

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА И КОМФОРТНОСТИ СИСТЕМ "ФИГУРА-ПЛАТЬЕ" ИЗ РАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### PREDICTING THE VOLUME AND COMFORTABILITY CHARACTERISTICS IN THE SYSTEMS "BODY-DRESS" FOR DIFFERENT TYPES OF MATERIALS

М. ГО, В.Е.КУЗЬМИЧЕВ  
M.GUO, V.YE.KUZMICHEV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
Ivanovo State Polytechnic University. Textile Institute)  
E-mail: ttp@ivgpu.com; amyidaguo@gmail.com

*Изучено распределение давления по поверхности женских фигур и субъективное ощущение комфортности в системах "женская фигура - платье". Установлены связи, существующие между показателями изгиба и растяжения, измеряемые на приборах комплекса Kawabata, объемными конструктивными прибавками и показателями комфортности. Показано, что наиболее сильное влияние на процессы формообразования платьев и показатели их комфортности оказывают жесткость при изгибе (прибор KES-FB-2) и линейность кривой "нагрузка-растяжение/отдых" (прибор KES-FB-1).*

*Pressure distribution and comfort perception in systems "women - dress" were explored. Objective relations consisting between the indexes of textile materials measured under tensile and bending deformations by Kawabata system, on one side, and volumetric eases and comfort indexes of system "women-dress", on other side, were established. It was shown, that the linearity of the stress/strain curve (KES-FB-1) and bending stiffness (KES-FB-2) have had the strongest influence on dress shaping and comfort perception.*

**Ключевые слова:** платье, ткань, свойства, давление, комфорт, прогноз, виртуальная примерка.

**Keywords:** dress, fabric, pressure, properties, comfort, forecast, virtual try-on.

Ощущение комфортности в процессе ношения одежды зависит от ее конструктивного устройства, применяемых материалов и комплекса показателей их свойств, проявляющихся в системе "фигура-одежда" именно под влиянием конструктивных решений. В практике реального конструирования степень реализации материалом своих показателей (например, растяжимости, драпируемости, способности повторять пластику поверхности фигуры и др.) зависит от опыта проектировщика. Предпринимаются активные попытки параметризации тех

показателей свойств, которые можно было бы использовать в САПР одежды при разработке чертежей. Предпочтение пока отдают единичным показателям, измеряемым на приборах или на моделях участков для определенных видов одежды. Однако база данных, формализующая влияние показателей свойств текстильных материалов и условий, необходимых и достаточных для проявления ими такого влияния в форме одежды, без которой невозможно качественное и реалистичное виртуальное проектирование трех-

мерных систем "фигура-одежда", еще не сформирована.

Ранее было исследовано влияние конструктивных параметров чертежей и структурного построения женских платьев на степень их комфортности в динамических условиях [1], [2]. Поскольку выбор конструктивных параметров платьев производили с учетом показателей свойств материалов, то их вклад в обеспечение требуемых показателей комфортности также требует изучения и согласования с другими выявленными факторами. Целью этого исследования стало изучение влияния, которое оказывают свойства материалов совместно с конструктивными параметрами на давление в пододежном пространстве, а также использование полученной базы данных для виртуального моделирования физического и психологического взаимодействия между фигурой и платьем в статических и динамических условиях.

Исследования были проведены с платьем приталенного силуэта малообъемной формы с короткими рукавами, в которых основные линейные конструктивные прибавки составили, см:  $P_{Cт3}= 1$ ,  $P_{Cт}= 1$ ,  $P_{C6}= 1$ ,  $P_{Op}= 7$ . Платья были изготовлены из двух видов тканей (I, II) и одного трикотажного полотна (III). В качестве основных характеристик были выбраны показатели физико-механических свойств, измеренные на плоских пробах с помощью измерительного комплекса Kawabata [3], [4]. На комплексе Kawabata были измерены 11 показателей в условиях растяжения, сдвига и чистого изгиба, численные значения которых приведены в табл.1 и которые показывают значительные различия между выбранными для исследования текстильными материалами по целому ряду свойств.

Т а б л и ц а 1

Характеристика или показатель свойства		Основа, уток	Значение показателя			Коэффициент вариации
			ткань1	ткань2	трикотажное полотно 3	
Содержание волокон, %		-	хлопок 100	хлопок 100	полиэфир 85, хлопок15	-
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>		-	88	92	165	0,757
СДВИГ (прибор KES-FB-1)	Жесткость при сдвиге на 8 град G, сН/см·град	основа	0,722	1,072	0,626	0,553
		уток	0,726	0,926	0,6	0,434
РАСТЯЖЕНИЕ (прибор KES-FB-1)	Линейность кривой "нагрузка – растяжение/отдых" LT	основа	0,823	0,82	0,611	0,282
		уток	0,674	0,714	0,567	0,225
	Работа растяжения под нагрузкой 500 сН WT, сН·см/см <sup>2</sup>	основа	3,7	3,49	24,663	1,994
		уток	20,3	25,85	43,525	0,777
	Доля упругой деформации, RT %	основа	57,782	60,3	45,55	0,27
		уток	21,088	22,976	43,858	0,777
	Деформация, необходимая для удлинения на 0,5 %, сН	основа	293,667	288,32	2,32	1,496
		уток	12,08	13,95	0,94	1,447
	Деформация удлинения под нагрузкой 500 сН, EMT, %	основа	1,782	1,704	16,148	2,207
		уток	12,062	14,464	30,743	0,979
ИЗГИБ (прибор KES-FB-2)	Жесткость при изгибе B, сН·см <sup>2</sup> /см	основа	0,404	0,108	0,008	2,289
		уток	0,04	0,039	0,01	1
	Гистерезис усилия сдвига при нагружении и релаксации при угле ±0,5 град 2HG, сН/см	основа	0,982	1,332	1,276	0,246
		уток	1,262	1,482	1,436	1,393
	Гистерезис усилия сдвига при нагружении и релаксации при угле ±5 град 2HG5, сН/см	основа	2,958	4,232	1,296	0,125
		уток	3,242	4,166	1,418	0,62
СЖАТИЕ (прибор KES-FB-3)	Работа сжатия WC, сН·см/см <sup>2</sup>	-	0,126	0,157	0,169	0,283
	Доля упругой деформации RT, %	-	57,266	48,862	64,274	0,123

В реальных трехмерных системах "фигура-платье" после их сканирования измеряли комплексный показатель для оценки способности оболочки из исследованных материалов повторять форму фигуры. В

качестве комплексного показателя были взяты величины объемных конструктивных прибавок (КПВ) между уровнями обхватов груди и бедер.

Т а б л и ц а 2

Обозначение объемных конструктивных прибавок между горизонтальными сечениями в системах "фигура-платье"	Среднее значение объемной конструктивной прибавки, вычисленное для пяти систем "фигура-платье", см <sup>3</sup> , изготовленных из разных материалов		
	I	II	III
Расположенная под верхней опорной поверхностью			
КПВ <sub>Ог3-Ог4</sub>	71,6	22,2	14,0
Расположенные между верхней и нижней опорными поверхностями			
КПВ <sub>Ог4-О5</sub>	89,3	147,8	70,4
КПВ <sub>О5-От</sub>	197,9	228,4	197,2
КПВ <sub>От-О6</sub>	358,3	314,9	186,4
Сумма	645,5	691,1	454,3
Расположенная над нижней опорной поверхностью			
КПВ <sub>О6-О6</sub>	1617,9	1417,5	1417,0
Суммарная прибавка			
КПВ <sub>Ог3-О6</sub>	2335,0	2130,8	1885

П р и м е ч а н и е. О<sub>г3</sub> – обхват груди третий, О<sub>т</sub> – обхват талии, О<sub>6</sub> – обхват бедер, О<sub>5</sub> – обхват туловища посередине между уровнями О<sub>г4</sub> и О<sub>т</sub>, О<sub>6</sub> – обхват туловища посередине между уровнями – О<sub>т</sub> и О<sub>6</sub>.

КПВ были разделены на три вида, в зависимости от возможного влияния морфологии фигур на формообразование оболочки и объем воздуха в пододежном пространстве (табл. 2 – значения объемных конструктивных прибавок в системе "фигура - платье"):

– непосредственно под верхней опорной поверхностью фигуры под влиянием особенностей ее пластики (прибавка КПВ<sub>Ог3-Ог4</sub>),

– между верхней и нижней опорными поверхностями и не испытывающие непосредственного воздействия пластики фигуры (КПВ<sub>Ог4-О5</sub>, КПВ<sub>О5-От</sub>, КПВ<sub>От-О6</sub>),

– непосредственно над нижней опорной поверхностью (КПВ<sub>О6-О6</sub>).

Величины объемных конструктивных прибавок и влияющие на них показатели свойств материалов исследовали с применением метода корреляционно-регрессионного анализа. После проверки связей, существующих между показателями из табл.1, адекватности действия показателей вдоль основы и утка на показатели объемов платьев был сформирован следующий ряд из наиболее важных показателей (в порядке убывания их влияния на объем платьев по среднему значению коэффициента корреляции):

WC (-0,5975) – 2НВ (0,595) – В (0,5763) – RT (-0,5375) – LT (0,5087) – 2НГ5 (0,3988).

В окончательную модель для прогнозирования величин объемных конструктивных прибавок выбранные показатели, схемы деформирования которых при испытаниях на приборах Kawabata, могут моделировать реальные процессы формирования текстильной оболочки вокруг фигуры:

- из группы показателей растяжения – линейность кривой "нагрузка - растяжение/отдых" LT в виде среднего значения по основе и утку, показывающего равномер-

ность возрастания напряжения внутри материала при его растяжении. Применительно к формообразованию текстильной оболочки этот показатель может быть соотнесен с ее способностью сопротивляться адаптации под пластику фигуры. Чем ниже значение LT, тем труднее изменить форму оболочки;

- из группы показателей изгиба – жесткость при изгибе В в виде среднего значения по основе и утку, показывающего спо-

способность текстильной оболочки сопротивляться изгибу вокруг фигуры. Чем выше значение  $B$ , тем труднее изгибается материал.

Уравнения для расчета объемных конструктивных прибавок на разных уровнях

уровни измерения

прибавки

$$O_{Г3}-O_{Г4} \quad KPV_{O_{Г3}-O_{Г4}}=323,77 B, \quad (1)$$

$$F=2,58,$$

$$O_{Г4}-O_{Г6} \quad KPV_{O_{Г4}-O_{Г6}}=1381,2LT-358,34, \quad (2)$$

$$F=19,64,$$

$$O_{Г6}-O_{Г6} \quad KPV_{O_{Г6}-O_{Г6}}=1680+1291,4B, \quad (3)$$

$$F=4,33,$$

$$O_{Г3}-O_{Г6} \quad KPV_{O_{Г3}-O_{Г6}}=1374+844,4LT+1480B, \quad (4)$$

$$F=14,85,$$

где  $KPV$  – объемная конструктивная прибавка,  $см^3$ ;  $LT$  – среднее значение линейности кривой "нагрузка - растяжение/отдых" по основе и утку при нагрузке 500 сН;  $B$  – среднее значение жесткости при изгибе по основе и утку,  $сН \cdot см^2/см$ .

Из уравнений (1)...(4) видно, что оба отобранных показателя увеличивают объем конструктивной прибавки, что подтверждает правильность предположения об их связи с формой платья.

Таким образом, обоснован механизм прогнозирования фрагментов формы женских платьев в системе "фигура-одежда" с помощью показателей физико-механических свойств тканей, измеренных при малых нагрузках на приборах Kawabata.

*Согласованность объективных и субъективных показателей*

Для изучения комфортности платьев были выбраны пять женских фигур примерно одного соматического типа и цвета кожи с размерными признаками, близкими к типовой фигуре, см:  $P = 160$ ,  $O_{Г3} = 84$ ,  $O_{Г} = 64$ ,  $O_{Г6} = 90$ . Количество точек, в которых измеряли давление, составило 13 (рис. 1 – схема расположения точек для измерения давления платья на поверхность тела:  $P1$  – передний угол подмышечной впадины,  $P2$  – задний угол подмышечной впадины,  $P3$  – выступающая точка грудных желез,  $P4$  – точка в подмышечной впадине,  $P5$  – точка ниже лопаточной точки на уровне обхвата груди тре-

тора имеют вид (статистическая значимость уравнений проверена по критериям Фишера и Стьюдента, а также по коэффициенту множественной корреляции,  $n = 15$ , 95%,  $F_{крит}=2,4$ ):

того,  $P6$  – точка спереди на уровне талии,  $P7$  – точка сбоку на уровне талии,  $P8$  – точка сзади на уровне талии,  $P9$  – выступающая точка ягодиц,  $P10$  – плечевая точка,  $P11$  – точка по низу рукава спереди,  $P12$  – точка по низу рукава сбоку,  $P13$  – точка по низу рукава сзади).

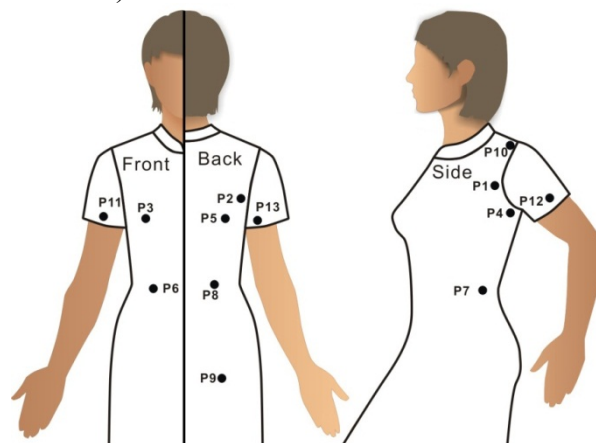


Рис. 1

Комфортность платьев оценивали с использованием объективных и субъективных показателей: инструментально, измеряя давление в выбранных антропометрических точках с помощью датчика давления FlexForce, и экспертным путем, предлагая носчикам ранжировать свои ощущения от взаимодействия платьев с поверхностью тела в этих же точках в шести различных позах (1 – наклон вбок, 2 – наклон вперед, 3 – подъем рук, 4 – отведение рук назад, 5 – выход из автомобиля, 6 – подъем

по лестнице). Для экспертной оценки использовали шкалу: некомфортно "U" – 2 балла, удовлетворительно "E" – 1

балл, комфортно "С" – 0. Результаты измерения давления и ранги субъективных ощущений приведены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Антропометрическая точка (рис.1)	Среднее значение давления Р, Па, вычисленное в шести позах и для пяти систем "фигура-платье", см <sup>3</sup> , изготовленных из разных материалов			Усредненные субъективные ранги степени комфортности СР		
	I	II	III	I	II	III
P1	669,4	612,4	427,6	0,9	0,6	0
P2	898,8	780,2	616,8	0,6	0,3	0
P3	210,8	177,3	120	0,1	0	0
P4	1197,7	1033	788,6	0,6	0,4	0
P5	851,9	500,8	338	0,2	0,2	0
P6	495,3	450,4	339,1	0,6	0,4	0
P7	465,7	419,3	276,8	0,8	0,3	0
P8	452,7	406	232,2	0,8	0,2	0
P9	417,8	340,3	205,4	0	0	0
P10	548,6	498,4	393,6	0	0	0
P11	367,2	348,1	287,6	1,1	0,8	0,2
P12	596,5	565,1	458,5	1,1	0,8	0,04
P13	148	132,3	113,2	0,04	0,04	0
Среднее арифметическое значение для материалов	563,1	481,8	353,6	1,1	0,7	0,1

Видно, что значения давления и ранги комфортности при сравнении материалов очень сильно коррелируют между собой. Уменьшение давления приводит к повышению степени удовлетворенности, поэтому эти два показателя – объективный и субъективный – можно использовать параллельно. Однако устойчивой зависимости между ними не существует по причине разных интервалов и точности измерения физического давления (интервал 113...1197,7 Па) и субъективной оценки (интервал 0...2).

Для отбора значимых показателей свойств материалов были исследованы корреляционные связи между ними, отобранные действительно независимые показатели из каждой группы, проверены связи между ними для основы и утка с объективными и субъективными показателями комфорта. По влиянию на показатели комфортности показатели свойств материалов составили следующий ряд (в порядке убывания их влияния на объективные и субъективные показатели давления по среднему значению коэффициента корреляции):

WC (-0,53) - 2НВ (0,53) –В (0,5125) –RT (-0,47) –LT (0,4425) -2НГ5 (0,3475).

Достоинна внимания абсолютная адекватность последовательности в рядах, содержащих проранжированные показатели, для объемных конструктивных прибавок и давления. Это свидетельствует о существовании единого механизма для обоих изучаемых явлений – формообразовании одежды и ее давлении на поверхность тела.

На основании анализа и установленных ограничений окончательно выбраны два

показателя из разных групп: жесткость при изгибе В, линейность кривой "нагрузка - растяжение/отдых" LT (как более независимый показатель по сравнению с RT).

В дальнейшем совместно рассматривали влияние на показатели комфортности показателей свойств материалов и объема платьев с использованием метода корреляционного анализа (табл. 4 – корреляционная матрица).

Выходные факторы, относящиеся к системе "фигура-одежда"	Коэффициент корреляции (n=39, r= 95 %) для следующих входных факторов, относящихся к показателям свойств материалов							
	в плоском состоянии				в объемном состоянии			
	жесткость при изгибе по основе $V_0$	жесткость при изгибе по утку $V_y$	линейность кривой по основе $LT_0$	линейность кривой по утку $LT_y$	полная $KPV_{0г3-06}$	под верхней опорной поверхностью	между верхней и нижней опорными поверхностями	над нижней опорной поверхностью
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
Давление $P(Y_1)$ , Па	<u>0,37</u>	<u>0,37</u>	<u>0,36</u>	<u>0,31</u>	<u>0,3956</u>	0,345	<u>0,858</u>	0,78
Ранг комфортности $CP(Y_2)$ , баллов	<u>0,69</u>	<u>0,62</u>	<u>0,61</u>	<u>0,49</u>	<u>0,7112</u>	0,4111	<u>0,6267</u>	0,9687
Объем выборки	39	39	39	39	39	9	9	3
Критический коэффициент корреляции [5]	0,2360				0,5822			0,9877
Среднее арифметическое значение и ранг значимых коэффициентов корреляции	0,53 (3)	0,485 (4)	0,485 (4)	0,4 (5)	0,5534 (2)	-	0,7424 (1)	-

Наиболее сильное влияние на изменение давления (коэффициент корреляции 0,858) и вызываемое им субъективное ощущение (0,6267) оказывает объемная конструктивная прибавка  $KPV_{0г4-06}$  между верхней и нижней опорными поверхностями. Следом за ней располагается полная прибавка. Такой результат не является случайным. Наличие воздушной прослойки между фигурой и одеждой, оцениваемое по значению  $KPV$ , позволяет одежде перемещаться относительно тела, создает разные условия для реализации материалом своих свойств и возникновения давления.

Интенсивность влияния выбранных показателей физико-механических свойств примерно одинакова.

Данные табл.4 позволяют сделать и другой очень важный вывод: влияние показателей свойств материалов на комфортность ограничено величиной объемной конструктивной прибавки – при увеличении объема одежды вклад свойства материала в возрастание давления будет уменьшаться. В общем виде давление, воз-

никающее под одеждой, может быть выражено следующим образом:

$$P_{ij} = f[KPV, \lim TM], \quad (5)$$

где  $P_{ij}$  – давление (или субъективный ранг комфортности) в  $i$ -й антропометрической точке в определенной динамической  $j$ -й позе, Па (балл);  $KPV$  – объемная конструктивная прибавка,  $см^3$ ;  $TM$  – единичный или комплексный показатель свойства текстильного материала, влияние которого ограничено величиной  $KPV$ .

Влияние объемных конструктивных прибавок – полной  $X_5$  и локализованной между верхней и нижней опорными поверхностями  $X_7$  – показано на рис.2, подтверждающим наличие прямо пропорциональных связей между показателями комфорта и значениями объемных конструктивных прибавок. Уравнения для прогнозирования величины давления и его субъективного восприятия в зависимости от величин объемных прибавок приведены на рис. 2 (влияние объемных конструктивных прибавок на давление, оцениваемое инструментально

(давление  $Y_1$ ) и по субъективным ощущениям (ранг комфортности  $Y_2$ )).

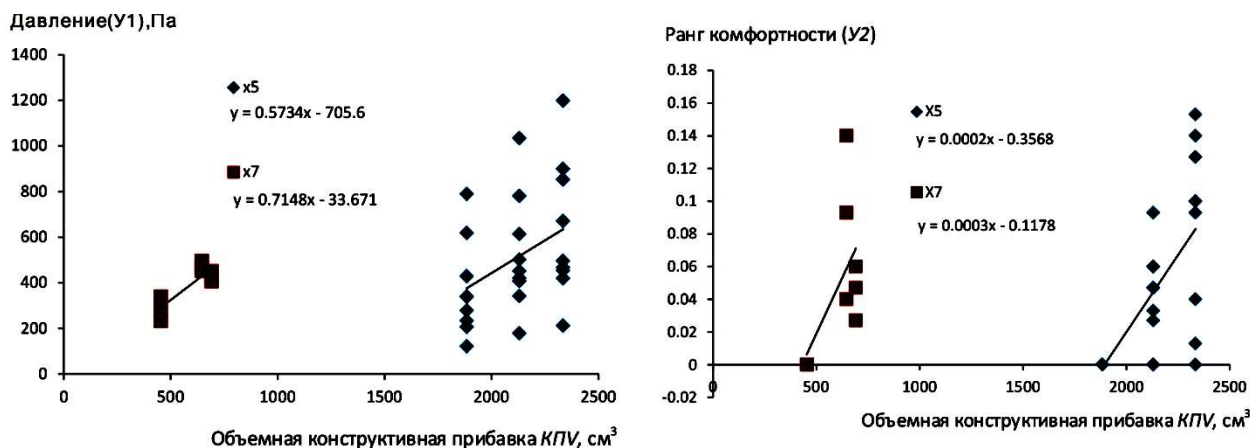


Рис. 2

С помощью метода регрессионного анализа получены двухфакторные уравнения для согласования объективных и субъективных оценок давления с показателями свойств текстильных материалов ( $n=27,95\%$ ,  $F_{\text{крит}}=1,91$ ):

$$\begin{aligned} \text{объективная оценка} \quad P &= 24,55 + 577,4 \text{ LT} + 775,56 \text{ B}, & (6) \\ &F=2,23, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{субъективная оценка} \quad \text{CP} &= -0,07 + 0,12 \text{ LT} + 0,31 \text{ B}, & (7) \\ &F= 12,43, \end{aligned}$$

где  $P$  – давление, Па;  $\text{CP}$  – субъективный ранг степени комфортности;  $\text{LT}$  – среднее значение линейности кривой "нагрузка – растяжение/отдых" по основе и утку при нагрузке 500 сН;  $\text{B}$  – среднее значение жесткости при изгибе по основе и утку, сН·см<sup>2</sup>/см.

Совместное решение уравнений (1)...(4) и (6)...(7) создает основу для единого механизма прогнозирования объема формы платьев и давления, оказываемого ими.

## ВЫВОДЫ

1. Исследована топография распределения давления вокруг торса женской фигуры, возникающего на разных участках системы "фигура-одежда", при объективных и субъективных методах оценки.

2. Исследовано влияние показателей свойств материалов на формообразование платьев вокруг фигуры и возникновение давления в системе "фигура-платье". Показана абсолютная адекватность влияния показателей изгиба – жесткости и растяжения – линейности кривой "нагрузка - растяжение/отдых" на оба процесса, что показывает исключительную важность учета показателей свойств материалов для проектирования одежды с заданной объемной формой и показателями комфортности.

## ЛИТЕРАТУРА

- Сахарова.Н.А., Цан Н. Прогнозирование признаков объемно-пространственной формы женских платьев по чертежам их конструкций // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С.92...99.
- Кочанова Н.М., Адольф Д. Обоснование схемы параметризации чертежей модельных конструкций втачных рукавов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С.82...87.
- <http://english.keskato.co.jp/products>
- Postle R. Objective evaluation of the mechanical properties and performance of fabrics and clothing. Objective evaluation of apparel fabrics // Proceedings of the Second Australia-Japan Bilateral Science and Technology Symposium on Objective Evaluation of

Apparel Fabrics, Parkville, Victoria. – 24 October-4 November, 1983. P.2...8.

5. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – М.: Мир, 1980.

6. Guo M., Kuzmichev V. Pressure and comfort perception in the system “female body-dress” //

AUTEX Research Journal. – 2013, September, vol. 13, № 3. P. 71...78.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 30.01.14.

---