

УДК 687.1

**КАСТОМИЗИРОВАННАЯ КОРРЕКЦИЯ
ТИПОВОГО ВИРТУАЛЬНОГО МАНЕКЕНА
ОБОЛОЧКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ**

**CUSTOMIZED CORRECTION
OF A VIRTUAL HUMAN DUMMY
BY SHELL OF VARIABLE THICKNESS**

М.А. ГУСЕВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, И.А. ПЕТРОСОВА, В.В. ГЕТМАНЦЕВА

M.A. GUSEVA, E.G. ANDREEVA, V.S. BELGORODSKI, I.A. PETROSOVA, V.V. GETMANTSEVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: guseva_marina67@mail.ru

Уровень технических возможностей современных САПР позволяет проектировать базовые и модельные 3D-конструкции швейных изделий относительно виртуальных аналогов типовых и индивидуальных фигур, полученных различными способами генерации. В статье представлен способ формирования 3D-слоя переменной толщины для корректировки виртуального манекена по параметрам индивидуальных фигур в автоматизированном режиме в системах, не оснащенных модулем бесконтактного обмера. Предложенный способ коррекции типового виртуального манекена фигуры человека способствует внедрению массовой кастомизации в швейной промышленности и повышению эффективности онлайн-продаж одежды для потребителей.

The level of technical capabilities of modern CAD allows to design basic and model 3D-designs of garments with respect to virtual analogues of standard and individual figures obtained by various methods of generation. The article presents a

method of forming a 3D-layer of variable thickness to adjust the virtual human dummy on the parameters of individual figures in an automated mode in systems not equipped with a non-contact measurement module. The proposed method of correction of a virtual model of a dummy of a human figure contributes to the implementation of mass customization in the apparel industry and improving the effectiveness of online sales of clothing to consumers.

Ключевые слова: виртуальный манекен, 3D-проектирование одежды, массовая кастомизация, антропометрические особенности фигуры.

Keywords: virtual dummy, 3D-design of clothes, mass customization, anthropometric features of the figure.

Массовая кастомизация в швейной промышленности.

В мировой швейной промышленности внедрение высоких технологий обеспечивает конкурентное преимущество. Покупки одежды перемещаются из физической среды в виртуальную область, поэтому перспективной стратегией привлечения и сохранения клиентов стала "массовая кастомизация", под которой понимают предложение производителя создать индивидуальную версию модели одежды в соответствии с размерными характеристиками каждого потребителя [1]. Массовая кастомизация в швейной промышленности базируется на оцифровке тела человека, интеграции этих данных в САПР одежды [2] и последующей автоматизированной корректировке базового комплекта лекал изделия в соответствии с особенностями фигуры по индивидуальным размерным признакам [3].

Типичной проблемой является подгонка мужской деловой одежды по фигуре в розничных магазинах, что свидетельствует о высоком уровне неудовлетворенности готовой одеждой [4]. Более 70% потребителей предпочли бы приобрести выбранную модель мужского костюма, изготовленного по индивидуальным меркам в массовом производстве [5]. Перспективному развитию массовой кастомизации способствует функциональное использование искусственного интеллекта в швейной промышленности на этапах проектирования; производства; продажи; управления цепочками поставок [6]. Однако, хотя массовая кастомизация одежды снижает риск невостребованности про-

изводимой продукции, не все компании готовы перейти к новому методу работы, требующему сбора данных о клиентах и преобразования этой информации в процессе проектирования [7].

Виртуальное продвижение швейной продукции.

Развитие трехмерных (3D) технологий измерения тела и САПР одежды превратило систему индивидуальных заказов одежды по меркам в жизнеспособный маркетинговый инструмент розничной торговли [2], [8]. Интернет стал перспективным каналом для продаж одежды, позволяя просматривать модели в 2D- или 3D-форматах, комбинировать предметы и различные цвета, визуализировать и примерять выбранные изделия на виртуальном манекене с параметрами, соответствующими размерам покупателя, а также заказывать одежду по индивидуальным меркам [9...11].

Персонализированное виртуальное представление одежды базируется на: 1) САПР одежды на типовую или индивидуальную фигуру; и 2) системе подбора готовых изделий, в наибольшей степени соответствующих фигуре конкретного потребителя. "Умные" системы по виртуальному продвижению одежды учитывают не только изображение тела клиента, но и профиль пользователя, его предпочтения, цели покупки, что влияет как на повышение удовлетворенности клиентов, так и на рост продаж [12].

Однако на практике у потребителей возникают сложности с субъективным восприятием размера и формы своего тела [13], что часто ведет к некорректному представ-

лению размерных признаков [14]. Несоответствие между посадкой изделия на фигуре потребителя и изображениями в интернет-магазинах негативно влияет на намерение совершать дальнейшие покупки [15]. Проблемой онлайн-торговли стал высокий процент возвратов продукции и недовольство многих клиентов опытом покупок одежды в Интернете [10]. С другой стороны, на результативность онлайн-торговли одеждой положительно влияет возможность интерактивного изменения внешнего вида изделий с учетом индивидуальных особенностей фигуры, что стимулирует процесс покупки, снижает восприятие риска приобретения одежды в Интернете и формирует лояльность потребителей к торговым маркам [16].

Персонализированное проектирование одежды.

Клиента, приобретающего товар в Интернете, можно рассматривать как ценного партнера швейных предприятий в области проектирования продукции [17]. Трехмерное виртуальное отображение одежды позволяет потребителю управлять различными атрибутами модели и оформить заказ для персонализированного моделирования и конструирования изделия [18]. Существующие 3D-технологии проектирования и виртуальной примерки одежды позволяют потребителям участвовать в процессе разработки индивидуальных моделей одежды [19...21]. Когда потребители выступают в роли содизайнеров, то показывают: какая именно одежда ими ценится и востребована [22], [17]. Интеграция потребителя в процесс креативного проектирования одежды на виртуальной фигуре направлена на удовлетворение его потребности к выбору и к эксклюзивности, делает более привлекательным созданный цифровой продукт и обеспечивает устойчивое конкурентное преимущество в розничной торговле [23].

Типовые процедуры виртуального моделирования базируются на пропорциональных расчетных формулах, типовых размерных признаках и значениях прибавок на свободное облегание, поэтому уделяют недостаточное внимание особенностям формы индивидуальных фигур [24]. Для массовой кастомизации одежды 3D-САПР требуют до-

полнительного аппарата разработки моделей одежды по индивидуальным меркам [25]. Использование технологии 3D-сканирования тела человека как инструмента в проектировании и производстве одежды развито недостаточно для того, чтобы из объема данных 3D-сканирования извлекать те измерения, которые необходимы производителю моделей одежды [26].

Виртуальная примерка и виртуальные модели фигуры человека.

Технология виртуальной 3D-примерки одежды позволяет потребителям достоверно оценивать разницу в размерах виртуальных фигур и изделий [27] и то, как будет выглядеть одежда на цифровом двойнике клиента [23], а производителю – определить, какие корректировки следует внести в конструкцию одежды, чтобы обеспечить оптимальную посадку на фигуре [12].

Достоверность виртуальных примерок на фигурах различного телосложения пока низка по сравнению с реальной примеркой одежды потребителями [28]. Для решения этой проблемы необходимо создавать виртуальные аналоги фигур покупателей и одежды, позволяющие эффективно выполнять интерактивные операции по выбору различных деталей или подгонки изделия по фигуре потребителя [10].

Развитие систем 3D-сканирования, интегрируемых с существующими САПР одежды, позволяет получить всеобъемлющие и достоверные измерения тела человека в оцифрованном виде [29], [23], [22], [30]. Оцифрованную фигуру импортируют в программную среду САПР одежды [31]. Для изготовления одежды по индивидуальному заказу в условиях промышленного производства используют различные методы 3D-развертки всего тела как традиционные антропометрические характеристики, так и 3D-сканирование всего тела, параметрическое моделирование фигур, 3D-триангуляционное генерирование поверхности [32], [33]. Методы оцифровки человеческого тела становятся все более разнообразными [34], но не все из них пригодны для коммерческой эксплуатации в индустрии моды [35].

Универсальный виртуальный манекен представляет собой усредненную типовую

фигуру [36]. Для улучшения качества посадки одежды на фигуре при проектировании увеличивают количество базовых виртуальных манекенов в соответствии с основными группами формы тела [37]. Персональный виртуальный манекен учитывает не только размеры, но и форму тела каждого человека [31]. Цифровизация фигур потребителей поддерживает онлайн-покупательскую активность и минимизирует риск возврата одежды из-за некорректной информации о размерах [14].

Постановка задачи. Встраивание в производственный цикл швейных предприятий и систему онлайн-продаж модулей трехмерного сканирования, предоставляющих достаточный объем информации об антропометрических особенностях потребителей, экономически недоступен многим производителям, с небольшими объемами выпуска продукции. Кроме того, не всегда возможна интеграция системы 3D-сканирования с программным обеспечением модуля 3D-конструирования САПР одежды, используемым на предприятии.

Для решения данной проблемы необходимо разработать доступный способ корректировки трехмерного виртуального манекена на основе размерных характеристик потребителя, позволяющий производителю получить от клиента необходимый и достаточный объем информации в онлайн-режиме.

Разработка метода коррекции типового виртуального манекена. В основе процесса автоматизированного проектирования одежды лежат различные методики конструирования, определяющие как получение плоских разверток деталей изделия, так и виртуальное представление его пространственного образа в трехмерной среде. Современные виртуальные манекены в конструкторских программах – это трехмерные аватары со сглаженными контурами фигур, тщательной прорисовкой черт лица и пластики конечностей – рук, ног, пальцев. Между тем, для качества процесса проектирования одежды важна именно детальная визуализация сложного рельефа поверхности тела в статике, выявление отклонений в рельефе поверхности индивидуальной фигуры от типовой фор-

мы, а не мимика и маневренность перемещения аватара по виртуальному подиуму.

Нормативные значения размерных признаков фигур не обеспечивают достаточной информации для формирования визуального представления трехмерной формы тела. Пространственная конфигурация фигуры человека индивидуальна и зависит от осанки, телосложения, пропорций, наличия и локализации жировых отложений и т.д. Предлагаемый способ корректировки основан на плоскостном и пространственном совмещении контуров типовой и индивидуальной фигур. Информация, запрашиваемая от клиента, проста в исполнении, легка в обработке. Способ корректировки дает достоверные результаты и наглядную визуализацию особенностей телосложения индивидуальной фигуры [38...40].

На первом этапе от клиента запрашиваются фотографии, желательно на фоне масштабной сетки, для формирования контуров (абриса) индивидуальной фигуры. При этом достаточно частичных изображений фигуры от подбородка до стоп. Съемка при одинаковых условиях (расстояние от камеры до объекта, расстояние от камеры до пола и т.д.) облегчает процесс корректировки.







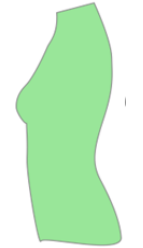
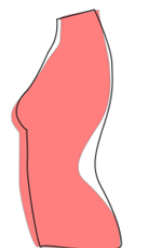
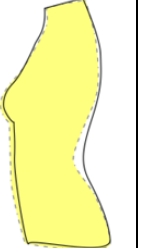
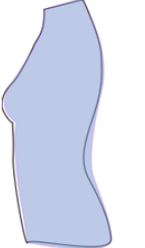
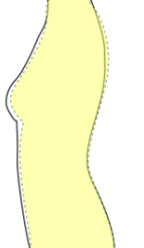

На абрис индивидуальной фигуры накладывается контурное изображение типовой фигуры (табл. 1 – анализ формы спинного контура женских фигур по некоторым видам осанки), предварительно отмасштабированной под рост клиента. Операция масштабирования необходима, поскольку, согласно действующей размерной типологии РФ, интервалы безразличия по размерным признакам категории "высоты" наибольшие по величине.

Совмещение абрисов типовой и индивидуальной фигур (табл. 2 – этапы корректировки типового манекена по индивидуальным параметрам на примере фигуры с кифотической осанкой и избыточным поясничным лордозом) позволяет получить информацию о соотношении проекционных размерных признаков исследуемых фигур для проектирования корректирующей оболочки типового 3D-манекена по основным сечениям. Виртуальный типовой манекен подбирают из базы системы, учитывая резуль-

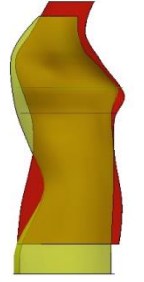

таты совмещения абрисов и проекционных характеристик. Выбор типового виртуального манекена для пространственного позиционирования с трехмерным образом индивидуальной фигуры не всегда целесообразно выполнять в соответствии с классическими правилами подбора типовой фигуры. Установлено, что в ряде случаев, например, для

фигур с избыточным лордозом, целесообразно использовать типовой манекен меньшего роста и размера на 1-2 шага интервала безразличия по ведущим размерным признакам. Такой принцип подбора позволяет получить достоверную корректирующую оболочку на типовой манекен, наращивая типовую поверхность на нужную величину.

Т а б л и ц а 1

Этапы анализа	Осанка женской фигуры					
	нормальная	избыточный лордоз	небольшой лордоз	выпрямленная	небольшой кифоз	избыточный кифоз
Вид фигуры						
Вид сбоку совмещения абрисов типовой (черный контур) и индивидуальной (цветной контур)						

Т а б л и ц а 2

Совмещение абрисов		Пространственная корректировка типового манекена			
вид сбоку	вид сзади	вид сбоку	вид спереди	вид сзади	вид сверху
					

На рис. 1 представлены этапы анализа конфигурации совмещенных поверхностей 3D-моделей манекенов: а) – вертикальное рассечение корректирующей оболочки переменной толщины; б) – трехмерная модель индивидуальной фигуры с нанесенными линиями антропометрических измерений; в) – схема нумерации сечений трехмерной модели; г) – отсечение участков виртуального манекена.

Оболочка переменной толщины представляет собой визуализированную модель разницы всех антропометрических характеристик стана индивидуальной фигуры. Процедура исследования особенностей индивидуального телосложения сводится к анализу переменной толщины трехмерной модели оболочки (рис. 1-а), что облегчает пересчет параметров конструкции одежды при сравнении размерных признаков типовой и

индивидуальной фигур. Выделенные для исследования зоны виртуальной корректирующей оболочки разделяют на участки по горизонтальным сечениям, проходящим через антропометрические уровни, соответствующие линиям измерений обхватов шеи, груди, талии, бедер, и по вертикальным сечениям, проходящим через экстремальные точки рельефа поверхности виртуальной фигу-

ры; по боковому и плечевому шву в одежде (рис. 1-б). Для удобства анализа каждому участку может быть присвоен порядковый номер (рис. 1-в). Определение величин и характера отклонений размерных признаков на любом участке сечения выполняется как поуровневый анализ толщины совмещенных поверхностей (рис. 1-г).

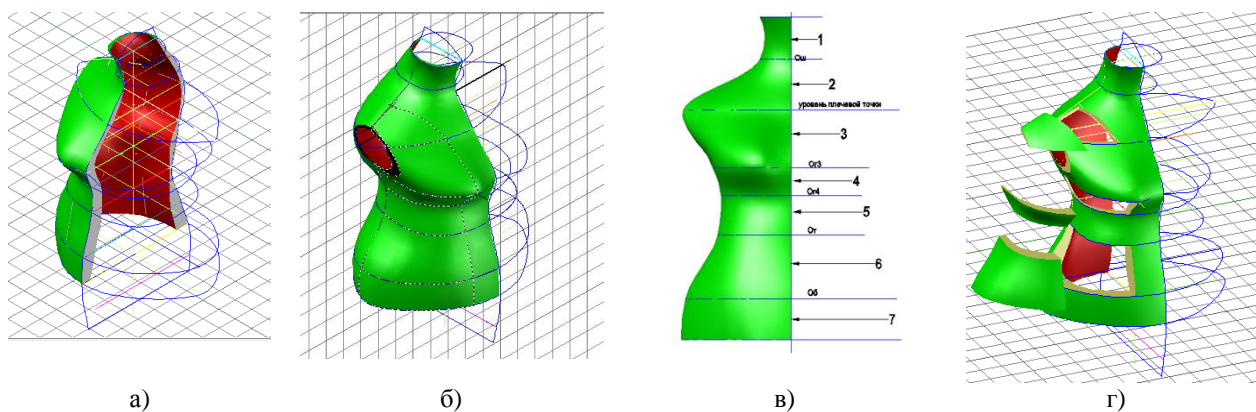


Рис. 1

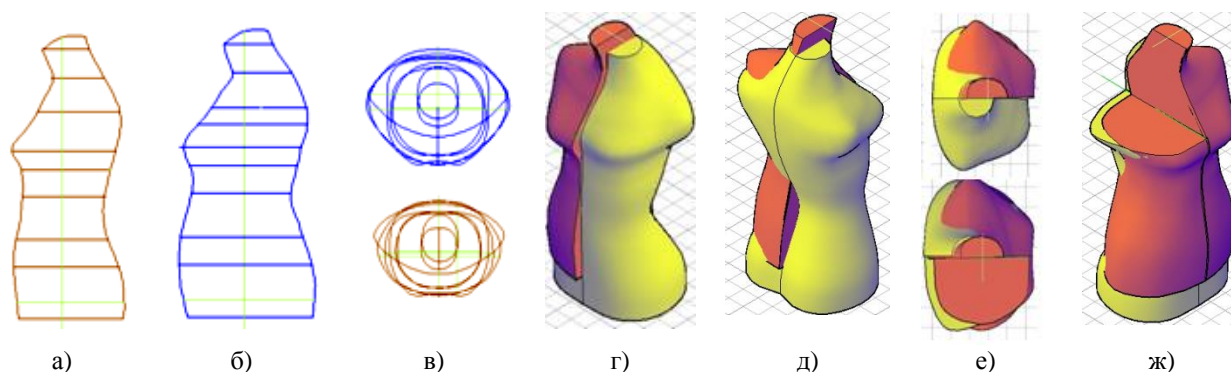


Рис. 2

На рис. 2 показаны этапы выстраивания корректирующей оболочки: а) – вертикальный абрис типового манекена; б) – вертикальный абрис индивидуальной фигуры; в) – горизонтальные абрисы фигур; г) – наращивание переднего контура корректирующей оболочки; д) – формирование заднего контура корректирующей оболочки; е) – вид сверху; ж) – рассечение по линии груди верхнего сектора совмещенных виртуальных фигур.

Апробация заявляемого способа представлена в виде выстраивания корректирующей оболочки над типовым виртуальным манекеном 164-96-102, которая помогает ви-

зуализировать параметры индивидуальной фигуры 167-98-111 благодаря своей переменной толщине. Сравнительный анализ проекционных характеристик абрисов типовой (рис. 2-а) и индивидуальной (рис. 2-б) фигур по видам сбоку и сверху (рис. 2-в) позволил выполнить наращивание оболочки по внешней поверхности типового виртуального манекена (рис. 2-г,д,е) и определить толщину оболочки по уровням (рис. 2-ж).

Совмещением типового виртуального манекена и корректирующей оболочки получают индивидуальный виртуальный манекен с достоверными антропометрическими характеристиками. Правильно выполненное

позиционирование дает необходимый люфт для виртуального повторения особенностей телосложения потребителя и значительно ускоряет процесс обработки визуальной информации. В результате исследования определено, что в качестве базовой должна быть использована точка основания шеи сзади.

В процессе проектирования трехмерных виртуальных фигур необходимы такие ви-

ды геометрической информации, как поуровневая величина площади и объема сечения (рис. 3 – виды геометрической информации о переменной толщине корректирующей оболочки на примере сечения на уровне талии: а) – определение площади сечения; б) – определение линейных размеров (сагиттальное сечение); в) – определение объема исследуемых участков).

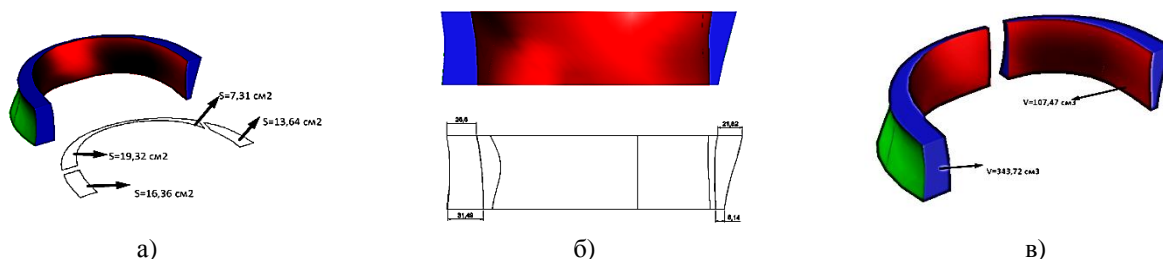


Рис. 3

Анализ геометрической информации позволит не только достоверно оценить разницу в рельефе поверхностей виртуальных типовой и индивидуальной фигур, но и правильно выполнить корректировку конструкции одежды, минимизировав возможность проявления конструктивных дефектов посадки проектируемого изделия на индивидуальной фигуре потребителя.

Сводные данные по объему участков исследуемой корректирующей оболочки, площадей сечений и их процентному соотношению для переда и спинки представлены в табл. 3 (данные об участках совмещенных

поверхностей 3D-моделей манекенов). Разница площадей сечений оболочки между совмещенными поверхностями 3D-моделей типового и индивидуального виртуальных манекенов по антропометрическим уровням (табл. 4) указывает на преобладание по передней поверхности индивидуальной фигуры выступов груди и живота, а по спинному контуру – выступа лопаток и ягодиц, по боковому контуру максимальное наращивание толщины оболочки должно быть выполнено спереди между линиями груди и бедер, сзади – ниже подмышечной впадины и бедер.

Таблица 3

№	Обозначение размерного признака, соответствующего уровню сечения	Передние участки			Участки спинки		
		центральная часть	боковая часть	объем, см ³	центральная часть	боковая часть	объем, см ³
		площадь, см ²			площадь, см ²		
1	Ош	5,78	-	29,75	-	11,66	48,60
2	ОГ ₁	10,64	16,08	174,14	10,86	11,12	180,93
3	ОГ ₃	20,09	30,03	448,94	10,64	7,12	195,03
4	ОГ ₄	16,36	19,32	192,34	7,31	13,64	93,40
5	От	20,46	44,50	343,72	4,49	7,72	107,47
6	Об	23,34	71,50	950,85	46,60	25,64	406,46

Таблица 4

№	Разница площадей между участками	Передние участки		Участки спинки	
		центральная часть	боковая часть	центральная часть	боковая часть
		S ₂ -S ₁ , см ²		S ₂ -S ₁ , см ²	
1	Ош - ОГ ₁	4,86	-	-	- 0,54
2	ОГ ₁ - ОГ ₃	9,45	13,95	-0,22	-4
3	ОГ ₃ -ОГ ₄	-3,73	-10,71	-3,33	6,52
4	ОГ ₄ -От	4,1	25,18	2,82	-5,92
5	От - Об	2,88	27	42,11	17,92

ВЫВОДЫ

1. Предложенный способ коррекции виртуального манекена апробирован при проектировании съемной накладки на типовой манекен, имитирующей поверхность индивидуальной фигуры. Известно, что разнообразие типовых манекенов ограничено и при подборе соответствующего индивидуальной фигуре типового манекена необходимо учитывать не только габаритные размеры, но и телосложение индивидуальной фигуры, форму плечевого пояса, переднего и спинного контуров тела. Правильно выполненное виртуальное позиционирование дает необходимый люфт для виртуального повторения особенностей телосложения потребителя и значительно ускоряет процесс обработки визуальной информации.

2. Выбор типового виртуального манекена для пространственного позиционирования с трехмерным образом индивидуальной фигуры не всегда целесообразно выполнять в соответствии с классическими правилами подбора типовой фигуры. Установлено, что в ряде случаев, например, для фигур с избыточным лордозом, целесообразно использовать типовой манекен меньшего или большего роста и размера на 2 шага интервала безразличия по ведущим размерным признакам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nayak R., Padhye R., Wang L., Chatterjee K., Gupta S.* The role of mass customisation in the apparel industry // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education.* – Vol.8, №2, 2015. P.162...172.

2. *Devajaran P., Istook C.L.* Validation of Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Software // *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management.* – Vol.4, №5, 2004. P.1...23.

3. *Istook C.L.* Enabling mass customization: computer-driven alteration methods // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.14, №1, 2002. P.61...76.

4. *Sindicich D.K.* Interest and Needs in Men's Business Clothing // Thesis PhD, Marketing. – 2008, Florida State University.

5. *Ashdown S.P., Dunne L.A.* Study of Automated Custom Fit: Readiness of the Technology for the Apparel Industry // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.24, №2, 2006. P.121...136.

6. *Guo Z.X., Wong W.K., Leung S., Li M.* Applications of artificial intelligence in the apparel industry: A review // *Textile Research Journal.* – Vol.81, №18, 2011. P.1871...1892.

7. *Pan B., Holland R.* A mass customized supply chain for the fashion system at the design-production interfaces // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal.* – Vol.10, №3, 2006. P.345...359.

8. *Андреева Е.Г., Лунина Е.В., Петросова И.А. и др.* Научные исследования и разработки в области конструирования швейных изделий. – М.: Спутник+, 2016.

9. *Lim J.-Y.* Development of men's suit easy-order prototype using cyber fitting 3D avatar // *Fashion & Textile Research Journal.* – Vol.11, №2, 2009. P.308...314.

10. *Cordier F., Seo H., Magnenat-Thalmann N.* Made-to-measure technologies for an online clothing store // *IEEE Computer Graphics and Applications.* – Vol.23, №1, 2003. P.38...48.

11. *Петросова И.А., Андреева Е.Г.* Мерчендайзинг, оценка качества посадки и выбор готовой одежды, соответствующей фигуре потребителя в виртуальной среде // В сб.: *Современные задачи инженерных наук.* – Т.2. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017. С.140...145.

12. *Guan C., Qin S., Ling W., Ding G.* Apparel recommendation system evolution: an empirical review // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.28, №6, 2016. P.854...879.

13. *Song H.K., Ashdown S.P.* Female Apparel Consumers' Understanding of Body Size and Shape // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.31, №3, 2013. P.143...156.

14. *Januszkiewicz M., Parker C.J., Hayes S., Gill S.* Online virtual fit is not yet fit for purpose: An analysis of fashion e-commerce interfaces // *Conference 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies.* – Montreal, Canada, 2017. DOI: 10.15221/17.210

15. *Kim H., Damhorst M.L.* The relationship of body-related self-discrepancy to body dissatisfaction, apparel involvement, concerns with fit and size of garments, and purchase intentions in online apparel shopping // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.28, №4, 2010. P.239...254.

16. *Lee H.H., Kim J., Fiore A.M.* Affective and cognitive online shopping experience: Effects of image interactivity technology and experimenting with appearance // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.28, №2, 2010. P.140...154.

17. *Fiore A.M.* The Digital Consumer // *Clothing and Textiles Research Journal.* – Vol.26, №2, 2008. P.177...190.

18. *Zhu X.-J., Wu X., Shi X., Xu B.-G.* Framework of personalized clothing visualization // *International Journal of Clothing Science and Technology.* – Vol.29, №3, 2017. P.417...426.

19. *Volino P., Magnenat-Thalmann N.* Accurate garment prototyping and simulation // *Computer-Aided Design and Applications.* – Vol.2, №5, 2005. P.645...654.

20. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Goncharuk E. et al. Qualitative and quantitative evaluation of shape geometry with three-dimensional visualization of the surface of clothing of complex topography // International Forum on Chemical, Biological, Agricultural, Pharmacy and Health Sciences: Conference Proceedings. – Madrid: Professional science, 2017. P.53...58.
21. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantsva V.V., Petrosova I.A. Three-dimensional virtual technology to simulate the garment with a complex surface topography // Science, Technology and Higher Education: materials of the XIII International research and practice conference. – Westwood: Accent Graphics communications, 2017. P.59...68.
22. Baytar F., Ashdown S. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology // The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. – Vol.7, №1, 2015. P.31...52.
23. Apegyei P.R. Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit // International Journal of Digital Content Technology and its Applications. – Vol.4, №7, 2010. P.58...68.
24. McKinney E., Gill S., Dorie A., Roth S. Body-to-Pattern Relationships in Women's Trouser Drafting Methods: Implications for Apparel Mass Customization // Clothing and Textiles Research Journal. – Vol.35, №1, 2016. P.16...32.
25. Yang Y., Zhang W., Shan C. Investigating the development of digital patterns for customized apparel // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.19, №3-4, 2007. P.167...177.
26. Ashdown S.P., Choi M.S., Milke E. Automated side-seam placement from 3D body scan data // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.20, №4, 2008. P.199...213.
27. Kim D.-E. Psychophysical testing of garment size variation using three-dimensional virtual try-on technology // Textile Research Journal. – Vol.86, №4, 2016. P.365...379.
28. Apegyei P.R., Otieno R. Usability of pattern customising technology in the achievement and testing of fit for mass customization // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal. – Vol.11, №3, 2007. P.349...365.
29. Istook C.L., Hwang S.L. 3D body scanning systems with application to the apparel industry // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal. – Vol.5, №2, 2001. P.120...132.
30. Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Особенности построения трехмерной модели манекена для одежды по данным трехмерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015, №2. С.154.
31. Hu P., Li D., Wu G., Komura T., Zhang D., Zhong Y. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.30, №2, 2018. P.159...174.
32. Daanen H., Hong S.-A. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.20, №1, 2008. P.15...25.
33. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка технологии трехмерного сканирования для проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D-моделей одежды. – М.: МГУДТ, 2015.
34. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Анализ методов измерений фигуры человека и систем трехмерного сканирования в легкой промышленности // Дизайн и технологии. – 2012, №30 (72). С.55...59.
35. D'Apuzzo N. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry // Proceedings of SPIE "Videometrics IX", Vol. 6491. – San Jose, USA: The International Society for Optical Engineering, 2007. DOI: 10.1117/12.703785
36. Park S.M., Choi K.M., Nam Y.J., Lee Y.A. Multi-purpose three-dimensional body form // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.23, №1, 2011. P.8...24.
37. Song H.K., Ashdown S.P. Development of Automated Custom-Made Pants Driven by Body Shape // Clothing and Textiles Research Journal. – Vol.30, №4, 2012. P.315...329.
38. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Способ проектирования конструкций одежды на основе совмещения виртуальных образов типовой и индивидуальной фигур / Заявка на изобретение № 2017111453 от 05.04.2017.
39. Гусева М.А., Хмелевская А.Г., Гусев И.Д. Съёмная накладка на типовой манекен для имитации формы поверхности тела индивидуальной фигуры человека / Патент на полезную модель №156812 RU; заявл. 21.05.2015; опубл. 20.11.2015.
40. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Гетманцева В.В., Петросова И.А., Зарецкая Г.П., Гусев И.Д., Калинина Л.М., Корячихина М.А. Съёмная накладка с макетами рук на типовой манекен / Патент на полезную модель №2018121925 от 15.06.2018.

REFERENCES

1. Nayak R., Padhye R., Wang L., Chatterjee K., Gupta S. The role of mass customisation in the apparel industry // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – Vol.8, №2, 2015. P.162...172.
2. Devajaran P., Istook C.L. Validation of Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Software // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. – Vol.4, №5, 2004. P.1...23.
3. Istook C.L. Enabling mass customization: computer-driven alteration methods // International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.14, №1, 2002. P.61...76.
4. Sindicich D.K. Interest and Needs in Men's Business Clothing // Thesis PhD, Marketing. – 2008, Florida State University.

5. Ashdown S.P., Dunne L.A. Study of Automated Custom Fit: Readiness of the Technology for the Apparel Industry // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.24, №2, 2006. P.121...136.
6. Guo Z.X., Wong W.K., Leung S., Li M. Applications of artificial intelligence in the apparel industry: A review // *Textile Research Journal*. – Vol.81, №18, 2011. P.1871...1892.
7. Pan B., Holland R. A mass customized supply chain for the fashion system at the design-production interfaces // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.10, №3, 2006. P.345...359.
8. Andreeva E.G., Lunina E.V., Petrosova I.A. i dr. Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti konstruirovaniya shveynykh izdeliy. – M.: Sputnik+, 2016.
9. Lim J.-Y. Development of men's suit easy-order prototype using cyber fitting 3D avatar // *Fashion & Textile Research Journal*. – Vol.11, №2, 2009. P.308...314.
10. Cordier F., Seo H., Magnenat-Thalmann N. Made-to-measure technologies for an online clothing store // *IEEE Computer Graphics and Applications*. – Vol.23, №1, 2003. P.38...48.
11. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Merchendayzing, otsenka kachestva posadki i vybor gotovoy odezhdy, sootvetstvuyushchey figure potrebitelya v virtual'noy srede // V sb.: *Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk*. – T.2. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017. S.140...145.
12. Guan C., Qin S., Ling W., Ding G. Apparel recommendation system evolution: an empirical review // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.28, №6, 2016. P.854...879.
13. Song H.K., Ashdown S.P. Female Apparel Consumers' Understanding of Body Size and Shape // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.31, №3, 2013. P.143...156.
14. Januszkiewicz M., Parker C.J., Hayes S., Gill S. Online virtual fit is not yet fit for purpose: An analysis of fashion e-commerce interfaces // *Conference 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*. – Montreal, Canada, 2017. DOI: 10.15221/17.210
15. Kim H., Damhorst M.L. The relationship of body-related self-discrepancy to body dissatisfaction, apparel involvement, concerns with fit and size of garments, and purchase intentions in online apparel shopping // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.28, №4, 2010. P.239...254.
16. Lee H.H., Kim J., Fiore A.M. Affective and cognitive online shopping experience: Effects of image interactivity technology and experimenting with appearance // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.28, №2, 2010. P.140...154.
17. Fiore A.M. The Digital Consumer // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.26, №2, 2008. P.177...190.
18. Zhu X.-J., Wu X., Shi X., Xu B.-G. Framework of personalized clothing visualization // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.29, №3, 2017. P.417...426.
19. Volino P., Magnenat-Thalmann N. Accurate garment prototyping and simulation // *Computer-Aided Design and Applications*. – Vol.2, №5, 2005. P.645...654.
20. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Goncharuk E. et al. Qualitative and quantitative evaluation of shape geometry with three-dimensional visualization of the surface of clothing of complex topography // *International Forum on Chemical, Biological, Agricultural, Pharmacy and Health Sciences: Conference Proceedings*. – Madrid: Professional sciences, 2017. P.53...58.
21. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Petrosova I.A. Three-dimensional virtual technology to simulate the garment with a complex surface topography // *Science, Technology and Higher Education: materials of the XIII International research and practice conference*. – Westwood: Accent Graphics communications, 2017. P.59...68.
22. Baytar F., Ashdown S. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology // *The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry*. – Vol.7, №1, 2015. P.31...52.
23. Apeageyi P.R. Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit // *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*. – Vol.4, №7, 2010. P.58...68.
24. McKinney E., Gill S., Dorie A., Roth S. Body-to-Pattern Relationships in Women's Trouser Drafting Methods: Implications for Apparel Mass Customization // *Clothing and Textiles Research Journal*. – Vol.35, №1, 2016. P.16...32.
25. Yang Y., Zhang W., Shan C. Investigating the development of digital patterns for customized apparel // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.19, №3-4, 2007. P.167...177.
26. Ashdown S.P., Choi M.S., Milke E. Automated side-seam placement from 3D body scan data // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.20, №4, 2008. P.199...213.
27. Kim D.-E. Psychophysical testing of garment size variation using three-dimensional virtual try-on technology // *Textile Research Journal*. – Vol.86, №4, 2016. P.365...379.
28. Apeageyi P.R., Otieno R. Usability of pattern customising technology in the achievement and testing of fit for mass customization // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.11, №3, 2007. P.349...365.
29. Istook C.L., Hwang S.L. 3D body scanning systems with application to the apparel industry // *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*. – Vol.5, №2, 2001. P.120...132.
30. Tutova A.A., Petrosova I.A., Guseva M.A., Andreeva E.G. Osobennosti postroeniya trekhmernoy modeli manekena dlya odezhdy po dannym trekhmernogo skanirovaniya // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2015, №2. S.154.
31. Hu P., Li D., Wu G., Komura T., Zhang D., Zhong Y. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D

scanning // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.30, №2, 2018. P.159...174.

32. Daanen H., Hong S.-A. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.20, №1, 2008. P.15...25.

33. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Razrabotka tekhnologii trekhmernogo skanirovaniya dlya proektirovaniya virtual'nykh manekenov figury cheloveka i 3D-modeley odezhdy. – M.: MGUDT, 2015.

34. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Analiz metodov izmereniy figury cheloveka i sistem trekhmernogo skanirovaniya v legkoy promyshlennosti // *Dizayn i technologii*. – 2012, №30 (72). S.55...59.

35. D'Apuzzo N. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry // *Proceedings of SPIE "Videometrics IX"*, Vol. 6491. – San Jose, USA: The International Society for Optical Engineering, 2007. DOI: 10.1117/12.703785

36. Park S.M., Choi K.M., Nam Y.J., Lee Y.A. Multi-purpose three-dimensional body form // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – Vol.23, №1, 2011. P.8...24.

37. Song H.K., Ashdown S.P. Development of Automated Custom-Made Pants Driven by Body Shape // *Clo-*

thing and Textiles Research Journal. – Vol.30, №4, 2012. P.315...329.

38. Guseva M.A., Andreeva E.G., Petrosova I.A. Sposob proektirovaniya konstruktivnykh odezhdy na osnove sovmeshcheniya virtual'nykh obrazov tipovoy i individual'noy figur / Zayavka na izobretenie № 2017111453 ot 05.04.2017.

39. Guseva M.A., Khmelevskaya A.G., Gusev I.D. S"emnaya nakladka na tipovoy maneken dlya imitatsii formy poverkhnosti tela individual'noy figury cheloveka / Patent na poleznuyu model' №156812 RU; zayavl. 21.05.2015; opubl. 20.11.2015.

40. Guseva M.A., Andreeva E.G., Belgorodskiy V.S., Getmantseva V.V., Petrosova I.A., Zaretskaya G.P., Gusev I.D., Kalinina L.M., Koryachikhina M.A. S"emnaya nakladka s maketami ruk na tipovoy maneken / Patent na poleznuyu model' №2018121925 ot 15.06.2018.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 01.11.18.