

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭРГОНОМИЧНОЙ ОДЕЖДЫ

Саидова Ш.А.<sup>1</sup>, Петросова И.А.<sup>2</sup>, Андреева Е.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Худжандский политехнический институт Таджикского Технического Университета» им. академика М. С. Осими, Худжанд, Таджикистан (Худжанд, ул. Ленина, 226), e-mail: [shoira-saidova79@mail.ru](mailto:shoira-saidova79@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии», Москва, Россия (117997, Москва, ул. Садовническая 33с.1), e-mail: [76802@mail.ru](mailto:76802@mail.ru)

---

В статье представлен анализ существующих способов проектирования эргономичной одежды. Описаны разнообразные технологии и средства с помощью, которых проводятся исследования эргономики рабочего процесса. В статье рассматривается механизм функционирования системы «Человек-одежда-среда» как для бытовой, так и для специальной одежды. Проанализированы способы проведения эргономической оценки качества системы «Человек-одежда-среда» с помощью различных метрологических средств. Представлены требования к проектированию эргономичной одежды. На основе результатов анализа существующих способов проектирования эргономичной одежды предложена новая постановка процесса проектирования эргономичной одежды с применением технологии трехмерного сканирования. Предлагаемая технология обеспечивает возможность виртуального моделирования поведения системы «человек-одежда» в статике и динамике.

---

Ключевые слова: эргономичная одежда, система «Человек-одежда-среда», эргономическое проектирование, 3Dсканирование

## REVIEW OF MODERN METHODS OF DESIGNING OF ERGONOMIC CLOTHING

Saidova S.A.<sup>1</sup>, Petrosova I.A.<sup>2</sup>, Andreeva E.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Khujand Polytechnic Institute of Tajik Technical University n. a. M. S. Osimi, Khujand, Tajikistan (Khujand, street Lenin, 226), e-mail: shoira-saidova79@mail.ru*

<sup>2</sup>*Moscow State University of Design and Technology, Moscow, Russia (117997, Moscow, street Sadovnicheskaya 33st.1), e-mail: e-mail:76802@mail.ru*

---

The article presents an analysis of existing methods of designing of ergonomic clothing. A variety of technologies and tools have been studied, that helps to conduct a research of ergonomics process which is an important stage in ergonomic clothing design. This article reviews the mechanism of functioning of the human - clothing - environment as informal dress and as well as special clothing. How to conduct an ergonomic evaluation of the quality of the human-clothing - environment system using various metrology tools have been briefly described. The requirements are presented for designing of ergonomic clothing. Based on analysis of existing methods of designing of ergonomic clothing proposed a new method of designing ergonomic clothing with using three-dimensional scanning technology.

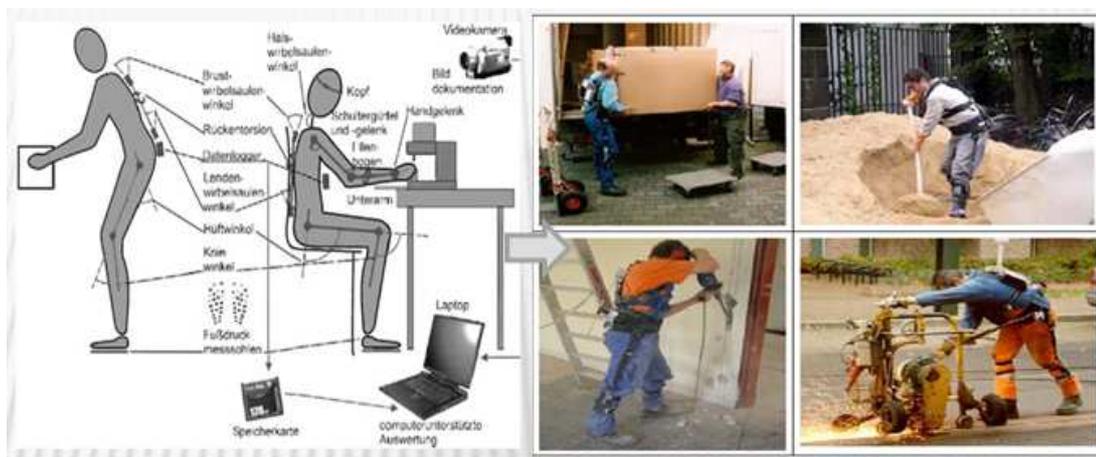
---

Keywords: ergonomic clothes, human body-clothing –environment system, ergonomic design, 3D scans

Одежда покрывает более 80% поверхности человека и образует вместе с человеком систему «Человек-одежда-среда», в которой одежда находится в постоянном контакте и взаимодействии с поверхностью фигуры, поэтому важны такие показатели качества одежды, как «комфорт» и «удобство». Контакты человека и промышленных изделий рассматривают в эргономике на биологическом и психологическом уровнях [4]. В процессе эксплуатации у человека возникают психологические ощущения комфорта или дискомфорта, тепла и холода, удобства, давления на отдельные участки тела, что влияет на утомляемость и работоспособность человека. Следовательно, создание эргономичной одежды требует более полного согласования формы одежды с антропометрическими характеристиками тела человека в соответствии с эргономическими требованиями.

Выделено несколько подходов для проведения исследований и изучения системы «Человек-одежда-среда». Одним из основных направлений является изучение влияния окружающего пространства на процесс эксплуатации одежды. Так исследователями Хорватии [25] разработан кинематический метод изучения эргономики рабочего с использованием трехмерной видеозаписи, который позволяет получить циклограмму движения, а оценка факторов физического риска проводится путем анализа позы и движений, реализованных оператором во время выполнения работы.

При исследовании эргономики рабочего процесса немецкими исследователями была разработана технология «CUELA»(Ellesast) (рис. 1).



**Рис. 1. Исследование эргономики рабочего места применением технологии «CUELA» (Ellesast)**

Суть этой технологии заключается в способах получения и анализа данных, основывающихся на использовании компьютера и «костюма» из беспроводных датчиков, который обеспечивает анализ движений работника в течение полного рабочего дня [19].

Китайскими исследователями [29] для исследования рабочего места в офисе и взаимодействия одежды с фигурой разработан виртуальный манекен (рис. 2), состоящий из



**Рис. 2. Результат симуляции рабочего места и анализ зоны зрительного наблюдения физиологической и антропометрической моделей повторяющих позы, реакции и движения человека, и предложен алгоритм анализа системы «Человек-одежда-среда».**

Также, шведскими учеными [22] предложена оценка эргономичного рабочего места в ранних стадиях проектирования с помощью программы «BUMS». Где результаты анализа отражаются цветами, по которым можно оценить эргономичность проектируемого рабочего места (рис. 3).

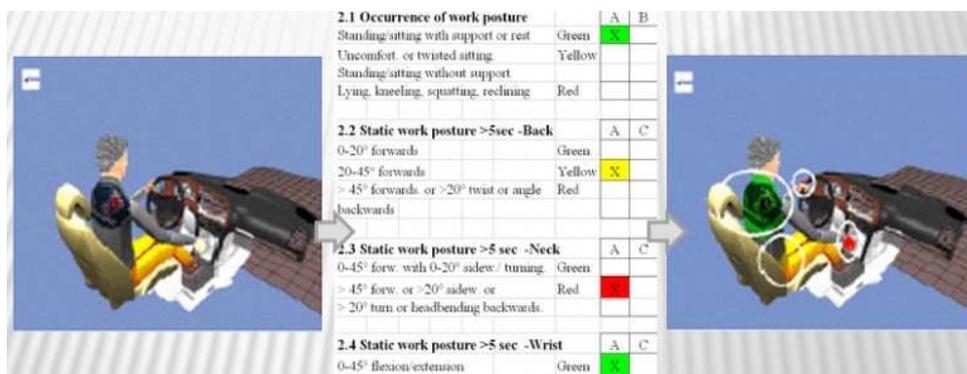
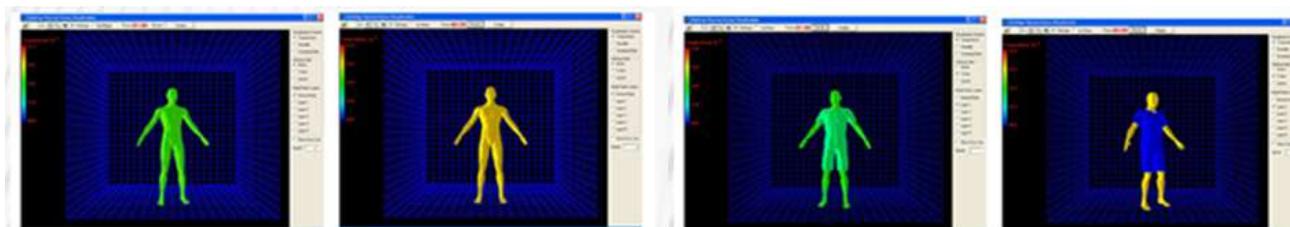
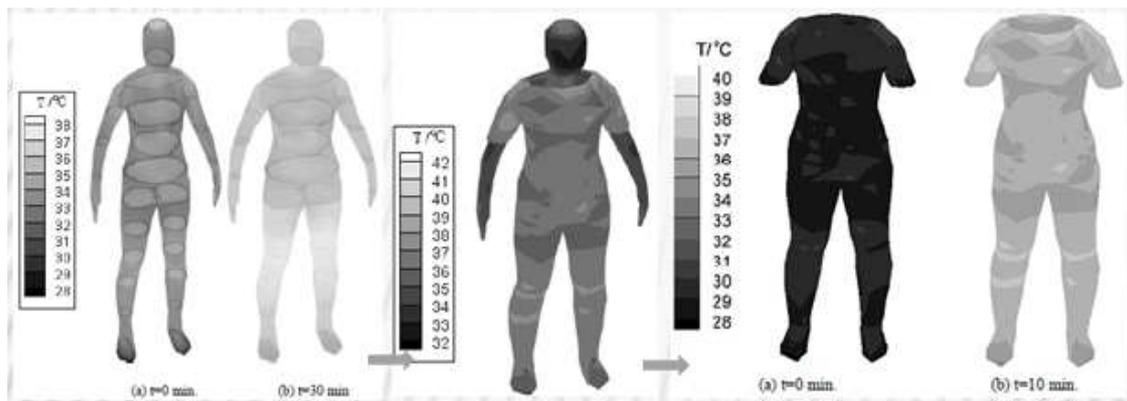


Рис. 3. Результаты анализа при применении программы «BUMS»

Взаимодействие системы «Человек-одежда-среда» подробно описано авторами [23, 26] которые отметили что «психологический комфорт» обеспечивается комфортными условиями микроклимата пододежного пространства, а «физический комфорт» характеризует степень приспособленности одежды к человеку, т.е. статическое и динамическое соответствие.

Многими зарубежными авторами с целью исследования взаимодействия системы «Человек-одежда-среда» разработаны математические модели для последующего применения результатов исследований при разработке функциональной одежды для определения прибавок на свободу движения, среди которых немецкие исследователи (X. Xu, J. Werner, 1997) [37], ученые факультета машиностроения университета Марибор в Словении (J. Gersak, M. Marcic, 2007) [27], американские и китайские ученые проводящие совместные исследования (L. Yi, U. Aihua, et. al., 2006) в Гонконгском политехническом университете [38] (рис. 4, а), китайские ученые (F. Li, Y. Wang, 2013) [30] (рис. 4, б) из Нанкинского университета авиации и астронавтики в Китае. Такие системы позволяют моделировать и изучать тепловые и эксплуатационные характеристики изделий. Преимуществом разработанных систем является возможность прогнозирования теплового состояния человека, что является важным аспектом комфортной одежды, а также возможность многократного моделирования теплообмена в системе «Человек-одежда-среда» с целью совершенствования конструкции одежды.



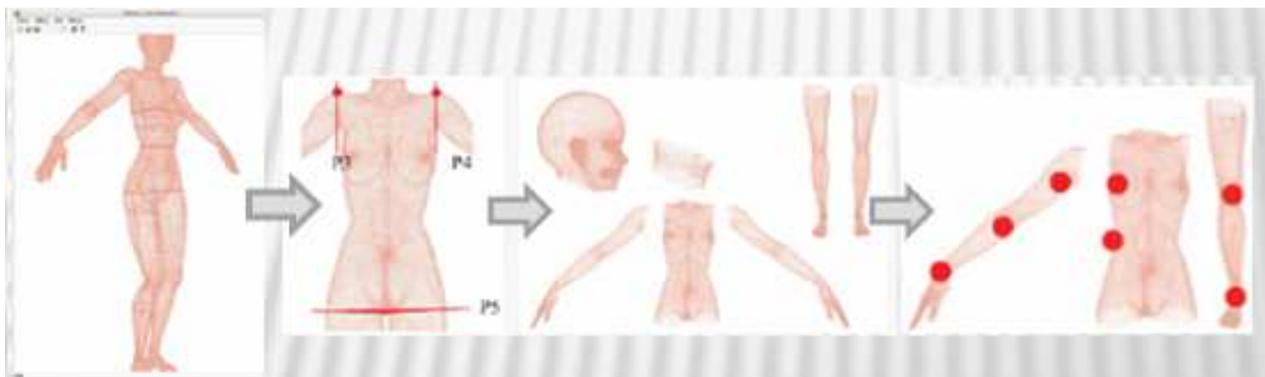


б

**Рис. 4. Виртуальная среда для изучения взаимодействия системы «Человек-одежда-среда»:** а-[38] (*L. Yi, U. Aihua, et. Al*); б-[30] (*F. Li, Y. Wang*)

Для исследования взаимодействий элементов системы «Человек-одежда-среда» в статике и динамике проводят соответственно антропометрические [4], и антроподинамические исследования разными контактными и бесконтактными методами. Американскими учеными Департамента одежды, текстиля и дизайна интерьера Государственного университета Канзаса [28] и российскими исследователями [14] рекомендовано нахождение динамических эффектов при совершении характерных видов движений на основе изучения условий эксплуатации проектируемой одежды.

В настоящее время разработаны бесконтактные измерительные системы трехмерного сканирования для получения достоверных информации о размерных характеристиках тела человека, как в статике, так и в динамике. Так, разработке бесконтактных измерений при совершении движений посвящены исследования зарубежных специалистов (*Liu Chi, R. Kennon, 2005*) текстильного университета в Манчестере [31], китайских ученых (*L. Bing et al., 2010*) [21], ученых (*Y. Cui et al., 2013*) Британского университета [24], научная работа немецкого ученого (*C. Mattman, 2008*) Высшей школы Цюриха [33] (рис. 5, г). Разработанная в МГУДТ система 3D сканирования [11] позволяет выполнить моделирование в виртуальной среде движений характерных, для эксплуатации одежды при активной деятельности человека (рис. 5, д).

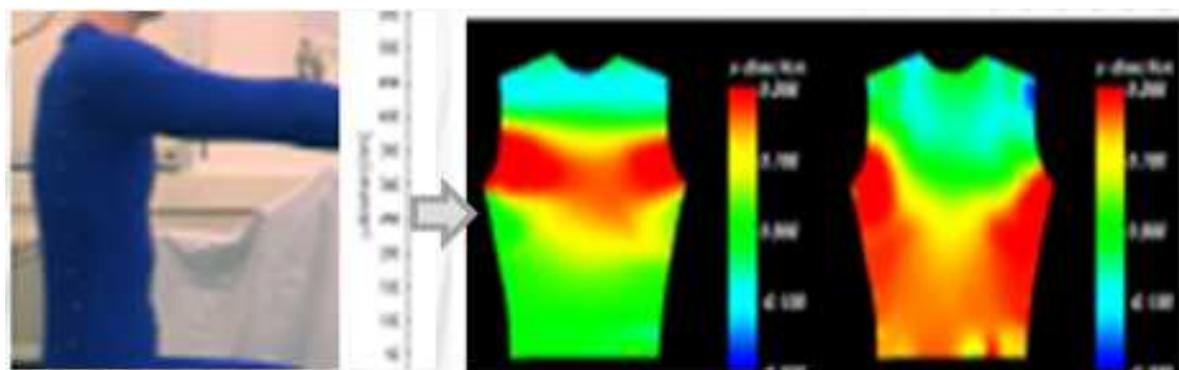


а

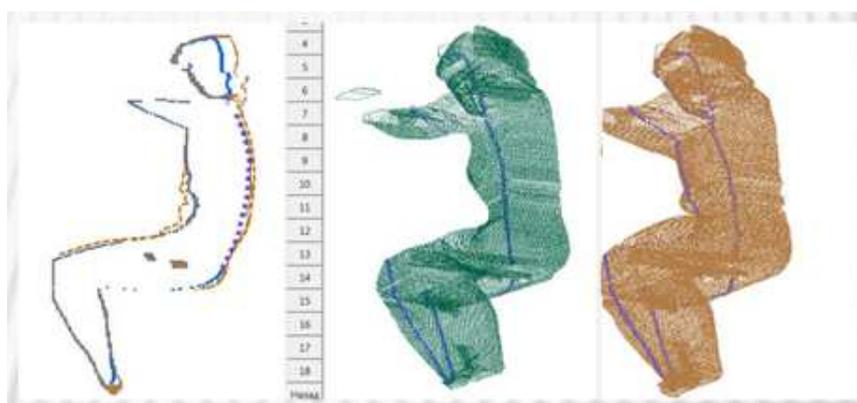


б

в



г



д

**Рис. 5. Использование современных систем при изучении фигур в динамике:**  
 а-[21] (*L. Bing et al.*); б- [31] (*Liu Chi, R. Kennon*); в-[24] (*Y. Cui et al.*); г- [34] (*C. Mattman*);  
 д- [11] (*И. А. Петророва*)

При изучении научных работ были выделены следующие способы проектирования эргономичной одежды: учет биомеханических характеристик движений и расчет оптимальных величин конструктивных параметров; оптимизация параметров конструкции по эргономическим показателям; применение оригинальных конструктивно-технологических решений деталей.

Проблемам повышения уровня эргономического соответствия изделий специального назначения посвящены работы Е.Я. Сурженко. Автором [14] предложен новый подход к проектированию эргономичной одежды, основанный на биокинематическом анализе

взаимодействия элементов системы «человек-одежда». Такой подход обеспечивает получение рациональной конструкции с заданным уровнем динамического соответствия, но удовлетворительным уровнем статического соответствия одежды [2, 14]. Следовательно, предложенный метод не может быть применен при проектировании бытовой одежды.

Отдельным направлением можно выделить эргономическое проектирование специальной, спортивной и детской одежды, применением конструктивно-технологических средств обеспечения динамического соответствия изделия условиям их функционирования [9, 18]: использование различных кроев рукава, применение в напряженных зонах одежды эластичных вставок, не соединенных швами участков, складок, ластовиц, регулируемых деталей. Однако следует отметить, что оригинальные конструктивно-технологические решения деталей применяются в качестве дополнительных средств для увеличения динамического соответствия изделия.

Обеспечение эргономичности конструкций путем оптимизации конструктивных параметров по эргономическим показателям были изучены в работах Е. Б. Кобяковой, В. В. Размахниной, Н. Х. Наурзбаевой [4,13,17]. Сущность такого способа получения эргономичной одежды заключается в том, что необходимо найти такие сочетание конструктивных параметров, при которых уровень динамического соответствия одежды был бы максимальным. Оптимизация конструктивных параметров по эргономическим показателям динамического соответствия позволяет проектировать одежду с заданным уровнем динамического соответствия, что способствует повышению удобства изделия в эксплуатации и снижению материалоемкости. Однако, стоимость процедур сравнительно высока. Так как такой подход решения задачи эргономичности одежды влечет за собой большие материальные и трудовые затраты на изготовление макетов и на проведение исследований их динамического соответствия заданному набору движений.

В целом, анализ существующих способов проектирования эргономичной одежды показал, что способы определяющие величину минимально необходимой прибавки в конструкции одежды имеют общий недостаток - величина минимально необходимой прибавки неравномерно распределяется по поверхности фигуры и базируются только на линейных размерах фигуры человека и не учитывают форму одеваемой поверхности.

Следует отметить, что в настоящее время развивается новое направление - проектирование виртуальных систем «фигура-одежда», где используются бодисканеры для оцифровывания поверхности фигуры и одежды. Так, в работах [5, 6, 7, 15] исследователями установлены взаимосвязь конструктивных параметров и значений воздушных зазоров на основных антропометрических уровнях и получены уравнения для расчета воздушных зазоров в зависимости от конструктивных параметров. Однако правильность нахождения

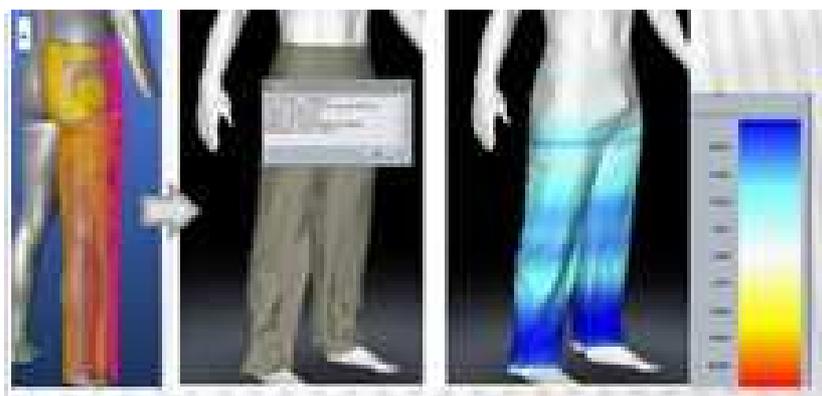
значений конструктивных прибавок вызывает сомнения, так как их значения определены для статики и не учитывают эргономические требования, влияющие на удобство одежды в движении.

Важным этапом проектирования эргономичной одежды является оценка ее комфортности, как в статике, так и в динамике. В научных работах [8, 14, 16, 17 и др.], посвященных решению проблем повышения эргономичности конструкции бытовой и специальной одежды предлагаются различные методы оценки статического и динамического соответствия системы «человек-одежда».

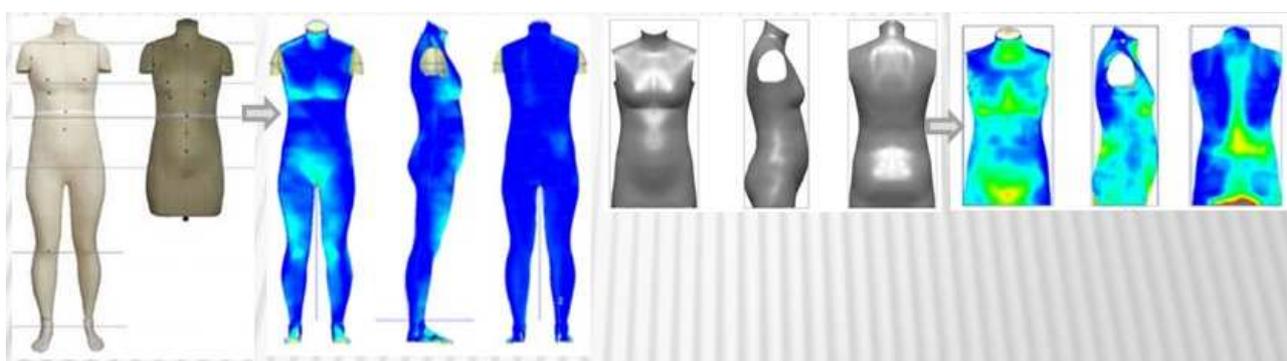
Известен способ оценки качества посадки с помощью различных приспособлений к манекену и специальных экранов определяющие положения борта, рукава, боковых швов и т.д. [17]. При оценке удобства одежды в динамике было предложено устройства Е. Б. Кобляковой и В. В. Размахниным. Однако следует отметить, что приведенные устройства имеют недостатки, так как данные полученные в процессе проведения оценки имеют субъективный характер и измеряются приспособлениями, находящимися на расстоянии от объекта, что приводит к высокой погрешности измерений.

Бурное развитие компьютерной технологии и варианты визуализации создает альтернативы традиционным способам анализа посадки. Современные швейные САПР оснащены виртуальными манекенами для визуализации формы проектируемых моделей одежды с целью выявления дефектов посадки изделий [10, 36]. Возможность оценки как статических так и динамических дефектов посадки реализовано в САПР «*OptiTex*», «*Lectra*». Помимо складок и заломов на изделии, которые отражаются непосредственно при «одевании» манекена, разработчиками этих САПР предусмотрен специальный режим просмотра, позволяющий оценить давление одежды на тело человека и напряжение в ткани на различных участках. Места на изделии, на которых действуют механически силы (давление, натяжения) отмечаются цветовыми пятнами, насыщенность которых зависит от величины силы.

Различные подходы оценки качества посадки готовой одежды с помощью современных технических устройств предложены американскими учеными (Е. Вуе, Е. McKinney, 2010) [20], корейскими исследователями (I.H. Sul, T.J. Kong, 2010) Саульского Национального университета [34], французскими исследователями (X. Tao, P. Bruniaux, 2013) где реализуется два подхода анализа посадки: проверка значения прибавки измерением расстояния между контуром одежды и контуром тела и применение цветowych пятен, насыщенность которого зависит от величины прибавок [35] (рис. 6, а). Технология 3D сканирования использована американскими и корейскими учеными (MiPark S., MiChoi K., 2011) и при оценке качества проектирования манекена [32] (рис. 6, б).



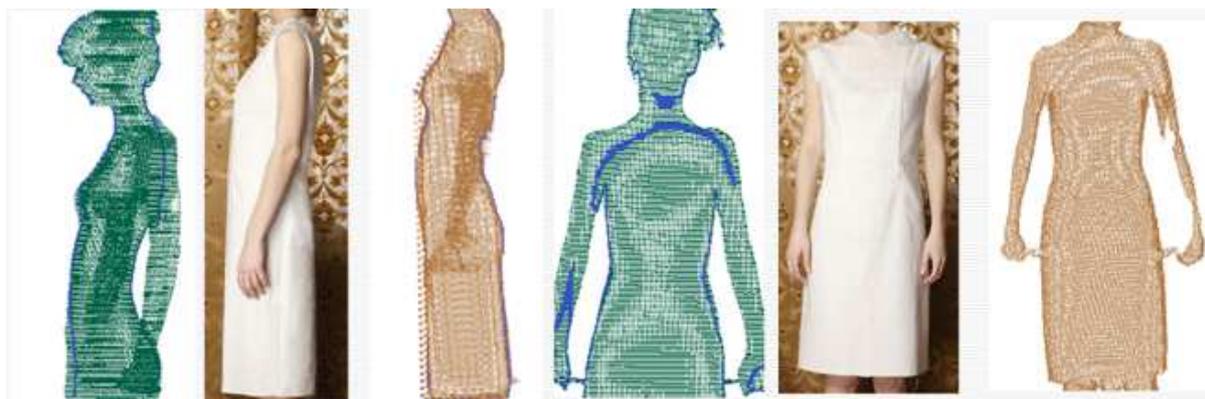
а



б

**Рис. 6. Оценке качества: а- построения манекена [32] (*MiPark S., MiChoi K.*); б- посадки изделия [35] (*X. Tao, P. Bruniaux*)**

Также методы оценки качества одежды с помощью систем трехмерного сканирования предлагаются и российскими исследователями [1, 3]. Разработанная система 3Dсканирования на кафедре ХМКТШИ МГУДТ является объективным инструментом оценки качества посадки проектируемого изделия в процессе виртуальной примерки на фигуре человека (рис. 7), так как имеет возможность сканирования и сравнения фигуры человека в одежде и без одежды для проведения анализа внешней формы изделий. Так как система 3D сканирования обеспечивает решение таких задач как, точное определение размерных характеристик и внешней формы поверхности фигуры с целью оценки проектируемого изделия внешней форме фигуры потребителя, что в свою очередь приведёт к получению рациональных конструкций изделий а, следовательно, и повышению уровня эргономичности одежды.



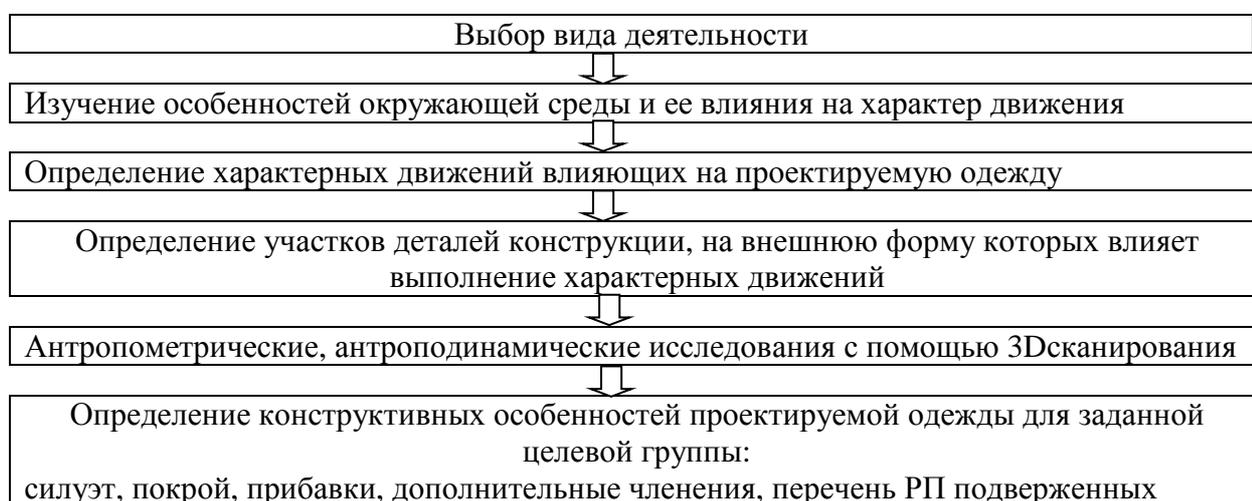
### Рис. 7. Этапы проведения оценки соответствия одежды фигуре

Таким образом, изучение и анализ научных работ российских и иностранных авторов выявили, что в практике проектирования одежды широкое применение нашли методы оценки качества одежды с помощью систем трехмерного сканирования.

По результатам анализа предложена новая постановка процесса проектирования эргономичной одежды с применением технологии трехмерного сканирования (рис. 8). Процесс разработки эргономичной одежды можно условно разделить на три этапа: анализ условий эксплуатации одежды; разработка эргономически рациональной конструкции и оценка эргономического соответствия разработанной одежды. На первом этапе необходимо выбрать вид деятельности потребителя т. к. каждая профессия предъявляет свои специфические требования к одежде, которые необходимо учитывать при ее разработке. Изучение особенностей окружающей среды и ее влияние на характер движения, является важным этапом в процессе проектирования эргономичной одежды. Для создания рациональной конструкции необходимо на основе анализа условий эксплуатации одежды определить характерные движения, оказывающие наибольшее влияние на изменение размерных характеристик тела, и соответственно, форму деталей конструкции. Антропометрические и антроподинамические исследования проводятся с помощью системы 3Dсканирования, так как система позволяет моделировать в виртуальной среде движения, а также определить широкий спектр размерных признаков фигур, как в статике, так и динамике [11].

На втором этапе определяют конструктивные особенности проектируемой одежды, выбрав значения параметров формообразования, разрабатывается эргономичная конструкция одежды для заданной целевой группы.

На завершающем этапе проводится оценка качества одежды с помощью технологии 3Dсканирования, путем совмещения сканированных трехмерных моделей фигур в одежде и без нее [12].





**Рис. 8. Схема проектирования эргономичной одежды с применением технологии трехмерного сканирования**

Таким образом, предлагаемая технология обеспечивает возможность виртуального моделирования поведения системы «человек-одежда» в статике и динамике. Обеспечивает точное определение размерных характеристик и внешней формы поверхности фигуры и поверхности одежды с целью оценки проектируемого изделия внешней форме фигуры потребителя, что в свою очередь приведёт к получению рациональных конструкций изделий, а, следовательно, и повышению уровня эргономичности одежды.

### Список литературы

1. Андреева Е. Г., Петросова И. А., Бояров М. С. Проектирование внешней формы мужской одежды на основе трехмерного сканирования //Швейная промышленность. –2013. – № 2. – С. 33-36.
2. Бахтина Е. Ю., Сурженко Е. Я. Эргономические исследования и совершенствование конструкций специальной одежды для женщин//Технология текстильной промышленности.-2000, №3(255)-С.87-89.
3. Ду Цзинь Сун, Петросова И. А., Гусева М. А., Андреева Е. Г. Разработка манекенов для конструирования одежды//Дизайн и технология №40(82), М.: МГУДТ, 2014.
4. Коблякова Е. Б., Ивлева Г. И., Романов В. Е. Конструирование одежды с элементами САПР: учеб.для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464с.
5. Ло Юнь, Кузмичев Б. Е. Новая технология обработки и проектирования виртуальных систем «женская фигура-куртка»//Швейная промышленность.-2009, №1.-С.32-35.
6. Ло Юнь, Кузмичев Б. Е. Технология параметризации формы одежды//Швейная промышленность.-2010, №2.-С.31-33.

7. Ло Юнь, Кузмичев Б. Е. Конструктивное обоснование получения объемно-пространственной формы одежды//Швейная промышленность.-2010, №4.-С.40-43
8. Мацевская Ю. А. Разработка метода эргономического проектирования школьной одежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04/МГУДТ, Москва, 2009.- 245 с.
9. Мачинская Ю. В. Разработка эргономически рациональной конструкции женского комбинезона//Швейная промышленность.-2007, №5-С.39-40.
10. Пищинская О. В. Проектирование базовых конструкций на фигуры с различной осанкой с использованием трехмерных компьютерных технологий.-М.: РИО МГУДТ, 2012-104с.
11. Петросова И.А. Разработка методологии проектирования внешней формы одежды на основе трехмерного сканирования: автореф.дис. ... докт. техн. наук: 05.19.04/МГУДТ, Москва, 2014 – 40с.
12. Петросова И. А., Андреева Е. Г., Ду Цзинь Сун Разработка метода оценки конструктивных решений одежды с помощью трехмерного сканирования // Дизайн и технология №39(81), М.: МГУДТ, 2014.
13. Сухарев М. И., Бойцова А. М. Принципы инженерного проектирования одежды.-М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981-272с.
14. Сурженко Е. Я. Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.19.04/СПГУТД, Санкт-Петербург, 2001-49с.
15. Сахарова Н. А., Кузмичев Б. Е., Цан Ни Технология виртуального проектирования объемно-пространственной формы женских платьев по чертежам их конструкции//Швейная промышленность-2011, №2.-С.38-41.
16. Сахарова Н. А. Методика конструирования эргономичного комбинезона общего назначения для работников автосервиса// Технология текстильной промышленности.-2006, №5(293)-С.92-97.
17. Фаритова Л. Х., Сурженко Е. Я. Исследование и оптимизация эргономических параметров конструкции спецодежды//Технология легкой промышленности.-1984, №4-С.33-37.
18. Шершнева Л. П., Ларькина Л. В. Современные подходы к проектированию динамически комфортных конструкций детской одежды// Швейная промышленность.-2004, №5.-С.43-46
19. Эргономические требования к организации рабочих мест [Электронный ресурс]//Профилактика профессиональных заболеваний позвоночника: сайт.- URL: <http://www.spinedevice.ru/indiseas.html>(дата обращения 23.03.2014).

20. Bye E., McKinney E. Fit analysis using live and 3D scan models [Text]// International Journal of Clothing Science and Technology. – 2010. – Vol.22. – Is.2/3. –P.88–100.
21. Bing B., Shougian S., Yang L., Ruimin L., Zhidong Z. Automatic measurement of scanned human body in fixed posture//Institute of Electrical and Electronics Engineers-2010, P. 575-579
22. Backstrand G., Horberg D. Dan De Vin, Leo J. Ergonomics analysis in a virtual environment//International Journal of Manufacturing Research -2007,Vol.2(2)
23. Clothing biosensory engineering / edited by: Y. Li, S.W. Wong-Textile Progress series, 2001.-379 p.
24. Cui Y., Chang W., Stricker D. Fully automatic body scanning and motion capture using two kinects//Association for Computing Machinery-Nov.19, 2013
25. Dragecevic Z., Rogale S.F. Investigation of dynamic working zones and movements in garment engineering// International Journal of Clothing Science and Technology-2001, Vol.13, Is.3/4.
26. Environmental Ergonomics-The Ergonomics of Human Comfort, Health and Performance in the Thermal Environment/ edited by Y. Tochihara, T. Ohnaka- Elsevier, 2005. -515 p.
27. Gersak J., Marcic M. Development of a mathematical model for the heat transfer of the system man-clothing-environment//International Journal of Clothing Science and Tehnology-2007, Vol.19 (3/4), Is.8
28. Huck O., Maganga Y., Kim. Protective overalls: evaluating of garment design and fit// International Journal of Clothing Science and Technology-1997, Vol. 9(1), Is.1.-P.45-61
29. Honglun H., Shougian S., Yunhe P. Research on virtual human in ergonomic simulation//Computers and Industrial Engineering-2007, Vol. 53, P.350-356
30. Li F., Wang Y. A Transient 3D Thermal Model for Clothed Human Body Considering More Real Geometry// Journal of computers.-2013, Vol.8,Is.3.-P. 676-684
31. Liu Chi, Kennon R. Body scanning of dynamic posture//International Journal of Clothing Science and Technology-2006, Vol.18(3), Is.13
32. MiPark S., MiChoi K., Lee Y. Multi-purpose three-dimensional body form [Text]// International Journal of Clothing Science and Technology.-2011, Vol.23, Is.1.-P.8-24
33. Mattmann C. Body Posture Detection Using Strain Sensitive Clothing : дис.No.17982, Высшая техническая школа Цюриха, 2008-155с
34. Sul I. H., Kang T. J. Regeneration of 3D body scan data using semi-implicit particle-based method [Text]// International Journal of Clothing Science and Technology. – 2010. – Vol.22. – Is.4.– P.248–271

35. Tao X., Bruniaux P. Toward advanced three-dimensional modeling of garment prototype from draping technique // International Journal of Clothing Science and Technology.- 2013, Vol. 25, Is.4.- P.266-283.
36. Volino P., Cordier F., Magnenat-Thalmann N. From early virtual garment simulation to interactive fashion design// Computer-Aided Design Journal.-2005, Vol.37., Is.6.- P.593-608.
37. Xu X., Werner J. A dynamic model of the human/clothing/environment/ system//Applied human science: journal of physiological anthropology- 1997,Vol. 16, P.61-75
38. Yi L., Aihua M., Ruomei W., Xiaonan L., Zhong W., Wenbang H., LiyaZ., Yubei L. P-smart a virtual system for clothing thermal functional design//Computer-Aided Design. - 2006, Vol.38, Is. 7.- P. 726-739.

**Рецензенты:**

Кирсанова Е.А., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой "Материаловедения" ФГБОУ ВПО МГУДТ, г. Москва.

Лунина Е.В., д.т.н., профессор кафедры "Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи " ФГБОУ ВПО МГУДТ, г. Москва.