail.ru