

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОСАДКИ ОДЕЖДЫ
НА ВИРТУАЛЬНЫХ ДВОЙНИКАХ ЖЕНСКИХ ФИГУР***

**PREDICTION OF CLOTHING FIT BY MEANS
OF DIGITAL TWIN OF FEMALE BODIES**

СЯ ПЭН, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

XIA PENG, V.E. KUZMICHEV

(Уханьский текстильный университет, Китайская Народная Республика,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Wuhan Textile University, People's Republic of China,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: 1347507286@qq.com; wkd37@list.ru

Разработана методика прогнозирования дефектов посадки на основе результатов анализа плоских чертежей конструкций и построения рендеров одежды на цифровых двойниках женских фигур. Методика основана на использовании новой совокупности размерных признаков и графических приемов анализа чертежей стана. Определены критерии для проверки адекватности участков цифрового двойника фигуры и рендера одежды, от которых зависит качество посадки, и выполнено их сравнение с материальными объектами. Проведена проверка методики в программных средах ETCAD, CLO3D и Rhinoceros на примере женских блузок.

The method of misfit predicting which based on the results of flat pattern block evaluation, clothing renders and digital twin of female bodies has been proposed. New combination of body measurements and graphic rules of pattern block analyzing were used. Criteria of adequacy between bearing areas of digital twin and render were created and compared one for real bodies and clothing. Evaluation of new method has been done by applying of software ETCAD, CLO3D, and Rhinoceros for pattern blocks of women blouses.

Ключевые слова: размерные признаки, посадка, цифровой двойник, женская фигура, виртуальная примерка.

Keywords: body measurements, fit, digital twin, female body, virtual try-on.

Чертежи конструкций являются базисом для производства одежды. Несмотря на большое количество руководств по построению чертежей, не все они могут быть применены для кастомизации одежды в условиях виртуальной реальности (VR) [1]. В виртуальной реальности (VR), реализуемой в

технологиях CLO3D, Marvelous Designer, Optitex, DC Suite, существуют структурные проблемы, возникающие во время примерок оболочек из внешне благополучных чертежей: нивелирование дефектов посадки, незапроектированное распределение прибавок и другие явления. Эти ситуации вы-

* 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).

зывают необходимость изучения и прогнозирования причин дефектов, особенно при наличии явных различий между реальной одеждой и ее аналогами в VR. Часто виртуальная примерка не позволяет выявить все конструктивные ошибки чертежей, особенно те, которые ответственны за появление дефектов посадки, по ряду причин: недостаточности обучающих выборок, сформированных в программах виртуальной реальности; отсутствия формализованных зависимостей между особенностями морфологии и приемами модификации чертежей [2]. Следовательно, для улучшения виртуальной симуляции и получения реалистично выглядящих рендеров одежды необходимо разработать алгоритм квалиметрии чертежей конструкций и определить численные значения критериев.

В качестве объекта исследований были выбраны чертежи женской блузки для отработки тех условий, несоблюдение которых приводит к балансовым нарушениям и проблемам с посадкой в виртуальной среде. Для моделирования условий возникновения дефектов посадки были выбраны цифровые двойники систем "фигура - блузка", создаваемые из аватаров и рендеров блузок.

Обучающая выборка была сформирована из 122 чертежей женских блузок. Все чертежи были оцифрованы с помощью ETCAD и разделены сначала по фронтальным силуэтам X, H, A, а затем – по объемности формы на прилегающие, полуприлегающие и свободные. После параметризации чертежей была сформирована исходная база данных о всех вариантах объемно-силуэтных форм блузок [3].

Для проведения виртуальных примерок был сгенерирован аватар женской фигуры в программе CLO3D с контролируемыми размерными признаками, отвечающими за качество посадки одежды и характеризующие положение антропометрических точек в области верхнего плечевого пояса. На рис.1 (основные измерения аватара женской фигуры: BNP, SNP, FNP – соответственно шейные точки сзади, сбоку и спереди; BP – выступающая точка грудных желез; SP – плечевая точка; BAP, FAP – соответственно задний и передний углы

подмышечных впадин; FWP, BWP – соответственно центральные точки на талии спереди и сзади; FBP – точка посередине между BP: 1 – обхват груди третий; 2 – обхват талии; 3 – обхват бедер; 4 – обхват шеи; 5 – ширина плечевого ската; 6 – расстояние между плечевыми точками на спине; 7 – длина линии сочленения руки с торсом; 8 – обхват плеча; 9 – длина спины до талии; 10 – длина FNP-FBP-FWP; 11 – длина FNP-BP-FWP; 12 – длина талии спереди; 13 – длина SP-FAP-FW; 14 – расстояние от линии талии до точки основания шеи сбоку; 15 – высота плеча косая (SP-BWP); 16 – длина SP-BAP-BWP) показаны схемы измерения 16 размерных признаков для параметризации торса аватара, часть которых упомянута в работах [4], [5].

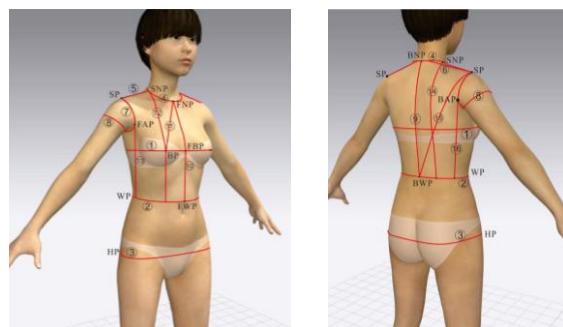


Рис. 1

Поскольку качество посадки стана одежды зависит от адекватности конфигурации ее деталей пластике верхней опорной поверхности фигуры, то для прогнозирования посадки мы выбрали аналогичные участки аватара, рендера блузки и чертежа для их сравнительного анализа и проверки соответствия друг другу: 1) линии обхвата шеи и горловины стана, 2) проекции линий, соединяющие точку основания шеи и плечевую точку, и плечевые линии стана. Поиск критериев качества посадки был проведен для этих участков с использованием размерных признаков 4, 5, 9 – 14, 16.

Алгоритм прогнозирования дефектов посадки стана включал следующие этапы:

- 1) получение развертки опорной поверхности аватара,
- 2) определение положения уровней линии талии аватара и рендера блузки,

3) определение причин возникновения дефектов посадки после совместного анализа чертежей конструкций и аватара,

4) разработка критериев возникновения дефектов,

5) разработка схем устранения дефектов.

(1) На рис. 2 (схема разворачивания спинки и полочки относительно торса аватара (обозначение отрезков соответствует размерным признакам на рис. 2)) показана схема согласования размерных признаков аватара и параметров чертежей стана с помощью расстояний между SP и FWP, SNP и

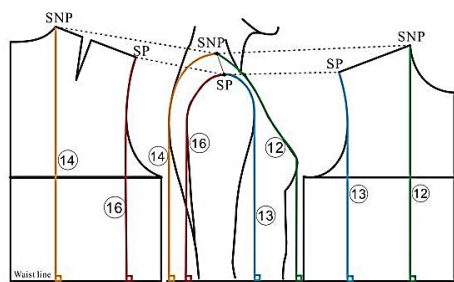


Рис. 2

(2) Для расположения рендера блузки на аватаре необходимо скоординировать оба объекта друг относительно друга. Аватар импортировали в программную среду Rhinosegos для генерирования и трехмерного моделирования рендеров блузок. Мы выбрали два уровня талии – антропометрический на аватаре и конструктивный на чертеже, поскольку они являются базовыми для оценки 2D- и 3D-моделей. Согласование по высоте одноименных уровней, принадлежащих разным объектам, можно выполнить, если известны величины двух конструктивных прибавок; к размерному признаку "Дли-

на спины до талии" и конструктивному отрезку "Высота горловины спинки". Как правило, обе прибавки неизвестны для чертежа модельной конструкции блузки. Поэтому мы разработали метод нахождения уровней талии на обоих объектах (рис. 4 – схема определения положения конструктивной линии талии WL на чертеже (а), рендере блузки, сгенерированный из чертежей в CLO3D (б), и прибавки к длине спины до талии на рендере блузки в виде треугольной оболочки в Rhinoceros (в)).

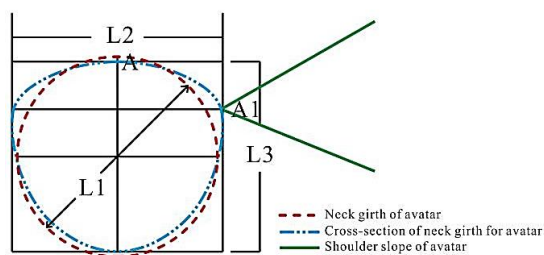
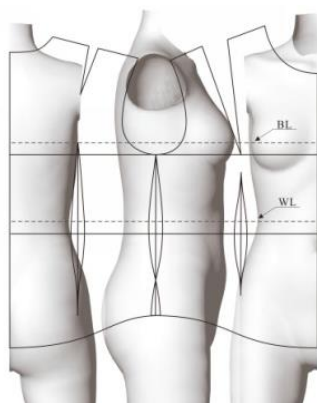
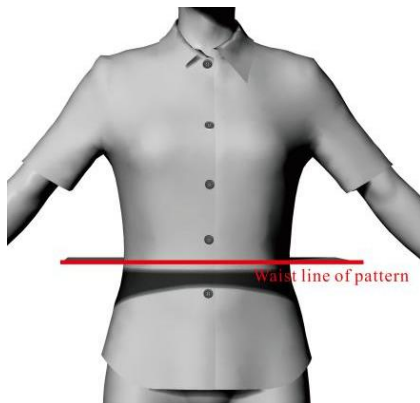


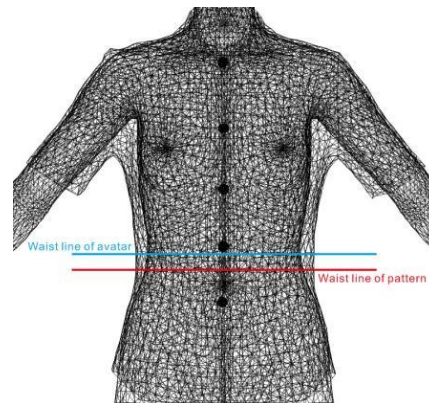
Рис. 3



а)



б)



в)

Рис. 4

На чертеже конструкции конструктивный уровень линии талии определяли с помощью размерного признака "Расстояние от FNP до линии талии через выступающую точку грудных желез ВР" и положению самых широких мест талиевых выгачек (рис. 4-а). Затем рендер блузки в виде сплошной оболочки был сгенерирован из чертежей конструкций на аватаре в программе CLO3D (рис. 4-б), а затем – в виде прозрачной триангуляционной сетки после экспортирования файла в Rhinoceros (рис. 4-в) [6]. Антропометрический уровень талии аватара был определен как самое узкое место торса через прозрачную сетку.

Таким образом, после одевания аватара были определены положения двух уровней талии – антропометрического и конструктивного – и расстояние между ними, равное прибавке к размерному признаку "Длина спины до талии".

(3) Мы изменили схему проверки чертежей за счет изменения положения полочки и спинки относительно замкнутой линии горловины, чтобы расположить сечение шеи внутри замкнутой линии горловины с соблюдением ранее вычисленной прибавки к размерному признаку "Длина спины до талии". Сечение шеи и развернутые на плоскости плечевые линии аватара могут располагаться по-разному, в зависимости от величины прибавки $P_{Дтс}$. Поэтому отсутствие или появление дефектов посадки будут зависеть от взаимного положения двух замкнутых линий – шеи и горловины – и угловой разности между плечевыми линиями чертежа и аватара. На рис. 5 показаны возможные варианты взаимного расположения идентичных линий аватара и чертежа и внешний вид виртуальных систем, ответственных за качество посадки, и их влияние на возникновение дефектов посадки в виртуальной среде.

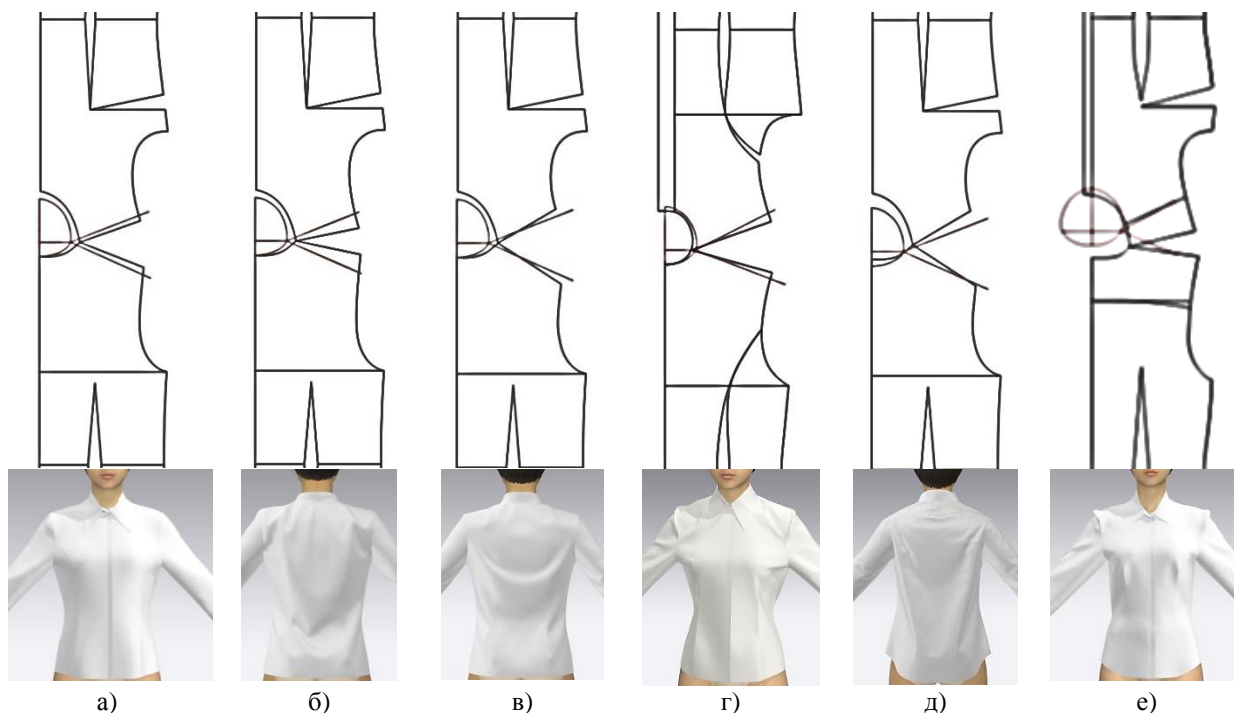


Рис. 5

Вариант на рис. 5-а показывает, что сечение шеи аватара располагается внутри линии горловины, а плечевые линии аватара и стана параллельны. Выполнение этих условий означает, что чертеж адекватен морфо-

логическим особенностям фигуры, а рендер имеет хорошую посадку. Вариант на рис. 5-б сохраняет корректное расположение линий шеи и горловины, однако отсутствует параллельность идентичных плечевых линий,

что (в случае отсутствия плечевых накладок) может привести к непараллельности бортов и появлению вертикальных складок на полочках и спинке. Оба варианта чертежей на рис. 5-в,г однозначно приведут к появлению дефекта "расхождение краев бортов". В варианте на рис. 5-д будут присутствовать сразу несколько дефектов посадки: горизонтальные складки на спинке под воротником и пространственная нестабильность бортов.

На основе этих закономерностей мы перешли к этапу прогнозирования дефектов посадки.

(4) Для расчета критериев качества посадки были выбраны следующие показатели:

$\Sigma\alpha_B$ – угол между плечевыми линиями развертки аватара, град, вычисляемый по раз-

мерным признакам 12,13,14,16; $\Sigma\alpha_{PB}$ – сумма углов наклона плечевых линий на чертеже, град; $O_{ш}$ – обхват шеи, см; NL – длина линии горловины чертежа, см; BL_{PB} – длина средней линии спинки до талии, см; $D_{тс}$ – длина спины до талии, см; FL_{PB} – длина средней линии полочки до талии, см; $D_{тп}$ – длина FNP - FBP - FWP, см.

Путем проверки чертежей из обучающей выборки были определены численные значения критериев, которые приводят к появлению дефектов посадки. В табл. 1 приведены численные значения критериев для двух вариантов блузок: реальных [7], [8] и их рендеров, которые были сгенерированы нами при виртуальном моделировании.

Т а б л и ц а 1

Зона контакта аватара и рендера	№	Показатель	Условия проверки	Критерии качественной посадки		Пример дефекта (рис.5)
				рендеров в Rhinoceros	материальных блузок	
Плечевой пояс	1	$\Delta_1 = \Sigma\alpha_B - \Sigma\alpha_{PB}$	$\Sigma\alpha_B > \Sigma\alpha_{PB}$	$\leq 22^\circ$	$\leq 14...16^\circ$ [9]	б
			$\Sigma\alpha_B < \Sigma\alpha_{PB}$	$\leq 20^\circ$	$\leq 10...12^\circ$ [9]	в
Горловина	2	$\Delta_2 = NL - O_{ш}$	$O_{ш} < NL$	$\leq 5,5$ см	$\leq 2...2,5$ см [8]	г
	3	$\Delta_3 = BL_{PB} - D_{тс}$	$D_{тс} < BL_{PB}$	$\leq 2,5$ см	$\leq 0,9...1,2$ см [8]	д
	4	$\Delta_4 = FL_{PB} - D_{тп}$	$D_{тп} < FL_{PB}$	$\leq 3,5$ см	$\leq 1,5...1,8$ см [8]	е

Видно, что установленные значения критериев для виртуальных рендеров в несколько раз превышают те, которые подтверждены практикой реального конструирования [7], [8]. Такая разница свидетельствует о недостаточности программ, моделирующих поведение текстильных материалов как триангуляционных оболочек на поверхности фигуры. В среднем значения критериев для виртуальных объектов превышают аналоги для материальных объектов в 1,4...2,3 раза, при этом существующее программное обеспечение игнорирует малые величины различий и не идентифицирует их как дефекты. Безусловно, что информационное содержание Rhinoceros в части конструкторского прогнозирования дефектов посадки требует корректировки с учетом показателей свойств материалов.

(5) Рассмотрим пример использования разработанного алгоритма для устранения возможных дефектов посадки. На рис. 6 (кор-

ректировка чертежей конструкций после проведения виртуальной примерки: а) – исходные чертеж и рендер; б) – откорректированные чертеж и рендер) показана схема чертежа конструкции блузки, в котором после совмещения с антропометрическими участками цифрового двойника фигуры выявлены следующие особенности:

- плечевые линии чертежа и аватара непараллельны, $\Sigma\alpha_B > \Sigma\alpha_{PB}$;
- точка SNP расположена ниже линии горловины;
- прибавки к высотам горловины спинки $P_{Bтс}$ и полочки $P_{Bтп}$ не согласованы между собой ($P_{Bтс} > P_{Bтп}$).

После генерирования рендера блузки в программе CLO3D на ее поверхности появились дефекты в виде складок: вертикальных на полочке под выступающими точками грудных желез и горизонтальной на спинке в области талии (рис.6-а).

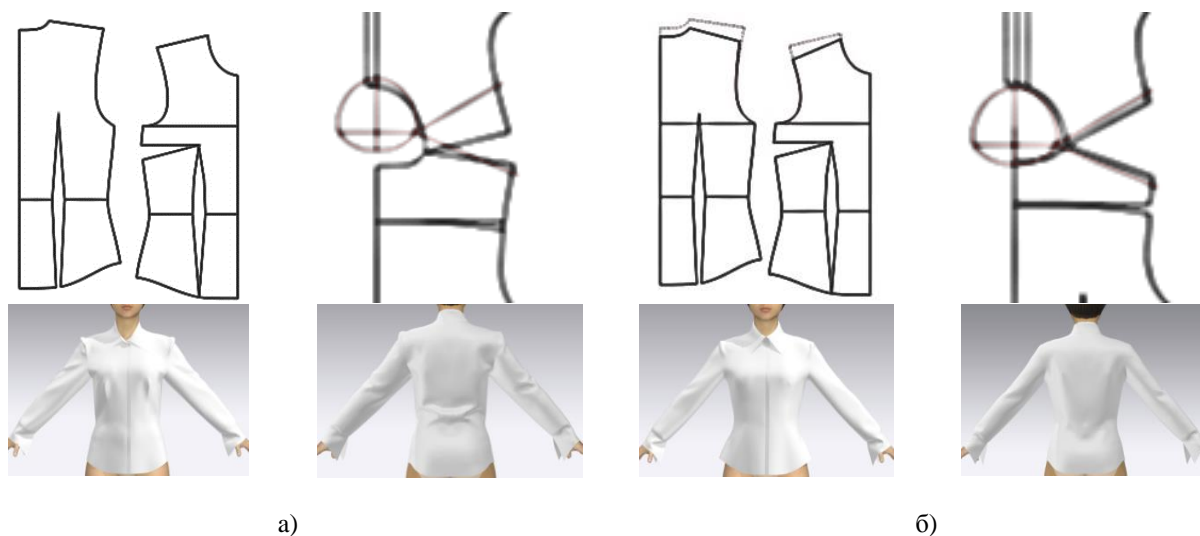


Рис. 6

Для устранения перечисленных дефектов в чертеж конструкции внесены следующие изменения:

- уменьшен наклон плечевых линий для достижения равенства $\Sigma\alpha_B = \Sigma\alpha_{PB}$;
- удлинена линия проймы;
- переоформлена линия горловины за счет удлинения средней линии спинки ($P_{Brc}=0$) и увеличения высоты горловины полочки ($P_{Bnp} = 0,5$ см).

Как видно из рис. 6-б, после таких изменений рендер блузки уже не имеет дефектов посадки, а его внешний вид стал качественным.

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм прогнозирования качества посадки женских блузок на цифровых двойниках женских фигур на основе графического анализа чертежей и участков опорной поверхности.

2. Определены численные значения критериев для прогнозирования дефектов посадки в виртуальной среде Rhinoceros, с помощью которых можно оценивать качество чертежей до материальной реализации дизайна. Показано, что аналогичные критерии для материальных блузок и их виртуальных рендеров отличаются на 40...130%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Liu Y.J., Zhang D.L., Yuen M.M.F. A survey on CAD methods in 3D garment design // *Computers in Industry*. – V. 61, 6, 2010. P. 576...593.
2. Guo M., Kuzmichev V.E., Dominique C.A. Human-friendly design of virtual system "female body-dress" // *Autex Research Journal*. – V. 15, 1, 2015. P.19...29.
3. Zhang W.B. Pattern making for fashion design. - Beijing: China Textile and Apparel Press. – 2010. P.68...70.
4. Yang Y.C., Zhang W.Y. Prototype garment pattern flattening based on individual 3D virtual dummy // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – V. 19, 5, 2007. P. 334...348.
5. Gu B.F., Liu G.L., Xu B.G. Individualizing women's suit patterns using body measurements from two-dimensional images // *Textile Research Journal*. – V. 87, 6, 2016. P. 1...13.
6. Chen C.M. Fit evaluation within the made-to-measure process // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – V. 19, 2, 2006. P. 131...144.
7. 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.: Изд-во Юрайт, 2018. – (Серия: Бакалавр. Академический курс). <https://biblio-online.ru/book/osnovy-teorii-sistemnogo-proektirovaniya-kostyuma-412183>
8. Yan Jiaq, Kuzmichev V.E., Zhan S.C., Adolphe D.C. New database for improving virtual system "body-dress"// Jiaqi Yan, // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 17th World Textile Conference AUTEX 2017- Textiles - Shaping the Future / volume 254, 2017, 172029. doi:10.1088/1757-899X/254/17/172029*

REFERENCES

1. Liu Y.J., Zhang D.L., Yuen M.M.F. A survey on CAD methods in 3D garment design // *Computers in Industry*. – V. 61, 6, 2010. P. 576...593.
2. Guo M., Kuzmichev V.E., Dominique C.A. Human-friendly design of virtual system "female body-dress" // *Autex Research Journal*. – V. 15, 1, 2015. P.19...29.
3. Zhang W.B. Pattern making for fashion design. - Beijing: China Textile and Apparel Press. – 2010. P.68...70.
4. Yang Y.C., Zhang W.Y. Prototype garment pattern flattening based on individual 3D virtual dummy // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – V. 19, 5, 2007. P. 334...348.
5. Gu B.F., Liu G.L., Xu B.G. Individualizing women's suit patterns using body measurements from two-dimensional images // *Textile Research Journal*. – V. 87, 6, 2016. P. 1...13.
6. Chen C.M. Fit evaluation within the made-to-measure process // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – V. 19, 2, 2006. P. 131...144.
7. 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.: Izd-vo Yurayt, 2018. – (Seriya: Bakalavr. Akademicheskij kurs). <https://biblio-online.ru/book/osnovy-teorii-sistemnogo-proektirovaniya-kostyuma-412183>*
8. Yan Jiaq, Kuzmichev V.E., Zhan S.C., Adolphe D.C. New database for improving virtual system "body-dress" / Jiaqi Yan, // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 17th World Textile Conference AUTEX 2017- Textiles - Shaping the Future / volume 254, 2017, 172029. doi:10.1088/1757-899X/254/17/172029*

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий ИВГПУ. Поступила 07.06.19.