

УДК 687.016

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ УЗЛА "ПРОЙМА-РУКАВ"*

DIGITAL TWINS OF "ARMHOLE - SLEEVE-IN" JUNCTURES

ВАН СИДА, В.Е.КУЗЬМИЧЕВ

WAN SIDA, V.E. KUZMICHEV

(Хьюань политехнический институт, Китай,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Heyuan Polytechnic (P.R.C.),
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: wkd37@list.ru

Разработан новый алгоритм для проверки сопряжения линий оката втачного рукава и проймы стана женских жакетов. На основе графоаналитического рассмотрения чертежей конструкций жакетов и визуальной оценки качества виртуальных моделей определены количественные критерии для согласования координат парных точек, не приводящие к дефектам посадки. Проведена проверка алгоритма в программе виртуальной примерки 3D Clo и показана возможность прогнозирования и установления причин дефектов посадки. Результаты работы будут использованы для совершенствования модуля виртуальной примерки.

New algorithm of two lines sewing which are belonging to sleeve cup and armhole was developed. Based on graphic analysis of real jacket pattern blocks and visual analysis of virtual jackets, the numerical criteria for concordance of coordinates joined points which are allowing to get good-fitting jackets was established. New algorithm was checked by means of 3D Clo software in terms of prognosis and identification of construction factors leading to appearing of misfit. Results obtained will be used for improving of virtual try-on sewing module.

Ключевые слова: виртуальная примерка, женский жакет, втачной рукав, пройма, посадка, цифровой двойник, 3D Clo.

Keywords: virtual try-on, women jacket, sleeve in, armhole, fit, digital twin, 3D Clo.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Партнерской программы Юбера Кюрьена – А.Н. Колмогорова с участием научно-исследовательских организаций и университетов Франции (уникальный идентификатор проекта: RFMEFI6169X0113).

Виртуальное "сшивание" деталей одежды во время примерки происходит с участием двух линий, которые могут быть разделены на группы: незамкнутые или замкнутые, прямолинейные или криволинейные, укладываемые на плоскости или не укладываемые на плоскости. Соединение двух криволинейных замкнутых линий имеет место при втачивании рукава в пройму и является самым сложным как с позиций проектирования, так и достижения запроектированных показателей внешнего вида и качества посадки [1], [2]. Виртуальное моделирование процесса соединения рукава требует изучения многих факторов, под влиянием которых будет обеспечено необходимое объемно-пространственное положение проймы и рукава.

Выпукло-вогнутую линию оката и вогнутую линию проймы первоначально проектируют на плоскости, конфигурацию которых можно описать разными уравнениями с набором количественно вычисляемых и измеряемых параметров. После переноса из декартовых координат в трехмерное пространство линии изменяют свою конфигурацию и приобретают одинаковую форму под действием сложно-направленного силового поля, описываемую одним уравнением. Для математического моделирования проймы необходима формализация многих факторов: показателей объемно-пространственной формы стана и проймы [3]; величин и распределения прибавок по линии груди, влияющих на разворот плоскости проймы [4]; показателей жесткости пакета материалов полочки и спинки; кривизны исходных линий; показателей анизотропности свойств материалов, поскольку вдоль шва проймы возможны следующие комбинации: уток + уток (в самом широком месте рукава), основа + основа (под проймой), основа + уток (в высшей точке плечевого шва).

Для анализа силового поля, возникающего в верхней части узла "пройма-рукав", мы выделили прямоугольный элемент, моделирующий схемы действия сил "сжатие-растяжение" на спинке (т.А), полочке (т.В) и высшей точке оката (т.С) и который показан на рис. 1.

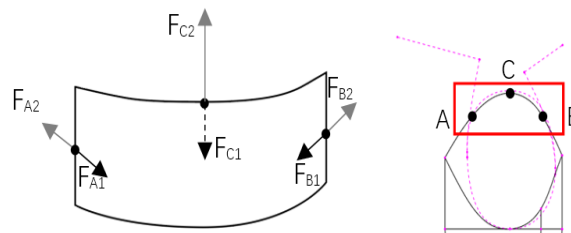


Рис. 1

В каждой выбранной точке будут действовать пары сил растяжения и сжатия со стороны стана (F_{A1} , F_{B1} , F_{C1}) и рукава (F_{A2} , F_{B2} , F_{C2}) и в зависимости от факторов, их вызывающих, они будут иметь разную величину и вызывать появление тех или дефектов стана или рукава. Точка С также находится под действием двух сил F_{C1} и F_{C2} : сила F_{C1} , является реакцией конечной точки плечевого шва и, как правило, постоянна в женских жакетах, а сила F_{C2} зависит от разности высот оката и проймы; эти силы независимы от перечисленных остальных. Возможные варианты силовых полей показаны на рис. 2.

На рис.2-а показано состояние равновесия, в котором, в случае правильной конструкции, будет гарантирована отличная форма оката и ровная поверхность стана. На рис.2-б представлена схема для случая недостаточной ширины оката рукава, равного во величине отрезку АВ, по сравнению с шириной проймы: со стороны стана возникнут реакции значительных по величине сил F_{A2} и F_{B2} . Рукав при недостатке ширины оката будет стремиться покрыть поверхность плеча, что приведет к появлению напряженных поперечных складок и растяжению материала. Складки могут появиться и вдоль проймы. Для их устранения необходимо увеличить ширину оката, чтобы привести в равновесие парные силы $F_{A1} = F_{A2}$, $F_{B1} = F_{B2}$.

На рис. 2-в показана противоположная ситуация, которая может привести к появлению вертикальных складок как на стане, так и рукаве. Этот случай соответствует ширине оката рукава, которая значительно больше допустимого значения.

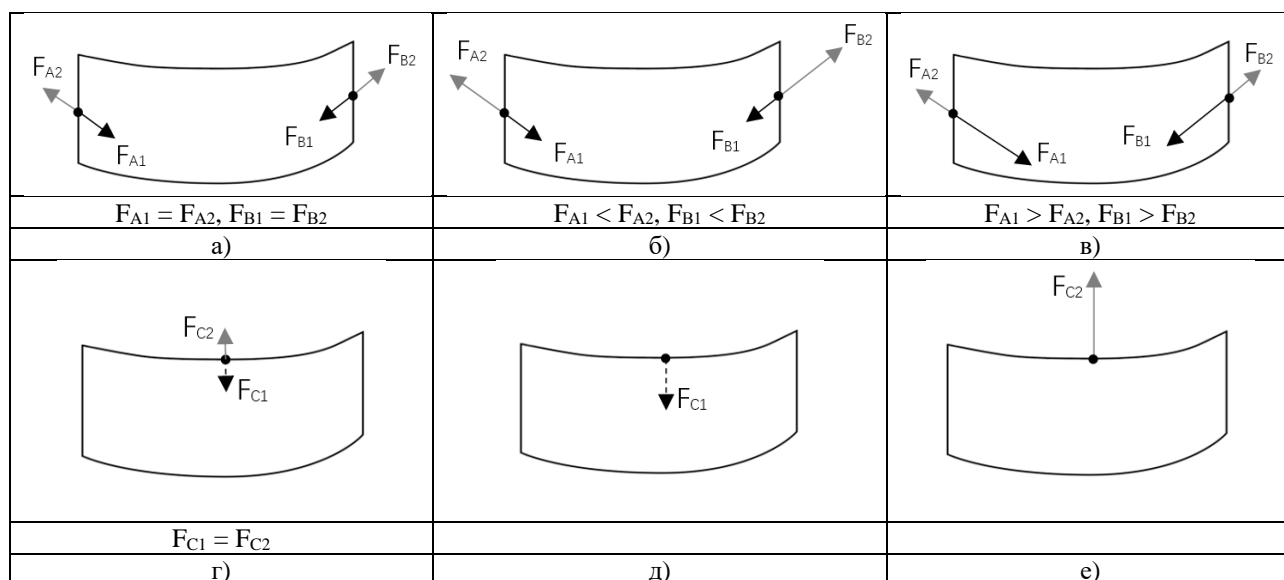


Рис. 2

Состояние равновесие в высшей точке оката показано на рис. 2-г. В случае избыточности высоты оката сила со стороны стана F_{C1} будет вызывать появление горизонтальных мягких складок (рис. 2-д). Увеличение F_{C2} вызвано недостатком высоты оката и появлению вертикальных напряженных складок под влиянием реакции со стороны стана (рис. 2-в).

В современных 3D САПР одежды, имеющих модули для проведения виртуальных примерок, не всегда удается учесть и фор-

мализовать перечисленные факторы и получить реалистичный вид участка проймы. Мы провели эксперимент для проверки модуля виртуального сшивания (sewing module) программы 3D Clo. В пройму женских жакетов с одинаковой длиной ДПР = 46,8 см мы "вшивали" рукава с разными параметрами оката (высотой ВОР, шириной ШОР и посадкой ПОР) для того, чтобы убедиться в способности программы идентифицировать заведомо дефектные конструкции:

варианты рукавов	ВОР, см	ШОР, см	ПОР, см
1 (качественный)	16,11	16,65	2,22
2 (некачественный с недостаточной ВОР)	15,38	15,87	0,06
3 (некачественный с очень большими ВОР, ШОР, ПОР)	17,4	19,22	8,08

На рис. 3 показаны исходные схемы чертежей рукава и проймы стана для трех вариантов рукавов с указанными параметрами и внешний вид виртуальных жакетов в программе 3D Clo.

Из рис. 3-б,в видно, что форма и поверхность виртуальных рукавов и участков стана около проймы не соответствуют тем параметрам дефектов, которые возникли бы в реальных рукавах. Например, вариант 2 (рис. 3-б) имеет дефекты стана, а рукав с недостаточной ВОР сохраняет ровную поверхность. Вариант 3 (рис. 3-в) не имеет

сборок и складок по окату, которые неизменно должны были появиться при столь большой ПОР. Поэтому можно утверждать, что программное обеспечение sewing module не учитывает те конструктивные факторы, которые должны повлиять на внешний вид рукавов.

Нами поставлена задача по разработке исходных баз данных, с помощью которых можно было бы проверять параметры линий проймы и оката перед их совмещением и прогнозировать появление дефектов посадки.

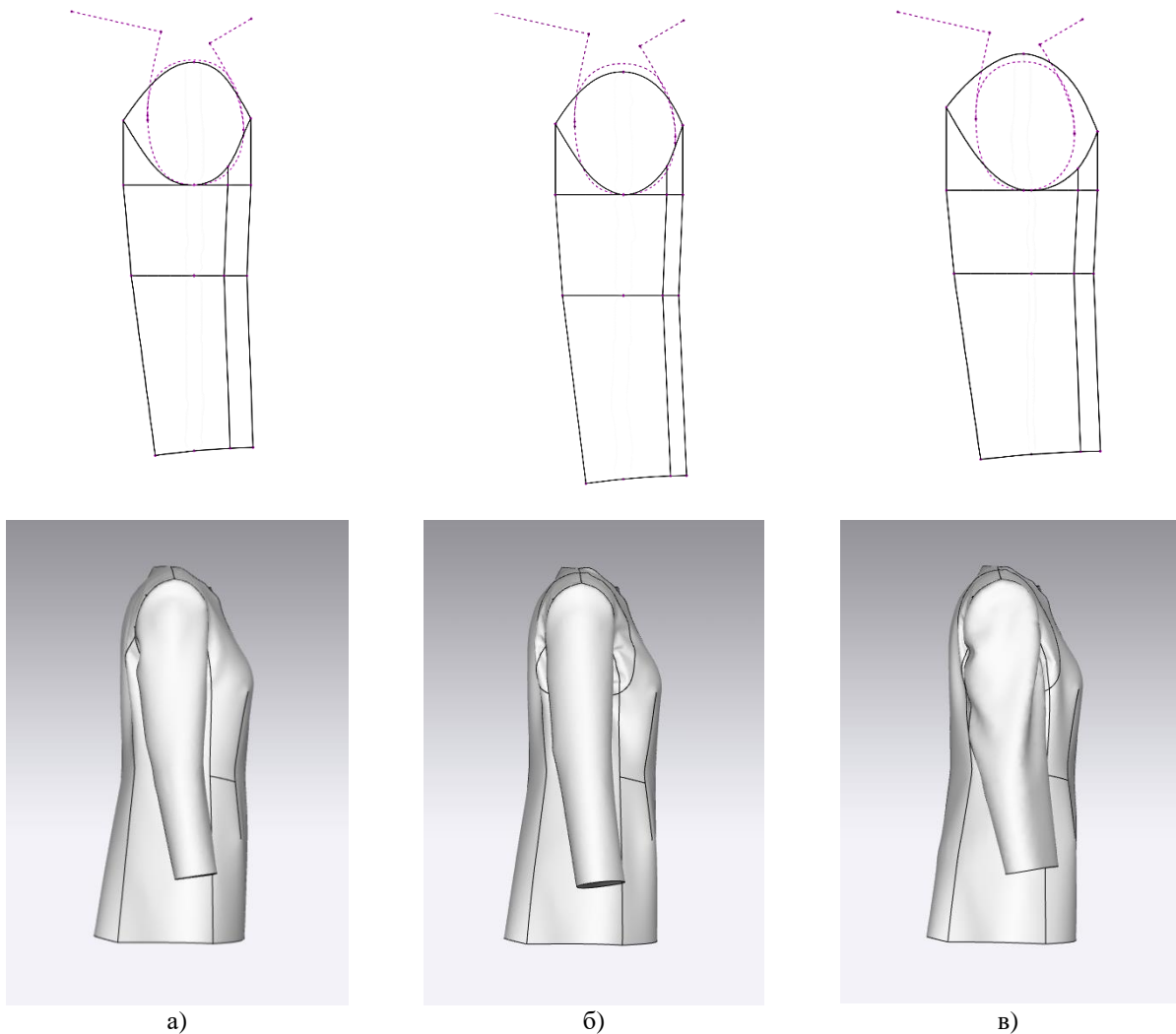


Рис.3

В качестве обучающей выборки мы использовали чертежи конструкций женских классических жакетов, собранных из опубликованных в 2006-2018 гг. изданий ("Lady Boutique", "Female", "Style Book", "Shang Hai Style", Япония - Китай), которые были параметризованы с помощью САПР ЕТ. Чертежи были разработаны для женской фигуры, см: $P = 160$; $O_{г3} = 84$; $O_{г} = 68$; $O_6 = 90$; $D_{рук} = 50.5$; $O_{п} = 25.8$; $O_{лок} = 22.1$; $O_{зап} = 15$.

Для разработки условий, выполнение которых гарантировало бы беспрепятственное втачивание рукава в пройму, мы использовали подход, сформулированный ранее в работе [6] и заключающийся в установлении допустимых границ взаимного расположения монтажных точек оката и проймы после совмещения двух линий на плоскости. Разработка новой базы данных включала следующие этапы.

1. Параметризация линии проймы чертежа стана.
 2. Параметризация линии оката чертежа рукава.
 3. Параметризация совмещенных линий проймы и оката на чертежах стана и рукава.
 4. Виртуальное "сшивание" деталей чертежей жакетов.
 5. Визуальный анализ и выбор виртуальных жакетов с качественной посадкой.
 6. Разработка схемы параметризации виртуальной линии шва проймы.
 7. Формирование базы данных.
- Этапы 1-3* выполнены по методике кафедры конструирования швейных изделий ИВГПУ [5].
- На *этапе 4* использована программа 3D Clo. Схема этапа 4 показана на рис. 4.

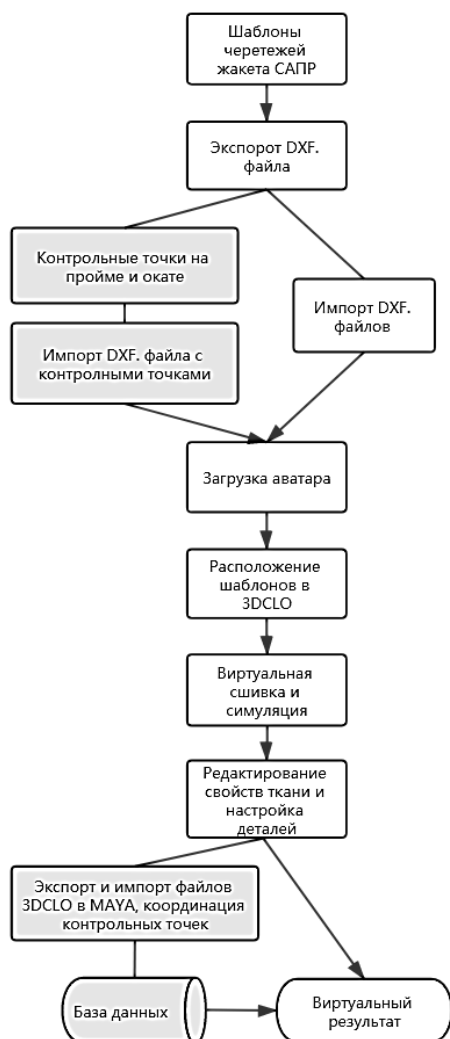


Рис. 4

На *этапе 5* показателями качества посадки выбраны: ровная поверхность рукава, соответствие формы рукава положению свободно опущенной руки, отсутствие складок на стане под проймой. По этим показателям виртуальных рукавов было отобрано 82 чертежа со следующими конструктивными прибавками: $P_{Cr3} = 3,74-9,56$; $P_{спр} = 3,8-8,7$; $P_{оп} = 3,64-12,27$; $P_{олок} = 6,02-14,63$; $P_{озап} = 8,96-18,72$. Посадка по окату рукава составила 1,5-5,13 см (3,2-11,2%).

На *этапе 6* для параметризации линии шва проймы в пространстве были выбраны следующие условия. В качестве начальной точки с координатами $x, y, z \{0.0.0\}$ выбрана плечевая точка аватара фигуры, через которую и передний и задний углы подмышечной впадины проводили плоскость. На рис. 5 представлена модель формирования цифрового двойника проймы.

Эта плоскость соответствует естественному развороту в пространстве линии сочленения руки и туловища (рис. 5-а). В качестве допущения было принято, что после втачивания рукава линия шва проймы будет лежать в плоскости. Расположение трех плоскостей, принадлежащих аватару (исходная), линии оката чертежа рукава (промежуточная) и линии шва проймы (окончательная) относительно друг друга, показано на рис. 5-б. Например, на рис. 5-б высшая точка проймы уже расположена выше плечевой точки (координата y имеет положительное приращение) и ниже ее (координата x имеет положительное приращение).

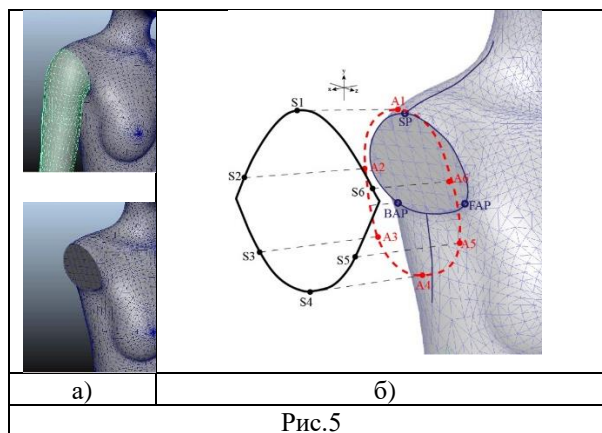


Рис.5

Для согласования положения в пространстве использовали шесть пар точек на линиях проймы (A) и оката рукава (S) со следующими индексами: 1 – высшая точка проймы и оката, 2 – вершина локтевого переката, 3 – вспомогательная точка на границе участка полной накладываемости нижней части рукава на пройму до втачивания со стороны спинки, 4 – низшая точка проймы и оката, 5 – вспомогательная точка на границе участка полной накладываемости нижней части рукава на пройму до втачивания со стороны полочки, 6 – вершина переднего переката.

На *этапе 7* на основе визуального анализа виртуальных жакетов определили допустимые координаты для выбранных пар точек и критерии Δ , обеспечивающие качественную посадку рукава. В табл. 1 в виде дробей приведены: в числителе - координаты точек на линии проймы стана, а в знаменателе - координаты соответствующих

им точек на шве проймы, а также допустимые критерии, не приводящие к появлению

дефектов посадки в женских жакетах для размерного варианта фигуры 160–84–68.

Т а б л и ц а 1


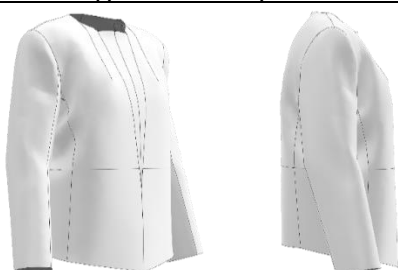
№	Номинальные координаты точек (в числителе – на линии проймы, в знаменателе – на линии оката), см, и допустимые отклонения от них в виде критериев Δ , не приводящие к появлению дефектов					
	для фронтальной проекции		для фронтальной и профильной проекций		для профильной проекции	
	x	Δx	y	Δy	z	Δz
$\underline{A_1}$	$\underline{-(0,26...1,78)}$	$\underline{-1,02 \pm 0,76}$	$\underline{0,58...1,03}$	$\underline{0,8 \pm 0,22}$	$\underline{0,26...0,99}$	$\underline{0,63 \pm 0,37}$
S_1	$\underline{-1,73...+0,04}$	$\underline{-0,88 \pm 0,85}$	$\underline{1...1,67}$	$\underline{1,33 \pm 0,34}$	$\underline{-(0,1...0,81)}$	$\underline{-0,46 \pm 0,35}$
$\underline{A_2}$	$\underline{-(0,13...1,03)}$	$\underline{-0,58 \pm 0,45}$	$\underline{-(6,54...8,76)}$	$\underline{-7,65 \pm 1,11}$	$\underline{-(5,93...6,52)}$	$\underline{-6,22 \pm 0,3}$
S_2	$\underline{0,33...1,15}$	$\underline{0,74 \pm 0,41}$	$\underline{-(6,22...8,49)}$	$\underline{-7,35 \pm 1,14}$	$\underline{-(6,94...7,69)}$	$\underline{-7,32 \pm 0,37}$
$\underline{A_3}$	$\underline{-(0,06...1,86)}$	$\underline{-0,96 \pm 0,9}$	$\underline{-(13,11...16,58)}$	$\underline{-14,84 \pm 1,73}$	$\underline{-(0,79...5,07)}$	$\underline{-2,93 \pm 2,14}$
S_3	$\underline{1,76...3,61}$	$\underline{2,68 \pm 0,93}$	$\underline{-(12,43...16,5)}$	$\underline{-14,46 \pm 2,03}$	$\underline{-(2,78...6,04)}$	$\underline{-4,41 \pm 1,63}$
$\underline{A_4}$	$\underline{-2,61...+0,45}$	$\underline{-1,08 \pm 1,53}$	$\underline{-(15,08...17,59)}$	$\underline{-16,33 \pm 1,25}$	$\underline{-0,64...0,74}$	$\underline{0,05 \pm 0,69}$
S_4	$\underline{3,02...4,29}$	$\underline{3,65 \pm 0,64}$	$\underline{-(14,61...17,41)}$	$\underline{-16,01 \pm 1,4}$	$\underline{-(0,18...2,23)}$	$\underline{-1,21 \pm 1,03}$
$\underline{A_5}$	$\underline{-1,16...+0,61}$	$\underline{-0,28 \pm 0,88}$	$\underline{-(12,05...16,65)}$	$\underline{-14,35 \pm 2,3}$	$\underline{1,25...5,41}$	$\underline{3,33 \pm 2,08}$
S_5	$\underline{2,79...3,84}$	$\underline{3,32 \pm 0,53}$	$\underline{-(11,81...16,96)}$	$\underline{-14,38 \pm 2,58}$	$\underline{-0,85...+3,71}$	$\underline{1,43 \pm 2,28}$
$\underline{A_6}$	$\underline{0,12...0,9}$	$\underline{0,51 \pm 0,39}$	$\underline{-(7,32...9,47)}$	$\underline{-8,39 \pm 1,08}$	$\underline{5,82...6,26}$	$\underline{6,04 \pm 0,22}$
S_6	$\underline{1,54...2,44}$	$\underline{1,99 \pm 0,45}$	$\underline{-(6,92...9,26)}$	$\underline{-8,09 \pm 1,17}$	$\underline{4,17...4,79}$	$\underline{4,48 \pm 0,31}$


П р и м е ч а н и е. Знак "+" означает положение точки на положительной оси, а знак "-" на отрицательной.

Если расстояния между координатами точек рукава и проймы перед виртуальной примеркой будет превышать указанные в табл. 1 значения Δ , то возникнут дефекты посадки. В табл. 2 приведены несколько ва-

риантов виртуальных (слева) и материальных (справа) жакетов с дефектами и указаны соотношения расстояний между координатами парных точек и критериями.

Т а б л и ц а 2

Расстояния между номинальными и фактическими координатами точек			Внешний вид жакета и причины дефекта
$\Delta x_{s1} > \Delta x$ $\Delta x_{s2} = \Delta x$ $\Delta x_{s3} > \Delta x$	$\Delta y_{s1} > \Delta y$ $\Delta y_{s2} > \Delta y$ $\Delta y_{s3} = \Delta y$	$\Delta z_{s1} > \Delta z$ $\Delta z_{s2} > \Delta z$ $\Delta z_{s3} = \Delta z$	 <p>Излишняя высота оката рукава, приводящая к образованию складок под проймой и изменению его расположения во фронтальной проекции</p>
$\Delta x_{s1} < \Delta x$ $\Delta x_{s6} = \Delta x$	$\Delta y_{s1} < \Delta y$ $\Delta y_{s6} = \Delta y$	$\Delta z_{s6} = \Delta z$ $\Delta z_{s6} < \Delta z$	 <p>Излишняя длина переднего шва, приводящая к возникновению складок на полочке, вдоль переднего сгиба и изменению расположения рукава в профильной проекции</p>

$\Delta x_{s1} < \Delta x$ $\Delta x_{s2} < \Delta x$ $\Delta x_{s3} = \Delta x$ $\Delta x_{s4} = \Delta x$ $\Delta x_{s5} < \Delta x$ $\Delta x_{s6} < \Delta x$	$\Delta y_{s1} < \Delta y$ $\Delta y_{s2} < \Delta y$ $\Delta y_{s3} < \Delta y$ $\Delta y_{s4} < \Delta y$ $\Delta y_{s5} < \Delta y$ $\Delta y_{s6} < \Delta y$	$\Delta z_{s1} > \Delta z$ $\Delta z_{s2} > \Delta z$ $\Delta z_{s3} = \Delta z$ $\Delta z_{s4} = \Delta z$ $\Delta z_{s5} = \Delta z$ $\Delta z_{s6} < \Delta z$	
			Недостаточная ширина оката

Из табл. 2 видно, что причинами дефекта одновременно могут быть несколько конструктивных факторов, относящихся к разным точкам, но благодаря установленным количественным критериям их взаимного положения они могут быть обнаружены.

Проверка предложенного алгоритма путем изготовления материальных жакетов показала, что разработанные критерии позволяют идентифицировать причины появления дефектов посадки.

Таким образом, на основе графоаналитического анализа чертежей конструкций и визуальной оценки виртуальных объектов нами определены условия сопряжения линий проймы и окатов женских классических жакетов, достаточные для получения реалистичных цифровых двойников узла "пройма-рукав" и установления причин возникновения дефектов посадки.

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм для сопряжения линий проймы стана и оката втачного рукава при виртуальных примерках.

2. Разработана база данных для идентификации причин дефектов посадки рукава в пройме и генерирования реалистично выглядящих цифровых двойников узла "пройма-рукав", выявления причин и прогнозирования появления дефектов посадки женских жакетов с разными объемно-силуэтными формами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сударушкина Ю.В. Разработка метода проектирования мужской верхней одежды из тканей с линейно-графическим орнаментом: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2004.
2. Чень Цянь. Разработка информационного обеспечения для проектирования узла "пройма – рукав" в мужском пиджаке: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2007.
3. Пат. 7,079,134 США, МПК В2(45). Three-dimensional digital method of designing clothes / Alexandre Keung-Lung Kung; Arnaud Fernand Philippe Gabriel Mandard, заявитель и патентообладатель Le Vesinet (FR). - Заявл.18.07.2006
4. Го М. Разработка технологии виртуального проектирования одежды с элементами симуляции комфортности: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2015.
5. Кузьмичев В.Е., Ахмедулова Н.И., Юдина Л.П. Основы теории системного проектирования костюма / Под науч. ред. В. Е. Кузьмичева. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018.
6. Ло Ю. Конструктивное обоснование трехмерного проектирования виртуальных систем "фигура-одежда": Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2011.

REFERENCES

1. Sudarushkina Yu.V. Razrabotka metoda proektirovaniya muzhskoy verkhney odezhdy iz tkaney s lineyno-graficheskim ornamentom: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2004.
2. Chen' Tsyang'. Razrabotka informatsionnogo obespecheniya dlya proektirovaniya uzla "proyma – rukav" v muzhskom pidzhake: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2007.
3. Pat. 7,079,134 SShA, MPK B2(45). Three-dimensional digital method of designing clothes / Alexandre Keung-Lung Kung; Arnaud Fernand Philippe Gabriel Mandard, zayavitel' i patentoobladatel' Le Vesinet (FR). - Zayavl.18.07.2006

4. Go M. Razrabotka tekhnologii virtual'nogo proektirovaniya odezhdy s elementami simulyatsii komfortnosti: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2015.

5. Kuz'michev V.E., Akhmedulova N.I., Yudina L.P. Osnovy teorii sistemnogo proektirovaniya kostyuma / Pod nauch. red. V. E. Kuz'micheva. – 3-e izd., ispr. i dop. – M. : Izdate'l'stvo Yurayt, 2018.

6. Lo Yu. Konstruktivnoe obosnovanie trekh-mer-nogo proektirovaniya virtual'nykh sistem "figura-odezhda": Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2011.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 24.07.19.
