

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ В ОДЕЖДЕ С ВЫСОКИМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Петросова И.А.¹, Гусева М.А.¹, Андреева Е.Г.¹, Бахадурова З.Б.¹, Айкян Д.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии», Москва, Россия (117997, Москва, ул. Садовническая 33 с.1), Россия, E-mail: guseva_marina67@mail.ru; 76802@mail.ru

В статье проведён анализ существующих отечественных и зарубежных современных технических систем для изучения пространственной ориентации одежды относительно поверхности тела человека в статике и динамике. Выполнены исследования по изучению изменений размерных признаков фигуры человека при совершении спектра движений. Предложена характеристика эргономического соответствия одежды для школьников с позиции соответствия длин участков изделия размерным признакам в динамике. Исследованы участки напряжённого контакта одежды с фигурой, зоны спокойного давления и свободного контакта поверхности одежды и фигуры. Предложена динамическая модель торса фигуры с визуализацией участков положительных и отрицательных динамических эффектов. Предложены оптимальные варианты конструктивного решения одежды, обеспечивающей высокие динамические и эргономические характеристики, а также антропометрическое соответствие фигуре потребителя.

Ключевые слова: эргономическое соответствие, размерные признаки, динамические эффекты

JUSTIFICATION OF DESIGN SOLUTIONS IN CLOTHING WITH HIGH PERFORMANCE

Petrosova I.A.¹, Guseva M.A.¹, Andreeva E.G.¹, Bahadyrova Z.B.¹, Aykayn D.A.¹

Moscow State University of Design and Technology. Russia, E-mail: guseva_marina67@mail.ru, 76802@mail.ru

In the article the analysis of existing domestic and foreign advanced technical systems for the study of the spatial orientation of the garment relative to the surface of the human body in statics and dynamics. Performed studies on the changes of body dimensions of the human figure when performing range of motion. The proposed feature ergonomic matching clothes for schoolchildren from the position of the matching lengths of the parts of the product dimensional characteristics in the dynamics. Investigated areas of intense contact of clothing with the figure, zones of quiet and pressure-free contact of the surface of the garment and shapes. The proposed dynamic model of the torso of the figure with the visualization plots of positive and negative dynamic effects. The optimum variants of constructive decisions of the clothes, providing high dynamic and ergonomic characteristics and anthropometric data under the figure of the consumer.

Keywords: ergonomic conformity, dimensional signs, dynamic effects

Для проектирования одежды, комфортной в динамике, необходима достоверная информация об изменениях размеров и формы тела человека при совершении заданного спектра движений. При расчёте конструктивных прибавок на свободу движения необходимо учитывать возможную деформацию материала или перемещение отдельных участков изделия относительно поверхности тела человека. Развитие информационных технологий позволяет проводить бесконтактное изучение поверхности тела человека, находящегося в естественном положении или движении с помощью систем трехмерного сканирования, что обеспечивает получение качественной информации и снижение дискомфорта изучаемых людей.

Реалистичность виртуального отображения фигуры человека зависит от достоверности анатомического представления 3D модели и возможности ее динамической трансформации. В этом направлении следует отметить ряд современных исследований. Так,

для 3D визуализации поверхности тела человека, находящегося в естественном положении или движении, специалистами Национального Исследовательского Совета Канады (*Wuhrer S., et al., 2011*) предложен подход «свободных ориентиров» (*landmark-free approach*), обеспечивающий определение точного соответствия между точками на поверхности исследуемых человеческих фигур и предназначен для автоматического прогнозирования места расположения каждой точки 3D модели фигуры человека, выбранной из массива данных сканирования поверхности тела, благодаря систематизированной информации о расположении антропометрических ориентиров в базе данных 3D моделей человека в разнообразных позах [16]. Основоположником математического обеспечения систем компьютерного зрения О. Фогэрасом (*Faugeras O., 1993*) рассмотрены методы реалистичности представления изображений движений фигур человека в трехмерной среде, особенно 3D поворотов [11]. В 2005 г. Б. Мэй, Э. Рамстейн и П. Шедмэ зарегистрировали изобретение «способа и системы для перемещения виртуальной модели человека в виртуальной среде», при которых виртуальный манекен имеет общее положение и несколько степеней свободы сочленений, автоматически корректируемых при его перемещении с позиции эргономики, что обеспечивает оптимальный уровень удобства положений, принимаемых манекеном, без дополнительных испытаний [3]. Японскими исследователями Т. Мацуяма и др. (*Matsuyama T., et al., 2004*) из Киотского университета предложен способ реконструкции динамической 3D модели человека из нескольких видеоизображений с высокой точностью отображения поверхности одежды относительно поверхности фигуры [13]. Швейцарскими учеными (*Aubel A., Thalmann D., 2004*) рассмотрен многоуровневый подход виртуального моделирования человеческого организма и его деформации, базирующийся на трех основных анатомических структурах: скелете, мышцах и коже [8]. Исследователями Корейского института передовой науки и технологии и Женевского университета (*Oh S., et al., 2005*) предложен метод виртуального объединения человеческих фигур и одежды с помощью специальной техники компьютерной анимации органических объектов, моделируемых из сетки поверхности и набора взаимосвязанных костей, так называемого «скелета» [15]. Новозеландскими учеными из Университета Окленда (*Oberhofer K., et al., 2009*) предложен метод корректного виртуального моделирования опорно-двигательного аппарата движущегося человека на основе свободной деформации поверхности (*Host Mesh Fitting technique/ HMF*), называемый «техникой примерки базовой сетки», позволяющей прогнозировать деформацию мышц при ходьбе конкретного субъекта путем 3D анатомического виртуального моделирования [14]. В Гонконгском университете науки и технологий (*Chen Z., et al., 2013*) разработан метод автоматического выявления характерных контуров для измерения 3D моделей оцифрованной поверхности человеческого

тела в различных стабильных позах. Для идентификации контуров поверхности, выбор осуществляется из источников, построенных с помощью функции Морса, исходных точек и вычисления расстояния, вместо принятого использования координат только одной исходной точки. Метод позволяет автоматически получать любые сечения на основе характерных очертаний фигуры [9]. В Департаменте текстильной и швейной промышленности Корнельского университета С. Чой и С. Ашдаун (*Choi S., Ashdown S., 2011*) проведено сопоставление традиционного ручного способа антропометрических измерений и виртуального инструмента 3D сканирования на примере обследования нижней части тела человека в различных позах. Существенные различия исследуемых подходов к антропометрическим измерениям найдены только в позах сидя для обхватов бедра (T21) и колена (T22), расстояния от линии талии до пола сбоку (T25) и до пола спереди (T26), длины ноги по внутренней поверхности (T27), дуги паховой области (T77), расстояния от линии талии до плоскости сидения (T49) [10]. Для повышения эргономичности проектируемой одежды исследователями Шанхайского университета Дунхуа и Государственного университета Айовы (*Zong Y., et al., 2011*) предложен интегративный подход формирования динамичных виртуальных манекенов, объединяющий технологии 3D сканирования тела в статике и в динамике и позволяющий импортировать полученные данные непосредственно в САПР одежды [17]. В 2012 г. в университете Барселоны вопросами автоматического распознавания внешней формы фигуры человека занималась Г. Харо (*Haro G., 2012*), которая реализовала алгоритм «*shape-from-silhouette*» визуализации трехмерной модели тела человека из его фотоизображений, получаемых от 12-ти камер и совмещенных друг с другом, для изучения динамических поз человека (рис.1) [12].

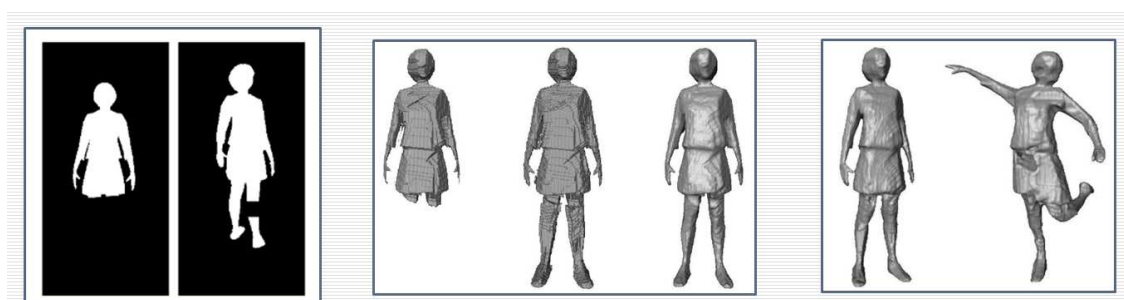


Рис.1.3D-визуализация фигуры человека по 2D-изображениям силуэтов [12]

Следует отметить, что в МГУДТ данный алгоритм был реализован в рамках выполнения НИОКР уже в 2010 г. [5]. Таким образом, можно отметить актуальность использования систем трехмерного сканирования для изучения системы «человек-одежда» в динамике и для проектирования одежды с повышенными эргономическими требованиями благодаря высокой достоверности получаемой с их помощью информации о поверхности тела человека. Изучением влияния динамических характеристик на размеры и форму одежды

для различных половозрастных групп населения занимались многие исследователи. Однако пока отсутствуют единые методики и нормы по проектированию одежды с высокими динамическими характеристиками. [1, 2, 6, 7, 8].

Для выявления участков с максимальными динамическими приростами размерных признаков и точного позиционирования предложенных конструктивно-декоративных элементов одежды с высокими эргономическими свойствами проведён ряд экспериментов с помощью стационарной системы сканирования МГУДТ, позволяющей получить достоверную информацию о величинах динамических приростов размерных признаков, и взаимном положении поверхности фигуры и одежды [4]. По полученному трёхмерному изображению фигуры в статичном положении выявлены опорные участки изделия: плечи, верхний участок спины, верхний и средний участок груди, верхний задний участок проймы (рис. 2).

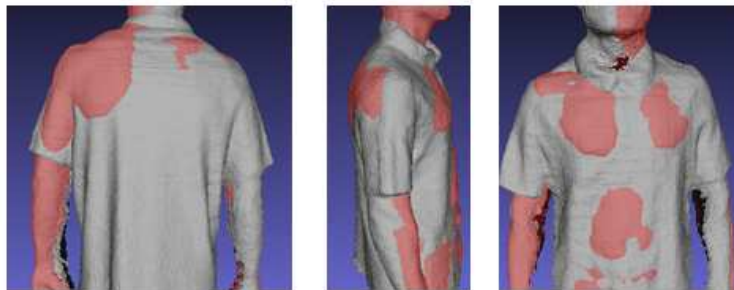


Рис. 2. 3D-визуализация зон контакта одежды с фигурой человека в статике

Проведено моделирование некоторых движений человека в трехмерной среде, и получена достоверная информация о поведении материала при выполнении спектра движений (рис.3).

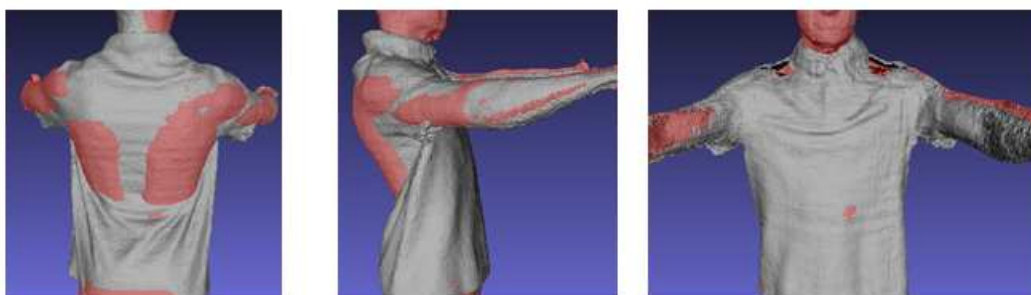


Рис. 3. 3D-визуализация фигуры человека и одежды в динамике

Характеристика эргономического соответствия одежды важна как с позиции недостатка длины участка изделия при положительных динамических эффектах размерных признаков, так и при отрицательных динамических эффектах, вызывающих деформации растяжения или смятия в изделии. Например, когда ученик совершает движение «ответ у доски», при котором рука поднята горизонтально параллельно поверхности земли, наряду с положительным динамическим эффектом размерного признака «ширина спины» происходит

уменьшение значения размерного признака «длина плечевого ската» примерно на 15 %. При этом наблюдается смятие передней поверхности рукава. Излишняя ширина этого участка изделия вызывает множественные замины материала, что причиняет дискомфорт человеку (рис.4).

Полученные трёхмерные модели фигур и фигур в одежде экспортируются в графическую среду универсальной САПР. Дальнейшая обработка графического материала в виртуальной среде позволяет выявить участки с динамическими эффектами различных характеристик. С помощью виртуального изображения динамического состояния появляется возможность определить оптимальные параметры конструкции проектируемых изделий, моделируя различные варианты динамического статуса фигуры (рис. 4). В результате анализа виртуальных образов различных движений школьников составлена база данных динамических приращений размерных признаков, выраженных в изменениях расстояний между антропометрическими точками в целом на участке и на каждой составляющей по линии измерения. Полученная с помощью системы бесконтактного исследования информация о параметрах фигуры используется в качестве исходных данных при проектировании в виртуальной среде одежды с высокими эргономическими характеристиками. Диапазон приращений размерных признаков в динамике необходимо учитывать в конструктивном решении изделий с помощью приемов моделирования.

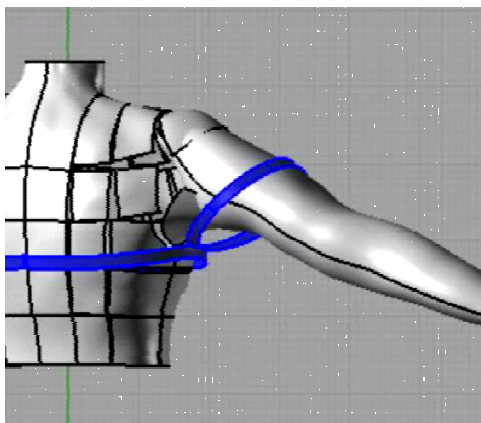


Рис. 4. Обработка графической информации в виртуальной среде

В плечевой одежде основным препятствием выполнения движений рук с максимальной амплитудой является наличие рукава, ограничивающего перемещение руки вперед и вверх. Один из результатов динамической активности рук - возникновение растяжений на участке «пройма – рукав». Решением вопроса антроподинамического соответствия этого участка может быть применение в конструкции изделия рукавов предпочтительно рубашечного покроя или реглан мягкой формы. Перечисленные покрои характеризуются уменьшенной высотой оката и увеличенной шириной рукава. В изделиях покроя реглан из-за отсутствия шва соединения оката с проймой в верхних участках

происходит растяжение материалов под действием массы изделия на участке между плечевой точкой и нижней частью узла «пройма-окат», что обеспечивает дополнительный динамический эффект.

В ходе исследований установлено, что использование в конструкциях плечевых изделий перечисленных выше покровов недостаточно для обеспечения комфортного состояния ученика в динамике, так как практически каждое рабочее движение сопровождается комплексом динамических изменений размерных признаков, как рук, так и торса тела человека. Комплексное измерение «ширина спины + расстояние от заднего угла подмышечной впадины через лучевую точку до запястья» максимально характеризует в динамике параметры изучаемого участка конструкции плечевого изделия при различных движениях рук. Максимальный динамический эффект принадлежит размерному признаку «ширина спины». Авторами проведена серия экспериментов по определению значений динамических приращений к размерным признакам детей старшего школьного возраста. Анализ результатов эксперимента показывает, что динамические эффекты достигают величин, значительно превышающих деформации растяжения многих швейных материалов. Например, максимальный динамический эффект размерного признака «ширина спины» при совершении ребенком старшего школьного возраста движения рук вперед с соприкасающимися ладонями составляет около 30%. Решить проблему динамического соответствия только путем изменения ширины рукава не целесообразно. Определено, что для параметра конструкции «ширина рукава» в школьной одежде не рекомендуется закладывать в конструкцию максимальные значения, так как увеличение размера этого участка ведет к образованию дополнительных излишков материала в подмышечной области, создавая эмоциональный и эргономический дискомфорт ученика (раздражение кожи, тактильно-кинестическая чувствительность мышц). Излишняя ширина рукавов способствует так же снижению эстетических свойств изделия из-за наличия свободных складок. Одним из решений вопроса может быть применение небольших цельновыкроенных ластовиц, увеличивающих длину нижнего среза рукава и заднего участка оката.

В динамической позе наблюдается увеличение опорного участка на уровне верхнего заднего участка проймы, что указывает на необходимость введения большего процента прибавки на этом участке. Складки, закладываемые на боковой поверхности стана, отражают возможность тела совершать движения благодаря их наличию. Это говорит о том, что необходимо предусматривать дополнительную величину прибавки к размерному признаку «Ширина спины» или вводить модельно - конструктивные решения (складки, защипы, сборки, вставки из эластичных материалов), обеспечивающих необходимую динамическую свободу в одежде.

Список литературы

1. Гусева М.А. Виртуальная биомеханика для автоматизированного проектирования одежды // Дизайн и технологии.– 2010, № 20 (62). – С.21-28.
2. Гусева М.А. Совершенствование метода трехмерного проектирования элементов конструкции плечевой одежды.: Дисс. на соискание степени канд. техн. наук: 05.19.04/МГУДТ, Москва, 2007.- 224 с.
3. Патент на изобретение №2355030 RU Способ и система для перемещения виртуальной модели человека в виртуальной среде / Мэй Б., Рамстейн Э., Шедмэ П.; патентообладатель: СНЕКМА МОТОРС; заявл.: 21.04.2004; опубл.: 20.10.2005.
4. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка технологии трехмерного сканирования для проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D моделей одежды // Монография. М.: РИО МГУДТ, 2015. –181с.
5. Петросова И.А., Андреева Е.Г., Андреев В.А. Разработка бесконтактного измерительного комплекса для производства продукции лёгкой промышленности: Отчет о НИОКР по Госконтракту Минпромторга РФ № 10411.0816900.19.046 от 13.04.2010// ЕФБД НИОКР зарегистр. 31.05.2011; рег. № 01201061896; инв. № 02201157645.- 2010.- 190 с.
6. Саидова Ш.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Совершенствование методики конструирования поясной одежды с учетом повышенных эргономических требований// Современные проблемы науки и образования. 2014, № 3. – С. 26.
7. Саидова Ш.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Зарецкая Г.П. «Проектирование эргономичной одежды с учетом учебной и внеучебной деятельности детей школьного возраста» // Материалы докладов международной конференции «Materiály XI mezinárodní vědecko praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015». Прага, 2015. С. 89.
8. Aubel A., Thalmann D. MuscleBuilder: A modeling tool for human anatomy // Journal of Computer Science and Technology. - 2004, Vol.19, Is. 5.- P.585-595.
9. Chen Z., Tang K., Joneja A. Fast and automatic identification of contours for girth measurement on 3D human models with variant postures // Computer-Aided Design and Applications.- 2013, Vol.10, Is.2.- P.321-337.
10. Choi S., Ashdown S. 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions// Textile Research Journal.- 2011, Vol. 81, No.1.- P.81-93.
11. Faugeras O.Three-Dimensional computer vision (Artificial intelligence). - Cambridge, MA: MIT press, 1993. - 695 p.
12. Haro G. Shape from silhouette consensus // Pattern Recognition.- 2012, Vol.45, Is.9.- P. 3231-3244.

13. Matsuyama T., Wu X., Takai T., Nobuhara S. Real-time 3D shape reconstruction, dynamic 3D mesh deformation, and high fidelity visualization for 3D video // Computer Vision and Image Understanding.- 2004, Vol.96, Is. 3.- P.393-434.
14. Oberhofer K., Mithraratne K., Stott N.S., Anderson I.A. Anatomically-based musculoskeletal modeling: prediction and validation of muscle deformation during walking// The Visual Computer. - 2009, Vol.25, Is.9. - P.843-851.
15. Oh S., Kim H., Magnenat-Thalmann N., Wohn K. Generating unified model for dressed virtual humans // The Visual Computer. - 2005, Vol.21, Is.8-10.- P.522-531.
16. Wuhrer S., Shu C., Xi P. Landmark-free posture invariant human shape correspondence // The Visual Computer. - 2011, Vol.27, Is.9.- P. 843-852.
17. Zong Y., Lee Y.-A. An exploratory study of integrative approach between 3D body scanning technology and motion capture systems in the apparel industry// International Journal of Fashion Design, Technology and Education.- 2011, Vol.4, Is.2, No.7.- P.91-101.

Рецензенты:

Золотцева Л.В., д.т.н., профессор кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий, г. Москва;

Лунина Е.В., д.т.н., доцент кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий, г. Москва.