

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Текстильный институт
Кафедра конструирования швейных изделий

На правах рукописи

Мэнна ГО (MengNa GUO)

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ СИМУЛЯЦИИ
КОМФОРТНОСТИ**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научная специальность 05.19.04 Технология швейных изделий

Научный руководитель -
докт.техн. наук, профессор
Виктор Евгеньевич Кузьмичев

Иваново 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Список условных сокращений	4
	Перечень таблиц	6
	Перечень иллюстраций	8
	Общая характеристика работы	12
1	СОВРЕМЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ С ЖЕЛАЕМЫМ УРОВНЕМ КОМФОРТА	16
	1.1. Конструктивные прибавки для проектирования систем "фигура-одежда"	17
	1.2. Влияние свойств материалов на систему «фигура-одежда»	19
	1.3. Давление в системе "фигура-одежда"	20
	1.4. Анализ чувствительности кожных покровов	23
	1.5. Современное состояние 3D проектирования одежды	27
	1.6. Учет показателей свойств материалов в виртуальных симуляциях давления	48
	1.7. Цель и задачи исследования	55
2	ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЖЕНСКИХ ПЛАТЬЕВ В КИТАЕ С 1980-Х гг. ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ	61
	2.1. Художественный анализ модных форм платьев	61
	2.2. Анализ силуэтов платьев	69
	2.3. Анализ чертежей конструкций платьев	76
	2.4. Анализ возможностей талиевых вытачек в	82
	2.5. Анализ применимости вытачек для формообразования «типичных» платьев формообразовании платьев	84
	Выводы по главе 2	92
3	ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЖЕНСКИХ ПЛАТЬЕВ НА КОМПРЕССИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ «ЖЕНСКАЯ ФИГУРА - ПЛАТЬЕ»	93
	3.1. Методы и средства исследований	93
	3.2. Обоснование предельных значений компрессионного давления	102
	3.3. Влияние конструктивных параметров платьев на компрессионное давление	109
	3.4. Разработка комплексных показателей для конструктивных прибавок	134

	Выводы по главе 3	141
4	ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОМПРЕССИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ «ФИГУРА-ПЛАТЬЕ»	142
	4.1. Объекты и методы исследования	143
	4.2. Прогнозирование объема платьев	146
	4.3. Прогнозирование давления в системе "фигура-платье"	150
	Выводы по главе 4	163
5	ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЖЕНСКАЯ ФИГУРА - ПЛАТЬЕ» С ЭЛЕМЕНТАМИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОМФОРТНОСТИ	165
	5.1. Основные элементы разрабатываемой архитектуры САПР	165
	5.2. Алгоритм виртуальной симуляции	166
	Выводы по главе 5	173
	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	174
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	176
	Приложение 1. Результаты геометрического анализа фотографических изображений женских платьев	190
	Приложение 2. Результаты графоаналитического анализа фотографических изображений и чертежей конструкций женских платьев	195
	Приложение 3. Конструктивные параметры чертежей	202
	Приложение 4. Результаты измерения давления для системы «фигура-платье с коротким рукавом»	204
	Приложение 5. Результаты измерения давления и его субъективного восприятия для платьев с разными рукавами и различным распределением прибавок	206
	Приложение 6. Влияние структуры и конструкции платьев на распределение давления	209
	Приложение 7. Топографии визуальной симуляции давления в Marvelous Designer и его фактического распределения	211
	Приложение 8. Топографии распределения давления в системе «фигура-платье», отображаемые в HFCAD под влиянием разных текстильных материалов	213

Список условных обозначений

<i>KIV</i>	Объемная конструктивная прибавка в системе «фигура-платье»
<i>A</i>	Силуэт <i>A</i>
<i>H</i>	Прямой силуэт
<i>T</i>	Силуэт <i>T</i>
<i>O</i>	Овальный силуэт
<i>X</i>	Силуэт <i>X</i>
KES-F	Kawabata Evaluation System for Fabrics (система проф. Кавабата для оценки показателей свойств текстильных материалов, идентичная их восприятию при тактильном контакте)
KES-FB-1	Прибор для измерения растяжимости и сдвига текстильных материалов
KES-FB-2	Прибор для измерения чистого изгиба текстильных материалов
KES-FB-3	Прибор для измерения сжимаемости текстильных материалов
KES-FB-4	Прибор для измерения поверхностных свойств текстильных материалов
<i>CP</i>	Ранг субъективного восприятия компрессионного давления
<i>C</i>	Ранг комфортного состояния потребителя
<i>E</i>	Ранг удовлетворительного состояния потребителя
<i>Cv</i>	Коэффициент вариабельности
<i>U</i>	Ранг некомфортного состояния потребителя
HF CAD	Human-Friendly Computer Aided Design (САПР с элементами гуманистического содержания)
FlexForce	Датчик для измерения компрессионного давления одежды на поверхность фигуры
<i>F</i>	Критерий Фишера
<i>P</i>	Компрессионное давление платья на поверхность фигуры
<i>P1, P2.....</i>	Антропометрические точки
<i>r</i>	Коэффициент корреляции
<i>n</i>	Объем выборки

<i>p</i>	Уровень доверительной вероятности
TELMAT	Бодисканер белого света (Франция)
ScanWorx	Бодисанер лазерного излучения (Германия)
$O_{Г3}$	Обхват груди третий
$O_{Г4}$	Обхват груди четвертый
O_T	Обхват талии
$O_б$	Обхват бедер
O_5	Обхват торса между $O_{Г4}$ и O_T
O_6	Обхват торса между O_T и $O_б$
<i>П</i>	Конструктивная прибавка
$П_{СГ3}$	Прибавка к полуобхвату груди третьему
$П_{СТ}$	Прибавка к полуобхвату талии
$П_{Сб}$	Прибавка к полуобхвату бедер
$П_{ШГ}$	Прибавка к ширине груди
$П_{Шпр}$	Прибавка к ширине проймы
$П_{Шс}$	Прибавка к ширине спины
<i>ТКМ</i>	Традиционная китайская медицина
$Ш_Г$	Ширина груди
$Ш_с$	Ширина спины
<i>М1, М2, М3</i>	Материалы для изготовления платьев
<i>1, 2, 3, 4, 5</i>	Модели платьев с одной формой, но с разным распределением составляющих основных конструктивных прибавок
<i>I, II, III, IV, V</i>	Модели платьев с разными объемными формами

Перечень таблиц

- Табл.1.1 Внешне расположенные меридианы и соответствующие им кожные покровы в ТКМ
- Табл.1.2 Stimulii относящиеся к ним рецепторы, вызывающие комфорт одежды
- Табл.1.3 Номенклатура показателей, измеряемых с помощью системы KES-F
- Табл.1.4 Комплексные показатели для прогнозирования формуемости и пошивочной способности тканей для мужских костюмов
- Табл.2.1. Результаты измерения чертежей женских платьев 1989 года
- Табл.2.2 Результаты комплексного анализа чертежей и фотографий платьев 1991 г.
- Табл.2.3 Параметры промышленного манекена женской фигуры
- Табл.2.4. Основные размерные признаки типовых подобных женских фигур в разных странах
- Табл.2.5 Размерные признаки для женской фигуры по китайским стандартам
- Табл.2.6 Конструктивные параметры «типичного» женского платья
- Табл.2.7 База данных о вытачках, подученных по чертежам исторических конструкций
- Табл.2.8 Удельный вес «типичных» женских платьев в разные периоды
- Табл.3.1 Антропометрические точки для измерения компрессионного давления и его субъективной оценки
- Табл.3.2 Угловые показатели для разных динамических поз взрослых людей и показатели, выбранные для эксперимента
- Табл.3.3 Влияние конструктивных прибавок на компрессионное давление и его субъективное восприятие
- Табл.3.4 Участки фигур с разным уровнем чувствительности к компрессионному давлению
- Табл.3.5 Группировка антропометрических точек на антропометрических уровнях, имеющих конструктивные аналоги
- Табл.3.6 Размерные признаки фигур
- Табл.3.7 Максимальные значения прибавок при построении чертежей базовых конструкций женской одежды [160]
- Табл.3.8 Интервалы безразличия для ведущих размерных признаков и возможный шаг изменения прибавок в эксперименте

- Табл.3.9 Соотношение между конструктивной прибавкой $P_{Oгз}$ и проекционными зазорами в системе «фигура-платье»
- Табл.3.10 Проектируемые и фактические значения линейных конструктивных прибавок
- Табл.3.11 Показатели комфортности для разных участков фигуры
- Табл.3.12 Параметры талиевых вытачек
- Табл.3.13 Зависимости компрессионного давления от параметров талиевых вытачек
- Табл.3.14 Компрессионное давление, возникающее под влиянием платьев с разными рукавами
- Табл.3.15 Субъективное восприятие давления, возникающего в платьях с разными рукавами
- Табл.3.16 Распределение основных прибавок по ширине стана платьев
- Табл.3.17 Конструктивные параметры исходных моделей платьев и моделей, конструктивные параметры которых были рассчитаны по уравнениям
- Табл.3.18 Углы плоскости пройм для исследованных форм платьев
- Табл.3.19 Значения объемных конструктивных прибавок для платьев исследованных форм
- Табл.4.1 Показатели физико-механических свойств исследованных материалов
- Табл.4.2 Значения объемных конструктивных прибавок в системах «фигура-платье»
- Табл.4.3 Коэффициенты линейной парной корреляции между показателями свойств материалов KES-FB и показателями объема системы «фигура-платье»
- Табл.4.4 Компрессионное давление и его субъективная оценка
- Табл.4.5 Коэффициенты линейной парной корреляции между показателями свойств материалов KES-FB и показателями давления в системе «фигура-платье»
- Табл.4.6 Корреляционная матрица
- Табл.4.7 Показатели материалов для платьев, измеренные на приборе KES-FB-1
- Табл.4.8 Коэффициенты парной корреляции между показателями растяжения материалов и компрессионным давлением платьев на мягкие ткани

Перечень иллюстраций

- Рис.1.1 Распределение жировых отложений на поверхности женского тела
- Рис.1.2 Конструкция системы меридианов в КТМ
- Рис.1.3 Шесть меридианов на поверхности человеческого тела в китайской традиционной медицине
- Рис.1.4 3D симуляция и CLO 3D анимация в программе Marvelous Designer
- Рис.1.5 Идентификация растяжимости материала в программе Runway Designer САПР OptiTex
- Рис.1.6 Примеры диаграмм, получаемых после испытания на приборах системы KES при нагружении и отдыхе
- Рис.1.7 Основные направления развития САПР в этой диссертационной работе
- Рис.1.8 Структурная схема научной гипотезы в диссертационной работе о связях между объемом одежды и интенсивностью проявляемых текстильным материалов свойств
- Рис.1.9 Архитектура Human-FriendlyCAD и ее сравнение с существующими САПР
- Рис.2.1. Типичные модели женских платьев конца 1980-х
- Рис.2.2. Типичные модели женских платьев начала 1990-х
- Рис.2.3. Типичные модели женских платьев середины 1990-х
- Рис.2.4. Типичные модели женских платьев конца 1990-х
- Рис.2.5. Типичные модели женских платьев начала 2000-х
- Рис.2.6. Типичные модели женских платьев середины 2000-х
- Рис.2.7. Типичные модели женских платьев конца 2000-х
- Рис.2.8. Типичные модели женских платьев начала 2010-х
- Рис.2.9. Типичные фронтальные силуэты платьев разных лет
- Рис.2.10. Изменение удельного веса женских платьев с разными силуэтами по годам
- Рис.2.11. Популярность силуэтов женских платьев в период 1983-2013 гг.
- Рис.2.12. Условный конструктивный силуэт женского платьев 1989 года, построенный по минимальным и максимальным результатам.
- Рис.2.13. Примеры чертежей женских платьев 1991 г. с максимальной и минимальной длинами линии низа
- Рис.2.14. Схема параметризации чертежей платьев
- Рис.2.15. Примеры чертежей «типичного» женского платья,

параметризованных в AutoCAD

- Рис.2.16. Удельный вес «типичных» женских платьев в разные годы
- Рис.2.17. Использование вытачек в женском платье
- Рис.2.18. Диаграмма частоты встречаемости женских платьев с разной шириной по линии талии, схема параметризации участков линии талии в чертежах и измерения проекционных зазоров в системе "манекен-платье", горизонтальное сечение системы "манекен-платье" на линии бедер и проекции систем "манекен-платье" для пяти вариантов
- Рис.2.19. Схема первого варианта чертежа конструкции стана с вытачкой от боковой линии
- Рис.2.20. Схема второго варианта чертежа конструкции стана с талиевыми вытачками
- Рис.2.21. Схема третьего варианта чертежа конструкции стана с талиевыми вытачками и вытачкой из-под проймы
- Рис.2.22. Схема четвертого варианта чертежа конструкции стана с вытачками в рельефных швах и вытачкой из-под проймы
- Рис.2.23. Схема пятого варианта чертежа конструкции стана с комбинированными вытачками
- Рис.2.24. Совмещенные силуэты женских платьев, полученные с использованием пяти вариантов вытачек
- Рис.2.25. Возможности рассмотренных вариантов проектирования вытачек в повторении пластики манекена женской фигуры
- Рис.3.1. Схема поверки пневматического датчика системы АМІ
- Рис.3.2. Внешний вид сенсора FlexiForce, компьютера с подсоединенным сенсором и интерфейс программы во время измерения давления
- Рис.3.3. Изменение погрешности с увеличением числа измерений для разных уровней доверительной вероятности и зон возможного давления
- Рис.3.4. Антропометрические точки для определения интервалов допустимых значений компрессионного давления и его субъективной оценки
- Рис.3.5. Эргономические позы, исследованные в эксперименте
- Рис.3.6. Примеры реальных систем «фигура-одежда» и виртуальные аналоги фигур в программе **MAYA** для некоторых исследованных поз
- Рис.3.7. Пояс со шкалой для фиксации датчика и задания конструктивных прибавок

- Рис.3.8 Динамические позы для измерения давления с помощью тканого пояса
- Рис.3.9 Пять зон на поверхности женской фигуры с различной чувствительностью к компрессионному сжатию
- Рис.3.10 Схема группировки антропометрических точек на антропометрических уровнях
- Рис.3.11 Гистограмма чувствительности различных участков женской фигуры к компрессионному сжатию
- Рис.3.12 Антропометрические точки для измерения давления в системе «фигура-одежда»
- Рис.3.13 Реальное (полученное после сканирования системы «фигура-платье») и теоретическое сечения системы «фигура-платье» по линии груди
- Рис.3.14 Внешний вид исследованных форм женских платьев
- Рис.3.15 Изменение давления в точках, расположенных по линии груди и талии под влиянием прибавок $P_{СгЗ}$ и $P_{Ст}$
- Рис.3.16 Цветные шкалы для согласования субъективного восприятия давления и фактического давления
- Рис.3.17 Схема чертежей деталей платья с изменяемыми положениями талиевых выточек (а) и влияние перемещения выточек в сторону бокового шва на изменение давления вокруг проймы (б)
- Рис.3.18 Схема чертежа БК втачного рукава для женского платья
- Рис.3.19 Варианты платьев с разными вариантами рукавов
- Рис.3.20 Схема изменения распределения составляющих основной прибавки по линии груди за счет смещения линии проймы
- Рис.3.21 Внешний вид платьев, подготовленных для эксперимента по изучению влияния распределения прибавок между полочкой, проймой и спинкой на компрессионное давление
- Рис.3.22 Влияние составляющих основной прибавки на компрессионное давление вокруг груди
- Рис.3.23 Схемы корректировки чертежей платьев для повышения их комфортности
- Рис.3.24 Схема вычисления нового показателя – положения плоскости проймы относительно плоскости сочленения руки с туловищем
- Рис.3.25 Влияние угла плоскости проймы на возникающее давление
- Рис.3.26 Формы горизонтальных сечений систем «фигура-платье» на уровне талии для разных текстильных материалов
- Рис.3.27 Внешний вид фигур экспертов-волонтеров после сканирования

- Рис.3.28 Разделение объемов фигуры и платья для вычисления объемной конструктивной прибавки между ними
- Рис.4.1 Приборы первой группы для измерения одноцикловых неразрывных и разрывных характеристик растяжения
- Рис.4.2 Приборы второй группы, входящие в измерительный комплекс Kawabata
- Рис.4.3 Схема расположения точек для измерения давления платья на поверхность тела
- Рис.4.4 Схема объединения фрагментов платья в объемные конструктивные прибавки, полученные в программе Rhinoceros из сканированных систем «фигура-платье»
- Рис.4.5 Влияние объемных конструктивных прибавок на давление, оцениваемое инструментально и по субъективным ощущениям
- Рис.4.6 Совмещенные кривые «усилие растяжения - удлинение» по основе и утку для исследованных материалов.
- Рис.4.7 Влияние удлинения (отрицательной конструктивной прибавки) и усилия, необходимого для его достижения, на компрессионное давление под одеждой
- Рис.5.1. Структура интерфейса для задания исходных данных и получения результатов виртуального проектирования с гуманистическими и реалистичными эффектами
- Рис.5.2 Примеры реальной фигуры и ее виртуального аналога, виртуальной системы «фигура-платье» и схем симуляции субъективного восприятия давления и схема фактического распределения давления
- Рис.5.3 Примеры согласованных шкал компрессионного давления под одеждой и его субъективным восприятием потребителем
- Рис.5.4 Примеры распределения компрессионного давления и его субъективного восприятия внутри горизонтальных сечений систем «фигура-платье» с разным сочетанием конструктивных прибавок на уровнях обхватов груди, талии и плеча
- Рис.5.5 Примеры распределения компрессионного давления и его субъективного восприятия на поверхности систем «фигура-платье» с разным сочетанием конструктивных

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Широкое внедрение САПР одежды позволило, с одной стороны, систематизировать и формализовать информацию, накопленную в практическом конструировании и научных исследованиях, а с другой стороны, выявить актуальные направления дальнейшего развития компьютерных технологий. Одной из таких проблем является гуманизация (human friendly) принимаемых проектных решений и переход от существующего чисто механистического подхода к формированию виртуальных систем «фигура-одежда» к более реалистичному содержанию. Механистический подход состоял в выполнении проектных действий исключительно с физическими величинами, преимущественно, длинами, поверхностями и объемами, описывающими плоские чертежи деталей, текстильные материалы для одежды и частично фрагменты трехмерных систем «фигура-одежда». В рамках этого подхода человеческое тело описывалось математической моделью с переменными, относящимися к координатам точек и элементам структурных схем, объединяющим скелетно-мышечные образования и не содержащими данных о чувствительности кожных покровов под действием одежды. Недостаток такого подхода стал очевиден при разработке алгоритмов виртуальных примерок, которые пока очень далеки от реальных ситуаций и которые не в состоянии передать весь комплекс ощущений от одежды, в частности, показателей комфорта.

Переход от существующего исчерпавшего себя подхода требует качественно иных баз исходных данных. Возможным вариантом гуманистического направления в САПР является прогнозирование принимаемых конструктивных решений на этапе разработки чертежей и формирования систем «фигура-одежда» с органолептическими последствиями. Для разработки моделей прогнозирования необходимо создание обширных обучающих выборок с результатами исследования чертежей, показателей свойств материалов для одежды, объективных и субъективных показателей комфорта.

Работа выполнена в 2007-2015 гг. на кафедре конструирования швейных изделий Текстильного института ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет», в лаборатории механики текстильных материалов Университета Верхнего Эльзаса (Haute-Alsace University, Mulhouse, Франция), Уханьском текстильном университете

(Wuhan Textile University, Китай) и Университете Jiang Nan (Wuhan, Китай).

Целью работы является разработка метода проектирования женских платьев с прогнозируемым уровнем комфортности.

Основные этапы работы. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- исследованы конструктивные параметры чертежей женских платьев с разными объемно-силуэтными формами и структурой;
- разработана новая методика измерения давления одежды на мягкие ткани женских фигур с использованием нового инструментария;
- исследовано влияние конструктивных и структурных параметров платьев, влияющих на возникновение давления на поверхности тела;
- исследованы показатели физико-механических свойств тканей в условиях, воспроизводящих их деформированное состояние в женских платьях в разных эргономических позах;
- исследовано влияние конструктивных параметров платьев и показателей свойств текстильных материалов на формирование текстильной оболочки вокруг фигуры, распределение давления в системах «фигура-платье» и субъективные ощущения носчиков в статической и динамической позах;
- разработаны математические модели для прогнозирования объема платьев и возникающего под их действием давления на тело человека;
- разработан алгоритм симуляции давления в виртуальных системах «фигура-одежда».

Объекты исследования – женские фигуры, женские платья, реальные и виртуальные системы «фигура-платье», процесс конструирования и виртуальной симуляции.

Научная новизна работы состоит в установлении механизма возникновения компрессионного давления в статических и динамических системах «женская фигура-платье» под влиянием конструктивных параметров чертежей и показателей свойств текстильных материалов.

Впервые получены следующие научные результаты.

1. Предложены новые комплексные показатели – положение плоскости проймы и объемные конструктивные прибавки – для согласования параметров плоских чертежей с показателями трехмерной формы готовой одежды и оценки комфортности.

2. Разработаны цифровые шкалы для взаимного перевода значений компрессионного давления одежды на тело и рангов его субъективного восприятия.

3. Разработаны базы данных и математические модели, объединяющие одинаковые показатели свойств текстильных материалов, ответственные за изменение объемно-пространственной формы и комфортности систем «фигура-одежда».

4. Разработан алгоритм метода виртуальной симуляции давления в системах «фигура-платье» с моделированием эргономических поз, позволивший ввести новую органолептическую базу данных для гуманизации результатов автоматизированного проектирования.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечена сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований, статистической достоверностью полученных уравнений, применением современных и поверенных средств измерений,

Методы и средства исследований. В работе использованы в качестве средств исследований реальных фигур и систем «фигура-одежда» бодисканеры Telmat (Франция) и Human Solutions (Германия), тканей и трикотажных полотен - измерительный комплекс для механических испытаний Kawabata Evaluation System KES (Япония), измерения давления под одеждой – прибор FlexForce (США). Обработку результатов измерений проводили методами корреляционного и регрессионного анализа. Органолептические ощущения носчиков оценивали методом экспертных оценок. Использовали программные продукты: для обработки результатов измерений Excel и SSPS, для моделирования виртуальных фигур и систем «фигура-одежда» - MAYA и MervalousDesigner.

Результаты работы доложены и получили положительную оценку на следующих конференциях: конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «ПОИСК» (Иваново, 2007, 2011, 2012, 2014); международной научно-практической конференции ПРОГРЕСС (Иваново, 2013); международных конференциях AUTEX World Textile Conference (Задар, Хорватия, 2012; Дрезден, Германия, 2013, Бурса, Турция, 2014); третьей международной конференции AMT Advanced Measurement and Test (Сиань, Китай, 2013); пятой международной конференции 3D Body Scanning Technologies HOMETRICA (Лугано, Швейцария, 2014), всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Чтения, посвященные памяти заслуженного деятеля науки РФ Фукина Виталия Александровича» (МГУДТ, Москва, 2014).

Практическая значимость состоит в разработке рекомендаций по выбору конструктивных параметров женских платьев в зависимости от показателей свойств применяемых материалов, обеспечивающих требуемый уровень их комфортности, формировании содержания и расширенных баз данных для разработки новых модулей гуманистически-ориентированных и реалистичных САПР для трехмерного проектирования.

Основные результаты работы опубликованы в 17 работах, включая три статьи в российских журналах из перечня ВАК («Швейная промышленность», «Известия вузов. Технология текстильной промышленности»), две статьи в журнале «AUTEX Research Journal», входящим в базу Web of Science, 11 тезисах и материалах 10 конференций, общий объем которых составляет 5 п.л. (личный вклад 3 п.л.).

Структура диссертации. Диссертация состоит из 5 глав, изложена на 215 страницах, включает 39 таблиц, 77 рисунков, 8 приложений, 183 литературных источника.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ С ЖЕЛАЕМЫМ УРОВНЕМ КОМФОРТА

Одежда является защитной оболочкой вокруг фигуры, которая стимулирует, аккумулирует субъективные ощущения комфорта на физиологическом, психологическом и социальных уровнях через конструкцию, посадку, цвет, стиль и другие важные аспекты ее дизайна [1].

Посадка одежды является важнейшим фактором при ее выборе потребителем. **L.J.Connel** [2] после анализа важности посадки одежды установил, что около 50 % женщин не могут выбрать для себя одежду с хорошей посадкой; 50% женщин возвращают одежду обратно по причине неудовлетворительной посадки; 85 % женщин при покупке одежды отказываются от ее совершения именно из-за посадки. Оценка посадки одежды относится не только к процессу покупки, но и к процессу ее конструирования. Поэтому исследования в области оценки посадки одежды тесно связаны с потреблением, производством, сбытом и является комплексным процессом, объединяющим визуальную и тактильную информацию о системе "фигура-одежда".

Посадка одежды является абстрактной концепцией, существует огромное количество ее определений среди разных культур, народов и людей. Проверка посадки является важнейшим этапом в производстве одежды. Традиционно живые модели предпочтительны, поскольку они имеют фигуру, близкую к типовой, могут контактировать с дизайнером в процессе примерки, давать комментарии, но такой метод является дорогим. Для форм платьев и чертежей их конструкций существуют сравнительно много существенных измерений, удобных для использования и объективной оценки посадки. Однако для современного бизнеса реальные примерки явно не соответствуют той скорости, с которой создают и реализуют одежду в условиях глобального рынка. Фотографии и видеосъемки [3,4] используют для оценки посадки, однако их информативность недостаточна.

Таким образом, исследования в области квалиметрии посадки одежды являются актуальными сразу с двух позиций: разработки объективных критериев для реальной системы "фигура-одежда" и их формализации для использования в виртуальных системах 3D проектирования.

1.1. Конструктивные прибавки для проектирования систем "фигура-одежда"

Чертежи базовых конструкций и их материальные прототипы в виде базовых форм одежды обычно базируются на эмпирических процедурах, требующих практических знаний, но только знание важнейших принципов конструирования в сочетании с хорошим художественным вкусом позволяют правильно прогнозировать моделируемую форму на фигуре. В настоящее время методы традиционного конструирования подразделяют на две группы:

- 1) традиционное плоскостное конструирование (2D) для получения базовых конструкций и их моделирования;
- 2) трехмерное моделирование (3D) методом наколки или драпировки на манекене или реальной фигуре.

"Fitness for purpose" является основной концепцией производителей одежды. Основанная на плоских чертежах, объемно-пространственная форма трехмерной одежды обусловлена формой человеческого тела. Поэтому методы плоскостного конструирования являются и требуют многих размерных признаков, необходимых для описания морфологии и пластики фигуры. Однако сама процедура измерения трудоемка, может быть несогласованной и неаккуратной, поскольку зависит от профессиональных навыков того, кто ее выполняет [5]. Также бывает довольно трудно получить одежду с хорошей посадкой из-за того, что методы кроя являются эмпирическими с позиций использования размерных признаков и не содержат рекомендаций о детальной проверке каждого шага, а потому метод проб и ошибок (trial-and-error) до сих пор применяют для проверки результирующей посадки одежды.

Конструктивной прибавкой называют разность между величиной измерения одежды и соответствующим ему размерным признаком фигуры, а ее назначение - достижение посадки, свободы движений, обеспечения физиологических процессов, достижение визуального эффекта, проявления материалами своих свойств, физического комфорта, перемещения по фигуре. Ее величина зависит от многих факторов: вида материала, формы одежды, ее назначения, типа фигуры, индивидуальных предпочтений. В Китае прибавки делят на два вида: динамические, необходимые с позиций эргономики, и дизайнерские, зависящие от стиля одежды [6].

Динамическая прибавка является минимально-необходимой для обеспечения комфорта и возможности выполнять движения, изгибаться,

дышать, сидеть и принимать любые позы в момент отдыха. Эту прибавку проектируют всегда независимо от модных трендов [7]. Например, для одежды из тканей величина 2-3 см является типовой прибавкой к полуобхватам основных периметров торса. Для трикотажных материалов и стретчевых тканей эта величина может быть значительно уменьшена.

Дизайнерская прибавка зависит от стиля и посадки. В настоящее время существуют пять типов форм одежды, для которых выбирают эту прибавку:

- плотно облегающая (антропоморфная) всю фигуру,
- облегающая или верхнюю или подкорпусную части фигуры (skinny),
- полуприлегающая на отдельных антропометрических уровнях,
- свободная, допускающая независимую трансформацию фигуры и одежды,
- сверх размерная, не отражающая реальные размеры фигуры.

Обе прибавки адаптированы для построения плоских чертежей, но качественные изменения в процессе конструирования благодаря использованию компьютерных технологий обусловили появление нового вида *прибавок для описания трехмерной формы, т.н. объемных*. Такая прибавка бывает полезной для непосредственного проектирования 3D форм, получаемых за счет изменения конфигурации контурных линий одежды относительно контурных линий фигуры и иных приемов. Прямое проектирование прибавок в плоских чертежах направлено только на обеспечение посадки [8], и очень часто не связано с трехмерным формообразованием, а потому окончательный силуэт неизвестен и предсказуем с невысокой точностью. В тоже время, современное 3D проектирование во многом интуитивно, а прибавки в нем тоже используют чаще для обеспечения посадки, чем формообразования [9]. В связи с развитием 3D технологий бодисканирования и компьютерной графики основным трендом для САПР одежды становится переход от 2D к 3D проектированию [10], что открывает возможности для непосредственного вычерчивания и симуляции одежды на потребителе [11]. Для использования объемных прибавок необходима большая подготовительная работа по комплексному изучению влияния приемов конструирования плоских чертежей на результирующую форму. В частности, выполнена классификация конструктивных линий, описывающих внешнюю форму одежды с участием традиционных прибавок [12].

1.2. Влияние свойств материалов на систему «фигура-одежда»

Показатели свойств материалов являются критическими факторами для моделирования одежды. В Российской Федерации фундаментальные исследования в этом направлении проведены в МГУДТ (**Б.А.Бузов, А.П.Жихарев** и др.), Костромском государственном технологическом университете (**Ж.Ю.Койтова, Н.А.Смирнова** и др.), Санкт-Петербургском государственном университете дизайна и технологии (**Г.А.Перепелкин**), Центральном научно-исследовательском институте швейной промышленности (**П.А.Колесников, С.А.Беляева, К.Г.Гущина** и др.), в результате которых сформулированы научно-обоснованные принципы конфекционирования материалов для одежды разного назначения и уровня комфортности.

Показатели физических и механических свойств материалов влияют на размеры и форму одежды [13,14]. Показатели свойств, применяемые для прогнозирования силуэта одежды, включают растяжимость, жесткость при изгибе, жесткость при сдвиге, поверхностную плотность, что было установлено в исследовании **М.Yamakawa** [15]. Силуэт расклешенных юбок параллельно с ее длиной, формой линии низа может быть предопределен по перечисленным показателям свойств на плоскостной проекции системы "фигура-юбка", однако в трехмерном пространстве параметры силуэта могут существенно измениться.

Получение более точных чертежей, базирующихся на учете показателей свойств, является самым важным моментом в конструктивном моделировании. **С.К.Аu** [16] установил связь между показателями свойств материалов и их драпируемостью, а механические параметры были определены из показателей свойств материалов с использованием метода энергии растяжения ("strainenergies").

S.Krzywinski [17] рассматривал связь между характеристиками материалов и приемами конструирования одежды. На основе анализа сдвига, напряжений и растяжения материалов и аналогичных процессов в деталях одежды, им получены результаты для практического использования и получения чертежей в соответствии с показателями свойств материалов. **Т.Kobayashi** [18] изучал растяжимость и процессы восстановления тканей для того, чтобы учесть их влияние при разработке лекал, чтобы уменьшить длительность процессов адаптации чертежей под конкретную модель в САПР и улучшить симуляцию виртуальной одежды из растяжимых материалов.

Многие САПР имеют модули для выбора показателей свойств материалов, необходимых для корректировки чертежей, однако методы испытаний проб материалов и условия их проявления свойств в одежде могут существенно различаться. Этим несовпадением и вызвано существование очень разных методик прогнозирования формы одежды.

1.3. Давление в системе "фигура-одежда"

Комфорт, создаваемый одеждой и окружающей средой, является ключевым элементом, который непосредственно влияет на человеческую психику. Первичными элементами, влияющими на комфортность, являются:

- 1) температура и влажность в пододежном пространстве, которые называют "окружающим пододежным климатом" ("*clothing enclosure climate*");
- 2) компрессионное давление, оказываемое одеждой на тело;
- 3) тактильные ощущения, возникающие при контакте с материалами.

Среди перечисленных элементов, компрессионное давление влияет на комфорт при выполнении движений, корректировку некоторых морфологических особенностей фигур, изменения на уровне нервной системы. Однако существуют ситуации, в которых компрессионное давление под одеждой должно быть минимально возможным [18].

Рассмотрим процесс формирования механических сигналов под влиянием формы одежды и их трансформацию в субъективное ощущение. Во-первых, физические и механические сигналы от одежды воздействуют на человеческую кожу. Затем эти возбуждающие сигналы передаются нервными окончаниями, расположенными в коже (силовые рецепторы), в периферическую нервную систему. В этом процессе механические сигналы преобразуются в нервные сигналы, которые нервная система распознает и передает в мозг, который и формирует "чувственный" результат, инициированный первичным сигналом. На этом пути исчерпывающая оценка субъективного комфорта формируется из физического, например, теплового, и механического, например, сдавливающего, воздействия [5]. *Lamellar* корпускулы, называемые "*Pacini*", которые несут ответственность за восприятие давления, расположены в глубоких слоях эпидермиса и подкожных образованиях [19].

Давление под одеждой оказывает большое влияние на общее ощущение комфорта от одежды, а в случае очень большого или малого давления одежда будет не соответствовать требованиям. **MJ.Denton** [20] установил, что некомфортное состояние возникает при давлении одежды 60...100 сН/см², которое по величине близко к кровяному давлению в кровеносной капиллярной системе около поверхности кожи. **J.Pratt** и **G.West** [21] отметили, что движение крови затрудняется, когда приложенное давление становится выше среднего вокруг тела и вызывает набухание кровеносных сосудов. Однако, если давление очень мало, то корректирующая форму фигуры одежда не будет с точки зрения эргономики благоприятной, чтобы обеспечить эффективную защиту и улучшить ее динамические показатели, что в конечном итоге также повлияет на внешний вид. В тоже самое время размеры одежды и растяжимость материалов оказывают на отдельные части тела большее давление, чем на другие участки. В этом направлении размеры одежды влияют на конечный результат проектирования, а потому необходимо изучить и установить связь между воспринимаемым давлением и размерами одежды, в первую очередь, проектируемыми прибавками, и показателями свойств материалов, которые могут быть использованы для проектирования одежды с желаемым уровнем комфорта.

Предшественники много исследовали ощущения комфорта от компрессионного давления в плотнооблегающем белье и трикотажной одежде. **N.Ikuta** [22] после исследований базовых видов одежды с разными размерами и субъективных ощущений установил, что с уменьшением размеров одежды люди острее ощущают давление, которое вызывает ощущение тесноты и повышает потливость. **H.Makabe** в 1991 г. [23] установил, что человеческое тело реагирует отрицательно, когда давление превышает 4...5,33 кРа для поясов в области талии как важных деталей исследованной одежды различных стилей, структуры и материалов.

Однако теоретические исследования лимитированы экспериментальными данными о восприятии человеком давления. В 1999 г. рядом японских исследователей [24] протестированы различные уровни компрессионного давления и установлен предел переносимого давления для голени 0...2451,7 Ра на различных участках, причем чувствительность передней части выше, чем задней. Сейчас некоторые исследователи улучшают технологию измерения компрессионного давления преимущественно для трикотажной одежды [25,26].

Из этих результатов следует, что необходимо уделять больше внимания сравнительному анализу чувствительности различных участков на одном и

том же антропометрическом уровне. К настоящему времени подобные результаты получены только для голени и отсутствуют для других частей тела.

Распределение давления под одеждой зависит от следующих факторов:

- 1) морфологии человеческих фигур, влияющей на разброс значений переносимого давления в области груди, талии, нижних конечностей;
- 2) параметров, пластики и эластичности кожи и мягких тканей [27];
- 3) структуры участка тела, которое может включать форму и размеры костей, объем мышечной массы, степень сжатия и эластичности мягких тканей [28];
- 4) способности кожных тканей деформироваться и перемещаться, которая влияет на перераспределение давления.

В 1996 г. **W.Kirk** после измерения деформации кожных тканей при выполнении движений установил связь между возникающим давлением и удлинением кожных тканей [29]. Установлено, что при изменении позы и выполнении движений степень деформации кожных тканей будет разной на разных участках. Чтобы сконструировать одежду, одновременно рассматривая требования хорошей посадки и комфорта при выполнении движений, необходимо изучить возможности деформации кожных тканей в разных направлениях. Из базовых положений эргономики известно, что кожные покровы можно разделить на несколько типов в зависимости от их способности к деформированию [30]: *первый тип* покровов имеет максимальную растяжимость - локтевой участок, грудь и боковая поверхность торса, живот, участок между лопатками и талией), *второй тип* - область колена, стопы, *третий тип* - участок от талии до пахового уровня. Кроме того, верхние конечности и торс изменяются сильнее, чем подкорпусная часть, потому что изменения кожи тесно связаны с подвижностью сочленений в области плеча, локтя, бедер и коленного сустава.

Поэтому обычное женское платье в статическом положении не будет сильно влиять на ощущения комфорта при наличии достаточного воздушного зазора между фигурой и платьем. Но в случаях выполнения движений, т.е. в динамических позах, давление будет возрастать в некоторых точках.

1.4. Анализ чувствительности кожных покровов

Механизм возникновения ощущений от компрессионного давления поможет нам понять как механические сигналы превращаются в субъективные чувства [30].

Хотя человеческое тело является очень сложной системой, западная медицина может прогнозировать связи между нервной системой и ощущением компрессионного давления, но не объясняет конкретной работы нервной системы на разных участках человеческого тела. Кроме того, когда такие сигналы поступают от одежды, процесс становится более сложным из-за влияния свойств материалов. В этом направлении мы анализируем механизмы процессов, протекающих в кожных тканях, с позиций западной медицины.

Понимание как и почему формируются зоны с разной чувствительностью является сложным, но необходимым процессом. Сегодня медицина знает, что “*Pacini*” (Пацини) существует в гиподермисе и толстых кожных прослойках, которые амортизируют внешние воздействия [30] и которые занимают у женщин больший объем, чем у мужчин. Например, западной медицине известно, что область подмышечной впадины (*angle bust point*) является наиболее чувствительной зоной (исключая только подошву ног) благодаря наличию специальных “*papillary layer of corium*”, в которых существуют тактильные корпускулы (“*Tactile corpuscles*”), ответственные за реакцию на прикосновение [30]. Они помогают мозгу сформировать ощущение вместе с “*Pacini*”, что объясняет, почему человек воспринимает прикосновение и давление вместе. Но как показывает практика, выступающая точка груди не является самой чувствительной к давлению точкой и даже не является второй. Это не покажется удивительным, когда мы сравним распределение жировых отложений в женской и мужской фигурах (рис.1.1) и увидим зоны возникновения жировых отложений. На основании рис.1.1 мы сможем понять, почему плечевая точка является очень чувствительной, поскольку над ней жировые отложения являются минимальными.

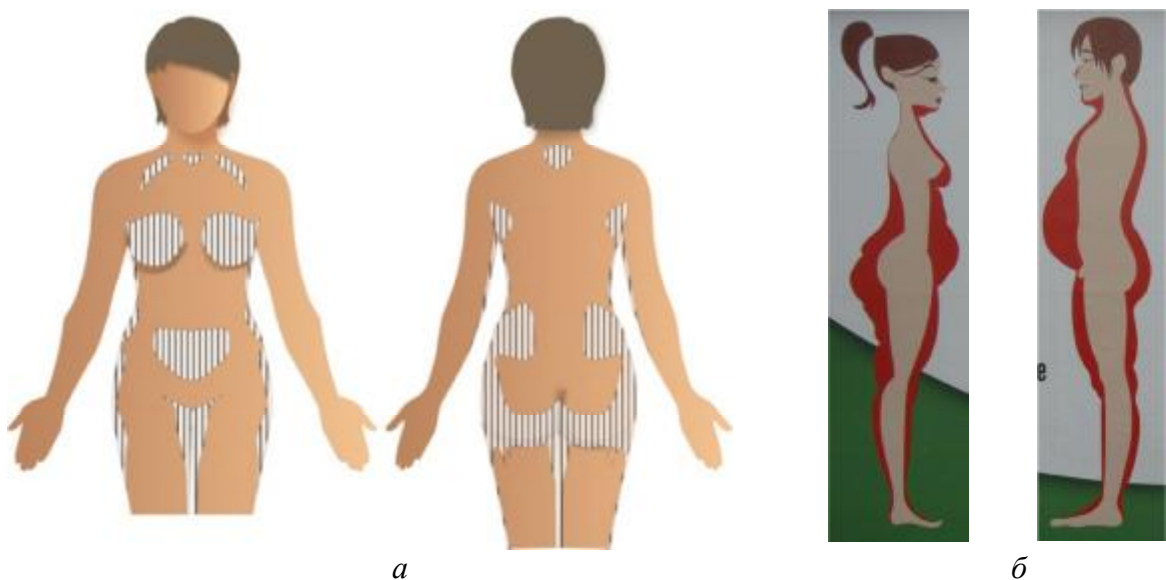


Рис. 1.1. Распределение жировых отложений на поверхности женского тела (а) [2] и особенности нарастания жировых отложений в мужских и женских фигурах (б)

Современная западная медицина объясняет этот феномен подавлением ощущения от компрессионного давления благодаря анатомии, эмбриологии, психологии, биохимии и молекулярной биологии, рассматривая кожный покров, клетку, протеин или ген как независимый орган.

Китайская традиционная медицина (КТМ) рассматривает любое заболевание как конкретный случай повреждения из-за беспорядка на уровне гомеостаза, дисбаланса между *yin* и *yang*, жизненной активности, происшествий в аномальных биологических процессах, которые вызываются серией функций, обменом веществ и морфологическими изменениями, а в итоге выражаются как различные симптомы, знаки и ненормальное социальное поведение [31]. Принципы КТМ инспирированы классической китайской философией; она изучала человеческое тело и законы жизни с позиций *holistic* подхода и перспективы времени и пространства. Она предпочтительнее фокусировалась на изучении систематических функций и изменении связей, чем на материальной составляющей и пространственной структуре. ТКМ верит, что человеческие органы, кости, выражение лица, кожа, кровеносные меридианы и функции органов, духовное и эмоциональное контактируют друг с другом. Они принадлежат пяти различным системам: сердцу, печени, селезенке, легким и почкам, которые вместе составляют многослойную структурную систему вместе с внутренними органами и функциями. Пять систем могут быть классифицированы в соответствии с

их функциями и детализированы. В тоже время, многочисленные взаимодействия между различными системами формируют комплексную систему с нелинейными функциями. В дополнении они адаптируются одна к другой под влиянием внешней окружающей среды и физической нагрузки с образованием нелинейной комплексной адаптивной системы [31]. Поэтому полезно начать анализ чувствительности кожных покровов, используя знания ТКМ, а потому мы будем рассматривать связи между меридианами, точками акупунктуры и чувствительности кожи к компрессионному сжатию.

Меридианом называют канал, по которому передвигается кровь, внутренние органы контактируют с поверхностью кожи и всем телом и который является контрольной системой для функций тела. Теория меридианов описывает их распределение с позиций контроля физиологических функций и патологических изменений в точки зрения связи с органами. Они являются основой акупунктуры и важнейшей частью ТКМ. Система меридианов включает 12 меридианов-пульсов; 8 эктра пульсов; 12 боковых пульсов; 15 параллельных; 12 сухожилий и 12 кож, и соединяет внутренние органы и кожные покровы (рис. 1.2).

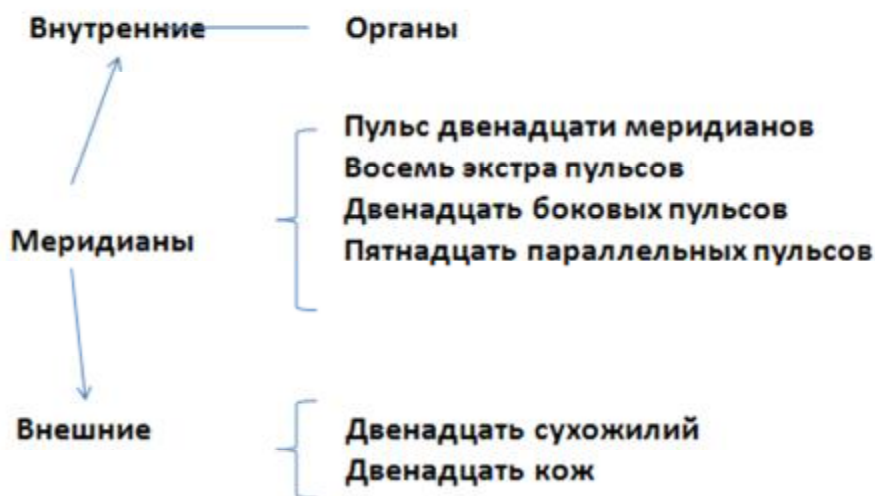


Рис.1.2. Конструкция системы меридианов в китайской традиционной медицине

В создании давления одежда не сможет воздействовать глубоко на меридианы, но только на поверхность кожи. Поэтому достаточно проанализировать топографию чувствительности 12 кож (“*twelveskins*”), которые являются частью системы меридианов. 12 кож состоят из шести внешне расположенных меридианов и соответствующих им шести кожных покровов [32] (табл. 1.1).

Внешние меридианы и соответствующие им кожные покровы в ТКМ

Шесть внешних меридианов	<i>Tai Yang</i>	<i>Yang Ming</i>	<i>Shao Yang</i>	<i>Tai Yin</i>	<i>Shao Yin</i>	<i>Jue Yin</i>
Участки поверхности кожи	<i>Guan Shu</i>	<i>HaiFei</i>	<i>Shu Chi</i>	<i>Guan Zhe</i>	<i>ShuRu</i>	<i>HaiJian</i>

Рис.1.3 показывает топографию расположения меридианов на поверхности тела. [Забегая вперед, интересно сравнить результаты чувствительности к давлению, полученные нами в табл. 3.4, с системой шести внешних меридианов на поверхности человеческого тела (рис.1.4) и полученной нами топографии зон переносимости давления (рис.3.9). При детальном рассмотрении можно заметить, что “JueYin” расположен вокруг выступающей точки грудных желез, под грудью и около переднего угла подмышечной впадины как третья зона чувствительности. Четвертая зона чувствительности должна иметь связь с “TaiYang” в шейной точке и на спине на уровне обхвата груди четвертого. “ShaoYang” повторяет пятую зону чувствительности в области плеча и локтя]. Это подтверждает правильность нашего обращения к ТКМ для обоснования выбора участков поверхности женской фигуры для проектирования комфортной одежды.

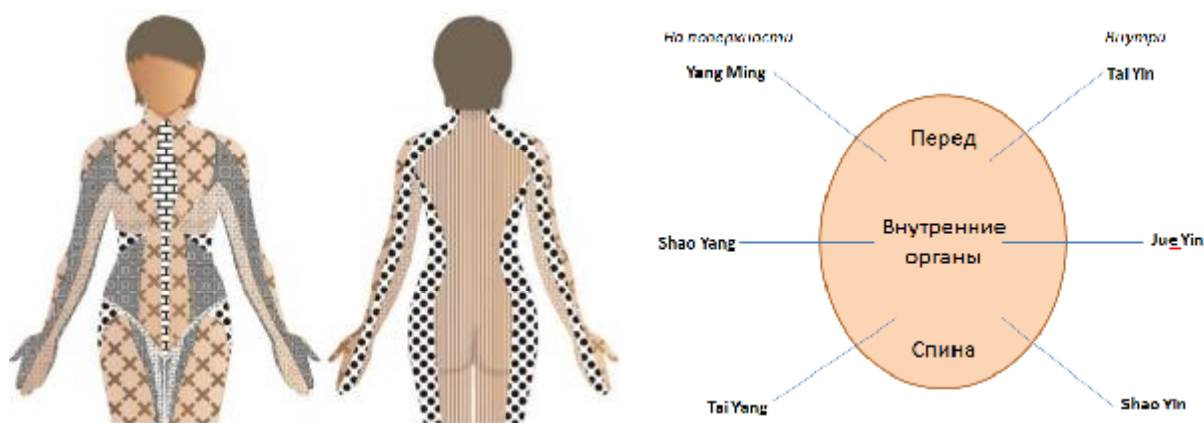


Рис. 1.3. Шесть меридианов на поверхности человеческого тела в КТМ



Внутренние связи между расположением зон чувствительности и топографией шести меридианов показывают, что различие в ощущениях

компрессионного давления между разными участками женской фигуры могут быть вызваны не только жировыми отложениями, показанными на рис.1.1, б, но также и внутренней системой меридианов, которые опоясывают конструкцию человеческого тела.

Таким образом, в этом разделе мы показали, что исследования с женскими платьями должны базироваться не только на информации об их конструктивном устройстве, но и использовать ранее полученные результаты из теории компрессионного давления. Мы установили, что плечевой пояс (исключая плечевую точку) является очень удобным и подходящим для проверки влияния давления плечевой одежды. Из-за ограничений, вызванных выбранным объектом исследования, такие участки, как шея, запястье, бедро и др., не будут исследованы в эксперименте. Комбинация медицинских аспектов кожных феноменов с компрессионным давлением под одеждой позволит разработать новый подход к проектированию женских платьев. На этом пути мы планируем создать базу данных о чувствительности кожных покровов женских фигур в системе "фигура-платье" с последующим использованием её в HFCAD.

1.5. Современное состояние 3D проектирования одежды

В последние десятилетия большие усилия были направлены на развитие 3D САПР и виртуальную симуляцию, которые помогли ускорить процесс дизайна и снизить стоимость конечного продукта благодаря живости визуального дизайна при его внедрении в промышленное производство. Многие отрасли промышленности, такие как архитектура и автомобилестроение, получили большие преимущества из технологий 3D САПР; по сравнению с ними индустрия моды отстает от их развития и применимости САПР. Исследования по 3D моделированию фигур и одежды были начаты в 1980-е гг. благодаря применению в фильмах и анимации. После этого самые различные системы 3D виртуальной симуляции одежды были созданы для разных целей и самыми разными возможностями. Геометрически-ориентированный и физически-основанный подходы были использованы в моделировании и симуляции с целью повышения точности и скорости [33]

Дизайн и производство одежды являются направлениями, которые часто характеризуют как консервативные и сильно сопротивляющиеся изменениям в сложившихся процессах благодаря экстремально короткому циклу производства (обычно 3-4 месяца и укорачивающемуся каждый день)

и постоянно растущим требованиям по уменьшению цены и ускорению производства. Другие ориентированные на потребителя отрасли, в частности автомобильная, стали использовать 3D симуляцию и технологии визуализации давно и получили выгоды в быстром и более точном дизайне и совершенствовании технологического цикла. Прямо противоположно, индустрия моды гораздо медленнее адаптировала даже 2D CAD-проектирования для производства чертежей, не задумываясь о полном цикле с 3D симуляцией [34]

Интересно отметить, что хотя немало коммерческих систем сейчас предлагает модули с 3D виртуальной симуляцией (**Runway 3D, OptiTex; V-stitcher by Browzwear, Gerber Technology; Modrias 3DFit, Lectra**), однако индустрия моды не решается адаптировать эти новинки в реальную практику построения чертежей. Одной из основных проблем является недостаточная точность результатов 3D виртуальной симуляции. Чтобы оценить результаты дизайна, системы 3D симуляции должны не только предугадывать точно форму и посадку одежды на виртуальной фигуре, но также точно воспроизводить все особенности поведения текстильных материалов. Для настоящего реалистичного дизайна одежды эффекты драпировки будут отличаться для одной и той же ткани при изменении направления раскроя. Это является причиной, почему материалы для одежды имеют переменное влияние на результаты формообразования. Некоторые коммерческие системы 3D симуляции заявляют, что эффекты драпировки для различных материалов могут быть воспроизведены за счет знания показателей их свойств, полученных при стандартных методах испытаний. Настоятельно важно обеспечить стабильность результатов симуляции, пока же это довольно далеко от систематического изучения, необходимого для эффективной работы системы виртуальной симуляции и использования ее как инструмента дизайна и оценки [33].

2D чертежи и 3D виртуальная симуляция одежды. В производстве одежды конструктор получает рисунки моделей от художника и создает чертежи на базе собственных знаний. Эти знания интегрируют не только понимание конструкции одежды и чертежей, но и требуют понимания поведения текстильных материалов. Даже при использовании одних и тех же чертежей, окончательные формы одежды будут изменяться под влиянием свойств материалов, а потому формы довольно трудно предсказать. Традиционно конструктор будет делать попытки и проверять свои чертежи в виде интерактивного процесса создания чертежей деталей, примерки на моделях, согласования возможных изменений [35].

Область научных исследований, относящихся к 3D проектированию и виртуальной симуляции, активно развивается в последние 20 лет. На начальном этапе усилия исследователей были направлены на обоснование показателей физико-механических свойств и получение максимально-реалистичных виртуальных моделей одежды [36]. Последние исследования фокусируются на развитии САПР, которые позволяли бы улучшить симуляцию в реальном времени [37,38].

Сегодняшний рынок предлагает большое число коммерческих САПР, способных выполнять все этапы, начиная от разработки лекал и заканчивая трехмерными прототипами. Однако производство одежды по принципу *made-to-measure* пока доступно небольшому числу известных компаний в развитых странах из-за сложности интеграции надежных компьютерных и измерительных систем и необходимости наличия баз данных из нескольких смежных научных дисциплин, относящихся к антропометрии, объективной оценке свойств материалов [39], конструированию, технологии, компьютерной графике и математике как фундаментальной дисциплине. Использование 3D САПР и симуляции для разработки лекал могла бы стать решением этой проблемы. Как результат, некоторые рекомендации или направления как использовать 3D симуляцию могут быть разработаны для индустрии моды, а благодаря этому получены выгоды в виде снижения стоимости и сокращения времени [35].

Обычные САПР базируются на таблице с размерными признаками типовых фигур, а 3D САПР основаны на трех важнейших технологиях: физическом моделировании текстильной одежды, трансформации от 2D к 3D или от 3D к 2D, 3D визуализации [40-42]. Технология получения плоских разверток включает следующие этапы: генерирование 3D фигуры, выбор показателей свойств материалов, построение модели оболочки в виде треугольной или прямоугольной сети с центрами масс между секциями, описание различных сил и энергий, нахождение положений между 3D поверхностью и соответствующим чертежом, используя принцип минимизации энергии для того, чтобы получить оптимальные 2D чертежи, из которых впоследствии может быть собрана 3D поверхность с минимальной деформацией [43,44].

3D симуляция становится более распространенной и доступной из нескольких различных источников:

- 1) создание виртуальных реалистичных изображений одежды на 3D сканированных фигурах или аватарах (без необходимости использовать специфические 2D чертежи одежды. Такие системы наиболее популярны в

создании игр или виртуальных сред, таких как *SecondLife* или в применении продаж по Интернету),

2) генерация 3D формы из реальных 2D чертежей, “сшивая” детали вместе, применяя физические модели для симуляции складок, посадки, драпировок на поверхности аватара. Это недавние системы, которые интересны для дизайна одежды, поскольку они сохраняют специфические связи между 2D чертежами и 3D одеждой.

3D технологии сканирования. 3D сканирование фигур является новой технологией, существующей с конца XX века, для производства одежды, моделирования человеческих фигур, медицины и индустрии развлечений. Свидетельством актуальности бодисканеров являются ежегодные научно-технические конференции, проводимые группой **НOMETRICA** (Швейцария). 3D бодисканеры являются оптическими трехмерными измерительными системами для получения оцифрованных копий поверхности человеческих фигур путем генерации виртуального облака из близко расположенных точек. Существует большое количество бодисканеров, однако, процессы сканирования очень похожи. Основными типами сканирующих систем являются лазерные и световые, в которых свет проецируют на сканируемую поверхность, воспринимающие камеры обнаруживают отраженный свет, деформируемый поверхностью объекта. Смещение светового потока используют для вычисления трехмерных координат точек [37,45]. Почти все университеты КНР имеют бодисканеры для выполнения антропометрических измерений и научных исследований. В Российской Федерации самые глубокие исследования выполнены на кафедре конструирования швейных изделий Текстильного института ИВГПУ, а также в МГУДТ.

Сканированная фигура может быть импортирована в виртуальную среду для использования в качестве аватара. Бодисканеры имеют огромный потенциал для потребительского рынка с позиций проверки посадки одежды [34]. Большинство компьютерных программ 3D симуляции использует аватары человеческих фигур с фиксированными размерными признаками или алаптируемыми под реального потребителя. Модификация аватаров под конкретного потребителя имеет некоторые ограничения, часто основанные на определенных локальных закономерностях, но полная модификация типовых аватаров в индивидуальные пока затруднена [34].

Некоторые последние исследования, относящиеся к сканированию фигур и получаемым результатам, в основном рассматривают будущую

интеграцию технологии сканирования с различными процессами преимущественно с позиций автоматизации или сферы потребления. **J.M.Lu** и **M.Wang** [46] исследовали автоматизацию антропометрических измерений с помощью 3D бодисканеров с позиций исключения ручных действий. С позиций потребительского рынка **H.Daanen** и **S.Hong** [47] развили *made-to-measure* метод конструирования, основанный на 3D скане фигуры. **C.Chen** [48] оценивал посадку основных видов одежды в m-t-m процессе для фигур с различными характеристиками. **S.Loker** [49] пытался описать через параметрический анализ результаты сканирования для упорядочения размеров одежды *ready-to-wear* и улучшения посадки. **S.H.Shin** и **C.Istook** [50] разработали схему согласования формата стандартизации конструктивных параметров между САПР одежды и 3D результатами сканирования с помощью языка *ExtensibleMarkup*. **J.Riffey** и **S.Ashdown** [51] разработали автоматический метод получения базовой конструкции юбки на основе сканированных фигур. **S.Ashdown** [52] изучала возможность автоматического определения положения бокового шва в одежде (*torso fitting garments*) после сканирования фигур различных типов. **C.Istook** [53] пытался сформулировать возможности САПР для автоматической проверки посадки одежды. **K.Simmons** [54] разработал систему классификации форм женских фигур на языке VisualBasic, используя результаты 3D сканирования для повышения удовлетворенности в одежде с хорошей посадкой. **L.J.Connell** [55] работал в этом же направлении для разработки шкал для оценки форм фигур с использованием экспертных систем.

В тоже время, используя преимущества 3D технологий, таких как 3D сканирование, 3D моделирование и 3D симуляцию одежды, некоторые недавние исследования посвящены анализу реалистичности и полезности таких 3D технологий в оценке посадки одежды. **S.Ashdown** после исследований эффективности использования 3D сканеров для оцифровывания одетых людей и проверки посадки установила, что 3D изображения имеют определенный потенциал для замены реальных моделей, хотя бы потому, что некоторые измерения реальных людей не могут быть получены из 3D аватаров [56,57]. **E.Bye** и **E.McKinney** позднее также исследовали достоверность 3D сканов как инструмента для проверки посадки и сравнения с реальными людьми [58] и установили, что хотя посадку возможно тестировать на 3D сканах, возникают некоторые недостатки в точности измерений в некоторых областях.

Точность 3D симуляций одежды. Как было отмечено выше, исследования относительно 3D симуляции одежды очень интенсивны. 3D симуляция одежды основана на геометрическом или физическом моделировании, точность и реалистичность симуляций и ее скорость значительно повышены в последние годы [59,60]. 3D симуляция обладает огромным потенциалом в анализе посадки [61], а число коммерческих САПР с модулями 3D симуляции увеличивается. Обычно сначала получают 3D виртуальный аватар, а затем детали одежды виртуально сшивают вокруг него, моделируя процесс реального ношения одежды. Посадка одежды может быть адаптирована под размеры реальной фигуры. Она может быть превосходным инструментом для развития производства из-за исключения целого ряда этапов в проектировании и производстве благодаря возможностям программных продуктов. Однако, самым слабым местом остается воспроизведение поведения реальных тканей вокруг фигуры из-за разнообразия первых. Методы сенсорного анализа используют для идентификации различий между виртуальной и реальной системами "фигура-одежда" и их адаптации [62]. Эффективность базовых принципов 3D симуляции для брюк была проверена повторением реальных условий [63], в ходе которой было установлено, что визуальная информация о внешней форме является точной, а реалистичность тканей явно не достигнута. Дальнейшие исследования требуют разработки четких критериев для оценки реалистичности симуляции тканей.

Поэтому симуляция одежды нуждается в больших изменениях, поскольку не только драпируемость и подвижность требуют реализма и количественной механической точности, но и сами реальные модели одежды становятся более сложными и разнообразными [60], что усложняет процесс симуляции. Во-первых [64], форма одежды усложняется и становится высоко зависимой от ее конструкции и взаимодействия между деталями и с телом. Во-вторых, природа одежды является высоко деформируемой, которая отражает огромную визуальную разность для тканей с разной драпируемостью и подвижностью на неуловимом механическом уровне. В-третьих, механическое поведение материалов нелинейно и высоко анизотропно, чем описывают обычные количественные методы, а потому точные измерения и моделирование необходимо согласовывать с прототипами.

Хотя масс-пружинная модель текстильного материала обеспечивает быструю и гибкую симуляцию [65], результаты пока неудовлетворительны из-за анизотропии и нелинейных механических характеристик. Другой

известной технологией является метод конечных элементов [66], который является более аккуратным, но требует мощной компьютерной поддержки, а потому он является неудобным для симуляции одежды. Анимация также является ключевой областью в симуляции одежды, которая дает внешний эмоциональный вид (*look-and-feel*) от одежды в движении, но не обеспечивает высокого уровня точности.

3D симуляция тканей в одежде. Развитие симуляции одежды началось в конце 1980-х гг. с неудовлетворительных результатов. Были сделаны очень важные шаги в направлении развития программного обеспечения и инструментов, которые продвинули технологию симуляции в направлении создания технологии виртуальной реальности и инструментов для дизайна в индустрии моды [35].

Первая система симуляции была предложена **D.Terzopoulos** [67] в 1987 г., который использовал уравнения Лагранжа для описания энергии эластичных поверхностей и их движения. В его системе регулярная решетка с различными конечными схемами была использована для симуляции драпируемости деталей прямоугольной формы в виде флага для создания визуальной реальности, наглядно показывая различие между виртуальными материалами, например, пластиком и металлом. Позднее было получено множество улучшений в симуляции одежды [68-70]. Параллельно улучшения в технологиях определения противоречий (*collision detection techniques*) позволили моделировать складки (морщины) и многослойность посредством процесса самопротиворечия (*self-collision*). Эти улучшения позволили сделать возможным копирование или создание реалистичных моделей одежды [71].

Однако точность симуляции одежды пока недостаточна для выполнения требований к *Virtual Prototyping* и его применению в САПР. Ускорение симуляции может быть достигнуто за счет использования цифровых интеграционных методов (*implicit numerical integration methods*) [72], позволяющих улучшить внешний вид, повысить точность для конструктивно-сложных видов одежды и ускорить интерактивную симуляцию.

3D симуляция формы одежды. Попытки описания формы одежды с помощью алгоритмов моделирования и симуляции претерпели огромные изменения с 1980-х гг. В 1991 г. **B.Lafleur** и **N.M.Magnenat-Thalmann** [77] создали механическую модель, чтобы генерировать одну из первых анимаций виртуальной одежды, получаемой за счет надувания воздуха в юбку "*Flashback*". Параллельно остальные исследования в направлении

моделирования фигур, анимации и определении противоречий были выполнены для улучшения знаний.

Существующие подходы могут быть разделены на три категории: геометрические, физические и гибридные (комбинированные) [73].

Геометрические методы используют геометрические уравнения для получения и создания ткане-подобных (*cloth-like*) визуализаций без учета физических свойств материалов и фактически нереальны.

Физические методы представляют ткань как коллекцию огромного количества конечных элементов [75]. Силу или энергию, ассоциированную с каждым элементом, вычисляют, чтобы симулировать поведение ткани. Точность и результативность симуляции изменяется от метода к методу.

Гибридные методы объединяют первые два и используются в основном для осуществления более сложных моделей симуляции [76,77]. Благодаря развитию технологий бодисканирования, современное оборудование обеспечивает базу для получения более точной информации, недоступной в прошлом. Поэтому современные исследования фокусируются на изучении формы одежды посредством технологий бодисканирования, которая объединяет физические и геометрические методы [78].

Наиболее очевидным преимуществом 3D технологий симуляции (как описано ранее) является уменьшение времени, необходимого для производства новых моделей. Однако существуют и другие менее очевидные преимущества, в частности визуализация одежды в новых направлениях. Такими направлениями являются отображения областей тесноты, сжатия или даже давления, которые могут качественно изменить содержание визуализации, и эти особенности предлагаются как альтернативны традиционному моделированию. Для этого показатели ткани могут быть регулированы по блеску, чтобы изменить отражающий эффект поверхности одежды. Введение во внешний вид виртуальной модели складок и натяжений помогает дизайнерам видеть более отчетливо места возникновения проблем.

Пока 3D симуляция не является совершенным отражением реального мира: посадка одежды в физическом мире сопровождается появлением определенных индикаторов (морщин, несоразмерности, дисбаланса). Но среда 3D симуляции не содержит пока всех индикаторов реального мира. Симулируемая одежда имеет тенденцию выглядеть скорее как пластилиновая, чем из ткани. Важно отметить, что аватары в виртуальной среде также не имеют всех свойств, как фигуры физического мира, а

напоминают жесткие сетки, не способные сжиматься [34]. В этом направлении виртуальная среда предлагает различные индикаторы, которые могут заменить некоторые из недостающих физических.

Понятие комфорта. Как было сказано в разд.1.1, посадка одежды всегда является одним из самых важных факторов в концепции удовлетворенности потребителя, но понятие посадки различно в разное время и изменяется вместе с культурой одежды, стандартами промышленности и человеческого понимания эстетического совершенства. Ожидания потребителями посадки частично зависят от внешнего вида, физического и психологического комфорта одежды. Эти качественные факторы одежды непосредственно относятся к показателям механических свойств материалов, влияющих на эффект драпируемости и трехмерную форму [37].

Чувственный комфорт очень сложен и субъективен, зависит от индивидуальности потребителя, и крайне сложен в точном описании. При эксплуатации одежда имеет разный контакт с кожей; следовательно, в первую очередь комфорт связан с чувствами, возникающими при контакте ткани, одежды с кожей. При рассмотрении процесса контакта между материалом и кожей при механических взаимодействиях в процессе носки, между ними будет возникать давление и оказывать влияние на кожу. Этот процесс приводит в действие различные рецепторы и генерирует многообразие ощущений от контактов. Можно заключить, что механические взаимодействия такие как покалывание, царапание, будут иметь прямую связь с тактильным комфортом. Однако, каким образом давление, вызываемое одеждой и свойствами материалов, будет влиять на субъективные психологические ощущения? Кожные стимуляторы, сенсорная система, ощущения тактильного комфорта и давления, результаты исследований комфорта должны быть рассмотрены все вместе, чтобы изучить психологические механизмы комфорта [79].

Комфорт – совокупность удобств, фундаментальное качество человеческого существования, но очень сложно подобрать точное определение этому комплексному понятию.

Существует много разных способов для концептуализации, определения и анализа ощущений при комфорте, которые результируют разные подходы к этому феномену с позиций материалов, технологии и дизайна для достижения реальности в области текстиля и одежды. Социальные историки подобно **J.Crowley** полагают, что комфорт был одновременно культурным феноменом и технологической инновацией [80].

В тоже время, **V.Roberts** [The quest for comfort, 1997, London: Chartered Institute of Building Services Engineers] представляет комфорт как результат технологического поиска,двигаемого прогрессом с технике.

Комфорт одежды также является сложным субъективным ощущением, возникающим при взаимодействии между материалами, климатом, психическими и психологическими особенностями.

Три вида комфорта были выделены **K.Slater** [81,82], которые включают *физиологический* (*physiological*), *психологический* (*psychological*) и *телесный* (*physical*). Также исследуют влияние окружающей среды на комфорт. Психический комфорт относится к способности переносить; психологический комфорт относится к способности держать себя удовлетворенным (*to keep itself satisfied*), физический комфорт отражает влияние окружающей среды на человека.

Комфорт идентифицируется как эксперимент согласно **P.A.Potter** [83], который он описал следующим образом:

- физический комфорт относится к телесным ощущениям;
- социальный комфорт относится к межличностным, семейным и социальным связям;
- психологический комфорт относится к внутреннему самоосознанию и жизненным ценностям;
- окружающий комфорт относится к внешней среде человеческого существования.

По определению **Г.Е.Кричевского** [84], комфорт одежды – это комплексное понятие на стыке психологии, физиологии, материаловедения и когнитивных технологий, а решение проблемы комфорта достигается с помощью современных достижений теплофизики, материаловедения, медицины, дизайна и конструирования одежды. Он подразделяет комфорт на 4 вида:

- термофизиологический, в основе которого лежат тепломассообменные процессы (для тепла и влаги, в частности пота) между пододежным пространством и окружающей средой, механическое взаимодействие одежды с телом, отражение и поглощение света;
- сенсорный, формирующийся различными нервными ощущениями при контакте текстильного материала с кожей. На него влияют термобаланс в организме, динамическое взаимодействие ткани одежды и с кожей, в том числе и под влиянием сдавливающих нагрузок, особенно при выполнении движений;

- комфорт в движениях тела, являющийся результатом способности одежды обеспечивать свободу движений без излишнего стеснения и при достаточной изгибаемости и драпируемости пакета материалов;

- эстетический как субъективное тактильное, слуховое, зрительное восприятие одежды [84].

Наиболее важной частью в достижении комфорта должно быть совместимость этих сложных взаимодействий между физиологическими, психологическими, нейрофизиологическими и физическими факторами.

Комфорт при ощущениях. Функционирование человеческого сенсорного механизма может быть проиллюстрировано следующим образом. Во-первых, различные физические стимулы, которые показаны в табл.1.2, создаются разными органами чувств (глазами, ушами, носом, ртом), которые следят за адаптацией стимуляторов. Затем нейрофизиологические импульсы посылаются от органов в мозг. Испытывая различные процессы, мозг инициирует ощущения от стимулов, и эти ощущения возникают под влиянием собственных экспериментов, культурных и социальных факторов. Примеры, как различные стимулы и относящиеся к ним рецепторы формируют комфорт от одежды, показаны в табл.1.2.

Таблица 1.2

Stimuli относящиеся к ним рецепторы, вызывающие комфорт одежды

Стимулы (<i>Stimuli</i>)	Рецепторы	Примеры реакций
тепловые	Кожные, тепловые ноцицепторы	Потение, ускорение движения крови
внешнего давления	Кожные ноцицепторы	Ощущение сдавливания, боль
тактильные	Кожные, механические ноцицепторы	Ощущения мягкости, жесткости, ровноты поверхности

Тактильный и сдавливающий комфорт являются важнейшими факторами при эксплуатации одежды. Достижение физиологического комфорта зависит от тактильного восприятия и ощущения давления, возникающего между материалом и кожными рецепторами. Фактически психологический комфорт отражает восприятие материала напрямую кожей. При носке эти чувства легко возбуждаются различными механо-рецепторами в коже и вырабатывают целый ряд ощущений от прикосновения. Взаимодействие между кожей и материалом одежды стимулируется факторами, имеющими механическую природу (ровнота

поверхности, жесткость и др.). Исследования ощущений от прикосновения и сдавливания одеждой выполнены рядом ученых, упомянутых в разд.1.1.

Психологически термин “комфорт” может быть интерпретирован сенсорными описаниями.

Большинство ощущений от механического взаимодействия такие как покалывание, царапание, зуд, гладкость и липкость относятся к тактильному комфорту. Эти ощущения главным образом относятся к свойствам поверхности материалов и в основном реагируют с кожными рецепторами боли. Поверхностные свойства материалов включают диаметр выступающих концов волокон, их плотность и шероховатости [85].

Количество свойств тканей были отобраны и разработаны японскими специалистами - проф. **S.Kawabata** и доктором **M. Niwa** из Комитета стандартизации и ручной оценки (HESC). Показатели свойств материалов, включая “KOSHI” (жесткость), ”NUMERI” (ровнота), “FUKURAMI” (наполненность), “SHARI”(хруст) и “HARI”(жесткость, препятствующая драпировке). Они были использованы для тактильных оценок материалов, состоящих из окончательной суммарной и предварительных тактильных оценок.

Связи между показателями свойств материалов и различными тактильными и сдавливающими ощущениями, среди которых могут быть колючесть (Prickliness), зудение (Itchiness), жесткость (Stiffness), мягкость (Softness), ровнота поверхности (Smoothness), шершавость (Roughness) и царапание (Scratchiness) будут рассмотрены ниже.

Ощущение колючести материалов. Рассматривая взаимодействие между текстильным материалом одежды и кожей, колючесть вызывает различные ощущения, которые могут быть классифицированы как комфорт и дискомфорт. Ощущение колючести является одним из них, которое рассматривается как наиболее раздражающее дискомфортное ощущение при прямом контакте материала с кожей. Ощущение колючести обнаруживается специальными типами нервных окончаний, ответственными за болевые ощущения, после воздействия на болевые нервы выступающими волокнами на нерегулярной поверхности ткани, контактирующими с кожей. Важно, что ощущение колючести требует суммирования от групп болевых нервов. Степень дискомфорта вызывается ощущением колючести и оно отличается для различных людей для различных условий ношения одежды. Если такое действие продолжается долго, то оно может вызвать кожное воспаление.

Согласно исследованиям **R.K.Gransorothy** [86], специальные типы болевых нервов классифицированы в зависимости от их способности реагировать на ощущения колючести. Усилие, равное 0.75 mN, используют для того, чтобы вызвать ощущение колючести. Было установлено, что в случае нейрофизиологии, основа колючести, вызываемой тканью, классифицируется как механическое воздействие ткани на кожу. Этот вид стимулирования вызывает низкую степень активности группы болевых нервов.

Ощущение зуда материалов. Зуд частично соответствует ощущению, вызываемого колючестью. Кожные болевые рецепторы активируются в случае ощущений зуда. Колючая ткань обычно имеет качество ощущения зуда и, как было установлено, существует высокая корреляция между ощущениями колючести и зуда, следовательно, существует общий механизм для обоих ощущений. Обращаясь к исследованию **Y.Li**[87], ощущение зуда вызываются некоторыми волокнами и свойствами тканей, такими как диаметр волокон, толщина ткани при низком и высоком сжатии и неровнота (ворсистость) поверхности.

Ощущение жесткости материалов. Жесткость материалов может быть оценена объективно и субъективно. Субъективные оценки могут быть получены при ручном тактильном контакте, а объективные показатели – с помощью разных приборов подобных Shirley Cantilever, Shirley Cyclic Bending Tester и др.

Некоторые исследователи установили связь между субъективным ощущением жесткости и объективно измеренными показателями механических свойств материалов. Например, **H.M.Elder** [88] установил существование линейной зависимости между ощущением от жесткости материалов и тремя объективными показателями (жесткостью при изгибе и коэффициентом драпируемости).

Следовательно, влияние свойств материалов на субъективную оценку жесткости также может быть установлено. Жесткость материала также названа KOSHI, которая в свою очередь идентифицирована HESC. Это один из видов основных органолептических понятий, используемых проф. **S.Kawabata** для тактильной оценки материалов. Им установлено, что показатели механических свойств материалов можно разбить на три группы, которые влияют на субъективную оценку жесткости материала и включают следующие характеристики: первая - способность ткани к растяжению, например, разрывная нагрузка; вторая – компрессионная способность материалов, характеризуемая толщиной при низком и

высоком давлении, сопротивлении сжатию, используемой энергии; третья – показатели поверхности в виде коэффициента трения и его рассеивания, влияющий на субъективную оценку ощущения жесткости.

Ощущения мягкости. Мягкость материалов является одним из наиболее часто используемых терминов для описания комфорта одежды. Очевидно, что мягкость противоположна жесткости согласно результатам исследования **F.T.Peirce** [89]. Ощущение мягкости ткани рассматривается как противоположное жесткости и может характеризоваться изменением толщины согласно исследованиям **W.S.Howorth** [90]. Ощущение мягкости высоко коррелирует со способностью ткани сжиматься. Этот результат был получен **H.M.Elder** [91], который руководствовался субъективным *magnitude* методом оценки.

Помимо корреляции между объективными показателями свойств тканей, исследована и субъективная оценка мягкости **Y.Li** [85]. Три вида показателей свойств материалов оценены и идентифицированы в качестве факторов, влияющих на субъективную оценку мягкости: сжимаемость (например, толщина при низком и высоком давлении сжатия, сопротивление и энергия сжатия, вычисляемые по кривой сжатия), ровнота поверхности и показатели растяжимости, максимальное удлинение и разрывная нагрузка.

Ощущения ровноты, шероховатости и царапания. Ощущение ровноты, шероховатости и царапания обычно вызывается фрикционным и механическим взаимодействием в процессе ношения одежды. Некоторые исследователи отмечают, что ощущения шероховатости и царапания являются ключевыми факторами, влияющими и определяющим комфорт одежды при непосредственном ее контакте с кожей.

Связи между ощущениями от них и показателями свойств материалов исследованы в работе **D.Chen** [92], который установил влияние механических и геометрических свойств материалов – жесткости при изгибе и сдвиге, ворсистости, толщины и плотности волокон - на ощущение шероховатости.

Более того, исследованиями **Y.Li** [85] установлены некоторые ключевые факторы, влияющие на субъективную оценку шероховатости и относящиеся к показателям физических свойств - фрикционные свойства, ворсистость, сжимаемость, диаметр волокон, растяжимость волокон и тканей.

Ощущения от царапания аналогичны ощущениям от ворсистости, на них влияют растяжимость тканей (максимальное удлинение, энергия

растяжения, наклон кривой растяжение-релаксация), ворсистость (максимальная сила трения, значение и вариация ворсистости) и компрессионные свойства (толщина при низком и высоком давлении, линейность кривой сжатия, энергия сжатия, наклон кривой сжатия).

Микроклимат между телом и одеждой. Комфортность одежды зависит от микроклимата пододежного пространства. В широком смысле под зонами микроклимата понимают воздушные прослойки, формирующиеся между верхними слоями кожи и поверхностями одежды. В узком смысле под ними понимают микроклимат между кожей и внутренними слоями одежды с рассмотрением температуры, влажности, движения воздуха и других параметров [92,93]. В различных ситуациях (разные условия для частей тела, наличие прослоек в одежде) изменяются условия для формирования микроклимата и физиологического состояния кожи (температура, потение, статус и др.) [94].

Перенос тепла. В процессе теплообмена между телом, одеждой и окружающей средой одежду рассматривают как продолжение окружающей среды, выполняющей роль теплового сопротивления и теплохранилища между кожей и окружающей средой. В холодном климате охлаждающая радиация с поверхности кожи, экранированной одеждой, направлена внутрь одежды. В этом случае одежда может блокировать большую часть длинноволнового инфракрасного излучения из глубинных слоев кожи и таким образом приносить тепло к внутренней поверхности одежды. В тоже время, благодаря зазору между одеждой и волокнами, содержащими большой объем неактивного воздуха, тепловая проводимость которого очень мала, а потому передача тепла от поверхности кожи к внешней поверхности одежды значительно уменьшается: фактически он выполняет роль барьера для теплового потока, называемым тепловым эффектом (thermal effect).

Человеческое тело обладает мощной системой климатического контроля, которая может быть адаптирована под широкий диапазон внешних термических условий, и люди могут регулировать количество носимой одежды и свою активность в нормальных жизненных и трудовых условиях. Когда температура становится выше 35°C (что соответствует высокотемпературной окружающей среде душным летом), то одежда выполняет две функции [95]: первая - уменьшение экстремального нагрева, что является позитивным; вторая - затруднение потерям тепла.

Чтобы сформировать комфортное пододежное пространство, очень важно правильно выбрать материалы для одежды. Но количество

теряемого тепла будет существенно различаться даже в одежде из одного и того же материала, но с разной формой, структурой, манерой ношения и др. Стилль одежды и манера ношения более существенны, чем фактор материала. По этим причинам важными являются три следующих аспекта:

1. степень покрытия тела одеждой [96,97],
2. плотность прилегания и посадка одежды [98,99],
3. степень открытости застежек [92, 100,101].

Паропроницаемость и воздухопроницаемость. Начиная с широкого применения химических волокон с 1960-х гг., последние принесли не только смелость, но и повысили потливость и вызвали необходимость исследований по изучению паропроницаемости одежды.

В умеренных климатических условиях тепловой баланс тела с окружающей средой устанавливается за счет конвекции, радиации, испарения пота. В этом процессе тепловое сопротивление одежды становится основным фактором в установлении теплового баланса. Но в условиях выполнения тяжелой физической работы при низкой температуре, потеря тепла с потом становится очень важным. При высокой температуре окружающей среды потоотделение является эффективным средством терморегуляции, особенно когда температура окружающей среды равна или выше температуры поверхности тела, а конвекция и радиация будут недостижимы. Пароотделение - единственный эффективный способ для достижения теплового баланса, человек будет чувствовать себя комфортно, если пары воды будут проникать через одежду в окружающую среду вовремя. Если одежда будет препятствовать парам воды, то влажность в пододежном пространстве будет возрастать. Можно сказать, что паропроницаемость одежды является важнейшим фактором в достижении теплового баланса для жаркой окружающей среды, а на нее влияют свойства материалов, факторы окружающей среды и человеческие факторы.

Воздухопроницаемость текстильных материалов показывает их способность пропускать воздух через себя [102]. Воздухопроницаемость тканей влияет на течение воздуха и изменение перемещения паров воды и воды. Как результат, это изменяет влажность микроклимата и создает ощущение липкости для кожи [102].

Комфорт при сдавливающих нагрузках. Как было отмечено выше, ощущение давления одежды на тело также является важным фактором, влияющим на ощущение комфорта (дискомфорта), потому что повышенное давление однозначно приводит к дискомфорту. Многие

исследователи отмечают прямую корреляцию между давлением и комфортом.

Н.Макабе [103] исследовал влияние давления корсетов и талиевых поясов в широком интервале на субъективные ощущения. Были установлены некоторые факторы для возникновения давления в области талии: площадь контакта, дыхание и конструктивная прибавка. Установлены диапазоны восприятия давления: ниже 0-15 сН/см² эксперты не чувствовали никаких дискомфортных признаков, при давлении 15-25 сН/см² легкий дискомфорт, а если давление превышало 25 сН/см², то сильный дискомфорт.

В исследовании по изучению давления, возникающему при выполнении движений, **Н.Шимизу** [104] измерял давление под нижним бельем в статике и динамике. Было отмечено, что такие части тела как плечи, боковая и задняя поверхности могут воспринимать сильное давление в статическом положении фигуры. Поэтому в статическом положении давление выше, чем в динамических позах. **Н.Макабе** [105] подтвердил наличие связи между распределением давления и предпочтениями потребителей при выборе бюстгалтеров.

Более того, в некоторых исследованиях было подтверждено влияние физических свойств материалов одежды на возникающее давление. Например, **Ф.Юу** [106] установил существование негативных связей между ощущением давления и восприятием шершавости, малообъемностью и тяжести одежды. Ощущение давления имеет очень слабую корреляцию с восприятием мягкости и ровноты поверхности материалов. Другие условия действия давления были исследованы **Н.Ито** [107]. Он установил, что слабо выраженные зависимости существуют между субъективным восприятием давления и его фактическими величинами сжатия на таких участках фигуры как талия, живот, бедра и бедро.

Помимо связей между давлением и показателями свойств материалов исследуют и другие факторы. К ним относятся размерные признаки, степень жировоотложения, упругость мягких тканей, костная структура, которые также влияют на восприятие давления [108]. **К.Окабе** и **Н.Ямана** [109] подтвердили прямую зависимость между ощущением давления и неэластичностью мягких тканей. Более жесткие кожные ткани ощущают более сильную боль. Результаты были получены для 17 различных поз для 24 экспертов.

Основываясь на опубликованных источниках, можно констатировать, что давление свыше 25 сН/см^2 всегда вызывает ощущение дискомфорта. Много факторов влияют на ощущение давления: механические свойства материалов (мягкость, ровнота поверхности, царапаемость), место измерения (талия, бедра, бедро), эластичность кожных тканей и др.

Таким образом, подводя итог, можно констатировать, что комфортность одежды включает температурно-влажностный комфорт и комфорт под влиянием деформации одежды: последний является наиболее важным показателем качества для нижнего белья и спортивной одежды; а первый фактор важен для большинства видов одежды и тканей для верхней одежды. Поэтому в этой диссертации мы будем исследовать только компрессионное давление под одеждой и его связь с конструктивными параметрами 2D чертежей.

Методы исследований. 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 трехмерных систем «фигура-одежда», еще не сформирована.

Проф. **S.Кавабата** в 1972 г. создал объективную систему **Kawabata Evaluation System for Fabrics**, названную KES-F для измерения физико-механических свойств материалов, согласованную с тактильными восприятиями тканей (подробно см. в разд. 1.4). Для исследования тактильного комфорта в физиологический тест включают различные сенсорные показатели. Тактильные восприятия описывают ощущения от контакта человеческой руки с материалом.

Некоторые исследования содержат результаты, как описать результаты тактильной оценки с помощью шкалы субъективных ощущений, таких как мягкость, ровнота, колючесть, царапаемость, влажность. Например, изучение тактильных оценок было выполнено **Ж.У.Ну**[110]. В этом исследовании 15 экспертов были приглашены для опытной носки и оценки объектов путем ранжирования. Пять ощущений, относящихся к комфорту, включая мягкость, ровноту, колючесть, теплоту и влажность были выбраны в этом исследовании. Эти субъективные оценки были проранжированы от 0 до 5 и их значения были отнесены к трем различным механическим ощущениям ровноты, мягкости и колючести.

Компрессионное давление тесно ассоциируется с комфортностью и функциональностью плотнооблегающей одежды. Следовательно, допустимое давление под одеждой необходимо для каждого ее вида, и оно должно быть эффективной мерой для конструирования, особенно специальной одежды, поскольку база данных о компрессионном давлении может свидетельствовать о проблемах конструкции или может быть использована для оценки качества дизайна после квалиметрии его параметров как количественная цифровая база [111]. В связи с необходимостью улучшения функционального комфорта простые и понятные технологии для измерения давления одежды на фигуру востребованы.

Г.И.Сурикова [112] исследовала допустимые пределы заужения одежды из трикотажа, при которых давление на тело не превышает допустимой величины. В качестве условно нормального давления под одеждой ею принято 1600 Н/м^2 , которое можно использовать в качестве критерия для оценки комфортности одежды. Ею обосновано поперечное растяжение трикотажной одежды, вызванное движениями человека: на полочке в области груди - 15-20 %, на спинке - 30-35 %. Она измеряла давление с помощью лепесткового датчика конструкции А.Н.Шапошникова, а уравнение для расчета суммарного давления трикотажной оболочки на мягкие ткани имеет вид

$$Q = q_{\Gamma}/p_{\Gamma} + q_{\text{В}}/p_{\text{В}}, \quad (1.1)$$

где Q – давление трикотажной оболочки на тело; q_{Γ} , $q_{\text{В}}$ - интенсивность нагрузки (усилие, приходящееся на 1 см деформированного участка оболочки) соответственно в поперечном и продольном направлениях; p_{Γ} , $p_{\text{В}}$

- вертикальный и горизонтальный радиусы кривизны участка поверхности тела.

При растяжении трикотажной оболочки на 10...50 % давление под ней составляет: при одноосном растяжении 0,009...0,297 сН/см², при двухосном растяжении 0,018...3,267, а в оболочках возникают растягивающие усилия 0,166...15,29 Н.

Ю.А.Костин [113] исследовал давление детской одежды и возникающие при этом растяжения в пакете материалов, им получены зависимости между этими параметрами.

Симуляция давления одежды на фигуру в современных САПР. Как было отмечено, посадка является важнейшим фактором в проектировании комфортабельной и функциональной одежды [114]. Сегодня основные САПР (Gerber Technology, Lectra, Optitex) имеют модули для 3D виртуальной симуляции и проверки посадки одежды на 3D виртуальных моделях фигур [115]. Для этих целей воздушные зазоры, силуэт одежды и распределение растяжения в виртуальной одежде анализируют совместно, чтобы избежать материальной проверки [37].

В основном применяют два метода для симуляции давления: первый (прямой) показывает значение давления непосредственно, второй (косвенный) транслирует давление через деформацию текстильного материала. В первом методе после введения показателей механических или иных свойств материалов, вычисляют потенциальную энергию, форму и внешний вид, одежды, 3D проекционные зазоры и распределение давления (рис. 1.4).

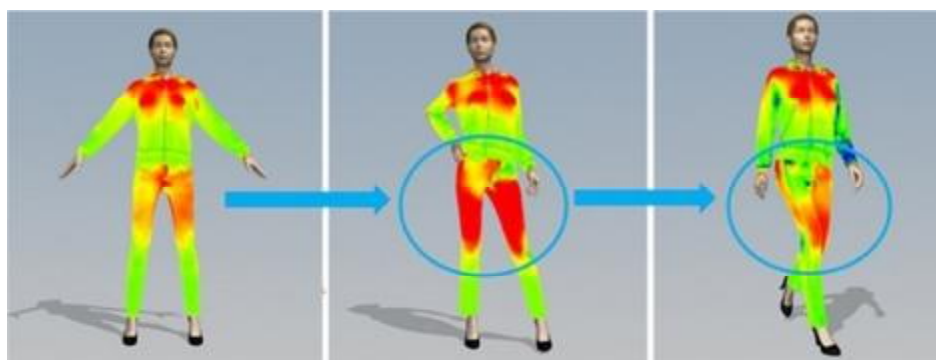


Рис. 1.4. 3D симуляция и CLO 3D анимация в программе Marvelous Designer [116]

Метод прямой идентификации компрессионного давления, конечно, является более предпочтительным, однако, его реализация в существующих системах, как показала проверка в гл.5, не подкреплена

достоверной базой данных, а потому в настоящих условиях может рассматриваться как приближенная.

В большинстве случаев при 3D виртуальных примерках давление идентифицируют по второму методу: распределение напряжений в материале, вызванных разностью между размерными признаками аватара и длинами соответствующих им участков одежды (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Идентификация растяжимости материала в программе Runway Designer САПР OptiTex

Конечно, такой подход является довольно условным, поскольку под растягивающимися материалами, например, тканью и трикотажным полотном, возникающее компрессионное давление будет разным не только из-за различий между показателями свойств, но и по причине разной морфологии фигур и чувствительности их участков. Применение такого метода возможно в том случае, если предварительно будут сформированы базы данных, включающие проверенные зависимости между растяжением материала и оказываемым им давлением на разные участки фигуры.

Компрессионное давление под одеждой тесно связано с объемом воздушного пространства в системе «фигура-одежда» и его изменением при выполнении движений [117]. Следовательно, посадка одежды и комфорт от давления играют важную роль в формировании одежного комфорта и функциональности одежды, особенно плотно облегающей. Несмотря на очевидные перспективы систем 3D виртуальной примерки и анализа компрессионного давления, существуют еще большие проблемы, которые должны быть решены перед их полно масштабным использованием .

Проекционные зазоры и их распределение в системе «фигура-одежда» являются основным препятствием для прогнозирования давления и три вида таких зазоров должны быть учтены в процессах 3D виртуальной

примерки: конструктивные прибавки (из плоских чертежей); динамические прибавки (на свободу движений) и прибавки, зависящие от показателей свойств текстильных материалов. Однако эти три аспекта пока не разработаны в современных модулях симуляции.

Существующие два метода идентификации давления пока не основаны на однозначно воспринимаемых объективных индексах; они по большей части интуитивны и не имеют практического содержания для потребителей или конструкторов с позиций прогнозирования ощущений потребителя.

Таким образом, преимущества 3D модулей для проверки посадки сформулированы и апробированы [118,119], но их технология базируется на симуляции статичных неподвижных аватаров без возможности учета изменения размерных признаков в динамике и не включает в окончательные результаты ощущения комфорта.

Следовательно, 3D проектирование и системы виртуальной примерки являются актуальной областью исследования, и в нашей работе на примере женского платья мы будем пытаться найти пути решения этих проблем.

1.6 Учет показателей свойств материалов в виртуальных симуляциях давления.

Внешнюю форму одежды прогнозируют в 3DСАПР на основе показателей механических свойств материалов, размеров одежды и размерных признаков фигур. На основе этих баз данных симулируют 3D внешнюю форму одежды через процессы «сшивки» и виртуальной примерки [120]. Как было отмечено в разд. 1.5.5, существующие 3D САПР начинают представлять не только внешнюю форму, но возникающее компрессионное давление, однако низкая точность прогнозирования ограничивает их применение в промышленности.

В процессе эксплуатации благодаря движениям человеческого тела материал одежды испытывает разные нагрузки. Например, около грудных желез, на спине, вокруг проймы, в области колен материал деформируется под влиянием растяжения, сдвига, изгиба и компрессионного сжатия. Величины деформаций, как правило, не превышают 5% от разрушающих нагрузок в основных случаях, а потому такой тип деформирования называют нагружением при малых нагрузках.

После приложения небольших нагрузок с позиций комфорта в малообъемной одежде материал должен иметь способность растягиваться и

изменять угол между нитями основы и утка (или петельными рядами и столбиками); в противном случае в такой одежде невозможно будет двигаться. Когда сдерживающая сила или ограничения появляются в одежде и сдерживают активность человека, то ощущают дискомфорт и легкую утомляемость.

Плечевой пояс, рукава, воротник и область талии должны иметь ровную поверхность и красивую кривизну, если одежда изготовлена из тканей или трикотажных материалов. Однако, если материалы имеют структуру нетканых бумагоподобных, то возникновение такой поверхности маловероятно. Причиной такого поведения является неспособность сдвига. Способность материала к деформации сдвига помогает уменьшить площадь одежды при моделировании ткани на фигуре.

При оценке комфортности должно быть установлено влияние показателей свойств тканей: жесткость и мягкость тканей связаны с их способностью к изгибу и сдвигу. Скользкие, воскоподобные и ровные поверхности тканей влияют на фрикционные характеристики; пушистые и наполненные ткани будут влиять на компрессионность. Следовательно, чтобы обеспечить плотнооблегающий силуэт, формуемость, комфорт в носке и др. , в номенклатуру показателей тканей должны быть включены растяжимость, изгиб, сдвиг и поверхностные свойства при небольших нагрузках. Поскольку небольшие деформации могут быть разложены в простые составляющие, то это позволяет объяснить поведение материала через простые и ясные виды [121].

Механические свойства тканей очень важны с позиций нагрузок, прикладываемых к ним, включая вытягивание, сдвиг и сжатие, поскольку физические изменения в тканях являются результатом действия внешних сил в одежде благодаря гравитации, посадки на фигуре и выполняемым движениям. Драпировка вместе с тактильным восприятием, вытягиваемостью и формуемостью относятся к изгибающим свойствам. Однако когда изгиб случается в разных направлениях в одежде, также присутствует сдвиг.

Для механических испытаний материалов под действием малых нагрузок используют два вида измерительных комплексов, признанных на международном уровне: KES [122] и FAST [123]. В нашем исследовании мы выбрали систему KES с последующим использованием полученных результатов для изучения формообразования одежды и возникновения компрессионного давления под ней.

Система KES-F (Kawabata Evaluation System - Fabric) была создана в

1972 г. японским KATO IRONWORKS CO. (ныне KATOTECHCO.) на основе генеральной идеи проф. **Sueo Kawabata** [124].

По сравнению с австралийской системой (Fabric Assurance by Simple Testing), японская система KES-F может полностью отражать характеристики материалов: на основе получаемых кривых, можно изучить начальные процессы растяжения, сдвига, изгиба и компрессии при небольших напряжениях и нагрузках. Она нацелена на изучение соответствия и качества материалов для определенных видов одежды при нагружении и релаксации. Система FAST основана на простой идее измерения, также при небольших нагрузках и деформациях сжатия измеряют механические свойства и пространственную стабильность материалов (изгиб, растяжение, сдвиг и др.) избирательно обеспечивает результаты с несколькими индексами. С механической точки зрения, тестовые испытания очень простые и не позволяют изучать процессы релаксации.

Система проф. **Sueo Кавабата** в кооперации с KatoIron изначально разрабатывалась для исследования тканей для мужских зимних костюмов. Была разработана общая терминология для описания качества тканей и концепция, основанная на предварительной ручной оценке (*primary hand values PHVs*) и общей ручной оценке (*total hand values THVs*). PHVs включает субъективную оценку для нахождения разницы между тканями в равноте их поверхности, гибкости и мягкости. Очевидно, что такие оценки очень сильно зависят от их характеристик строения. Ткани получали три вида оценок по каждому показателю – высокую, среднюю и низкую. Затем каждая оценка дополнительно подразделялась также на высокую, среднюю и низкую. Экстремально высокая и экстремально низкая оценки для проб идентифицировались как границы и получали значения 0 и 10. Так была сформирована шкала из 11 рейтингов. По шкале выполняли предварительную оценку трех свойств.

Концепция THVs касается только возможности использования ткани для конкретного назначения согласно японским представлениям, которые не всегда совпадали с европейской точкой зрения.

Позднее эта система была распространена на мужские летние костюмы, женские платья. Например, для женских платьев была использована другая номенклатура свойств: жесткость, наполненность, *cling* (антидрапируемость), скрипучесть, *scroop*, гибкость, ровнота.

Приборы реализуют то напряжение в тканях, которое обычно бывает при ручных испытаниях. Результаты измерений после множественного

регрессионного анализа были соотнесены с оценками первой группе показателей PHVs для получения уравнений, которые подтвердили тесную связь между результатами объективных измерений и субъективных оценок. Потом было доказано, что ткани с механическими характеристиками внутри определенного интервала легче перерабатываются в костюмы. Потом было введено понятие *tailorability* (перерабатываемость ткани в готовое изделие) и *sewability* (выполнимость швейных операций).

Систему KES используют для получения объективных результатов измерений для основных показателей. Приборы KES измеряют показатели механических свойств, которые присутствуют в основных деформациях тканей во время ручных манипуляций. Пять различных тестов могут быть выполнены посредством KES и они описаны ниже.

Система приборов проф. Kawabata предназначена для измерения показателей свойств материалов, и позволяет прогнозировать эстетические характеристики, получаемые ощущением при человеческом контакте. KES включает пять высоко чувствительных приборов для измерения изгиба, сдвига, растяжения, компрессионного сжатия, а также ровноту поверхности и фрикционные характеристики. Также возможно измерение теплопроводности, ассоциируемой с ощущениями холода, вызываемого контактом ткани с кожей при эксплуатации. KES обеспечивает уникальную способность, не только для прогнозирования человеческих реакций, но и для представления и понимания, как изменения волокон, пряжи, структурных характеристик и окончательной отделки влияют на восприятие ощущение мягкости. Для испытаний используют пробу с размером 20x20 см в трех параллельных испытаниях. Все измерения выполняют в определенных направлениях (основа, уток, под углом), за исключением компрессионного сжатия.

Следовательно, система KES-Ф является наиболее распространенной и признанной системой в мире для испытания текстильных материалов, несмотря на свою высокую стоимость.

Показатели растяжения. Энергия растяжения отражает способность материала сопротивляться растяжению в системе «фигура-платье» при выполнении различных движений). Максимальная нагрузка растяжения 500 сН/см принята для стандартных условий испытаний. Кривая «растяжение-релаксация» имеет вогнутую форму; но для эластичных стретчевых материалов она имеет другой вид из-за одновременного проявления вязкости и эластичности. Однако, этот тип кривой имеет

множество неудобств в применении. KES позволяет измерять показатели *WT, RT, LT, EMT* (табл.1.3).

Показатели сдвига. Когда ткань испытывает силу или эффект кручения, угол между нитями основы и утка (вертикальными и горизонтальными составляющими) будет изменяться, а первоначальный прямоугольник превратится в параллелограмм. Такой вид деформации называют сдвигом. Деформация сдвига материалов является основной причиной получения в одежде множества разных криволинейных поверхностей. Если величина сдвига очень мала, то будет сложно получить форму одежды, а на ее поверхности будут появляться волнистые складки при выполнении движений.

KES измеряет жесткость при сдвиге и явления гистерезиса с помощью трех показателей, характеризующие способность ткани при разных направлениях раскроя изменять форму одежды при выполнении движений. Кроме того, существуют и дополнительные возможности для разработки новых показателей. Например, гистерезис в нулевой точке показывает трение между нитями в местах их пересечения и является важнейшим показателем после отделки тканей. На приборе измеряют три показателя *G, 2HG, 2HG5* (см. табл.1.3).

Показатели изгиба. Текстильные материалы легко изгибаются и часто изгиб происходит под действием гравитации. Способность к изгибу является одним из основных факторов, влияющих на мягкость материалов, проявление жесткости и проекционные зазоры в системе «фигура-платье». Для исключения влияния гравитации в KES жесткость измеряют в направлении, перпендикулярном действию гравитационного поля, а потому тест носит название «чистый изгиб». Жесткость характеризуют двумя показателями *B* и *2HB* (см. табл.1.3).

Показатели сжатия. Компрессионное сжатие материалов по толщине тесно связано с полнотой-пушистостью (*fullness-fluffy*) внешнего вида и степенью скользкости поверхности (*slipperywaxy*). KES измеряет три показателя, характеризующие компрессионные способности материалов: *WC, RT, LC* (см. табл.1.3).

Показатели поверхности материалов. Ровнота (шероховатость) поверхности, вощёность или скользкость в основном определяется фрикционными характеристиками, и является важным содержанием для объективной оценки ощущения комфорта. KES измеряет три показателя, характеризующих фрикционные свойства поверхности тканей: *MIU, MMD, SMD* (см. табл.1.3).

Таблица 1.3

Номенклатура показателей, измеряемых с помощью системы KES-F

Прибор	Показатель	Символ	Единица измерения
KES-FB-1 (сдвиг)	Жесткость при сдвиге на 8 град., равная наклону линии нагрузки между +0,5 и 2,5 град, и -0,5 и -2,5 град.	<i>G</i>	сН/см·град
	Гистерезис усилия сдвига при нагружении и релаксации при угле 0,5 град., равный разности между усилиями при сдвиге и релаксации, измеренной при +0,5 и -0,5 ⁰	<i>2HG</i>	сН/см
	Гистерезис усилия сдвига при угле 5 град., измеренный, как описано выше, но при +5 и -5 ⁰	<i>2HG5</i>	сН/см
KES-FB-1 (растяжение)	Линейность кривой «нагрузка-растяжение/отдых», равная отношению площади, измеренной под кривой растяжения, к общей площади треугольника со сторонами, равными максимальному усилию растяжения и максимальному удлинению	<i>LT</i>	-
	Энергия (работа) растяжения, равная площади под кривой растяжения	<i>WT</i>	сН·см/см ²
	Доля упругой деформации, равная доли площади под кривой релаксации. Вычисленной по отношению к работе растяжения	<i>RT</i>	%
	Деформация удлинения под нагрузкой 500 сН/см, вычисленная по отношению к исходной длине пробы	<i>EMT</i>	%
KES-FB-2 (изгиб)	Жесткость при изгибе	<i>B</i>	сН·см ² /см
	Гистерезис при изгибе, измеренный вдоль окружности с радиусом 1 см	<i>2HB</i>	сН·см/см
KES-FB-3 (сжатие)	Линейность кривой «сжатие-релаксация»	<i>LC</i>	
	Работа сжатия	<i>WC</i>	
	Доля упругой деформации сжатия	<i>RT</i>	%
	Толщина под нагрузкой 0,5 сН/см ²	<i>TO</i>	мм
	Толщина под нагрузкой 50 сН/см ²	<i>TM</i>	мм
KES-FB-4 (трение)	Коэффициент трения	<i>MIU</i>	-
	Колебание коэффициента трения	<i>MMD</i>	-
	Неровнота (шероховатость) поверхности	<i>SMD</i>	микрон

Типичные диаграммы, получаемые при испытаниях, показаны на рис.1.6.

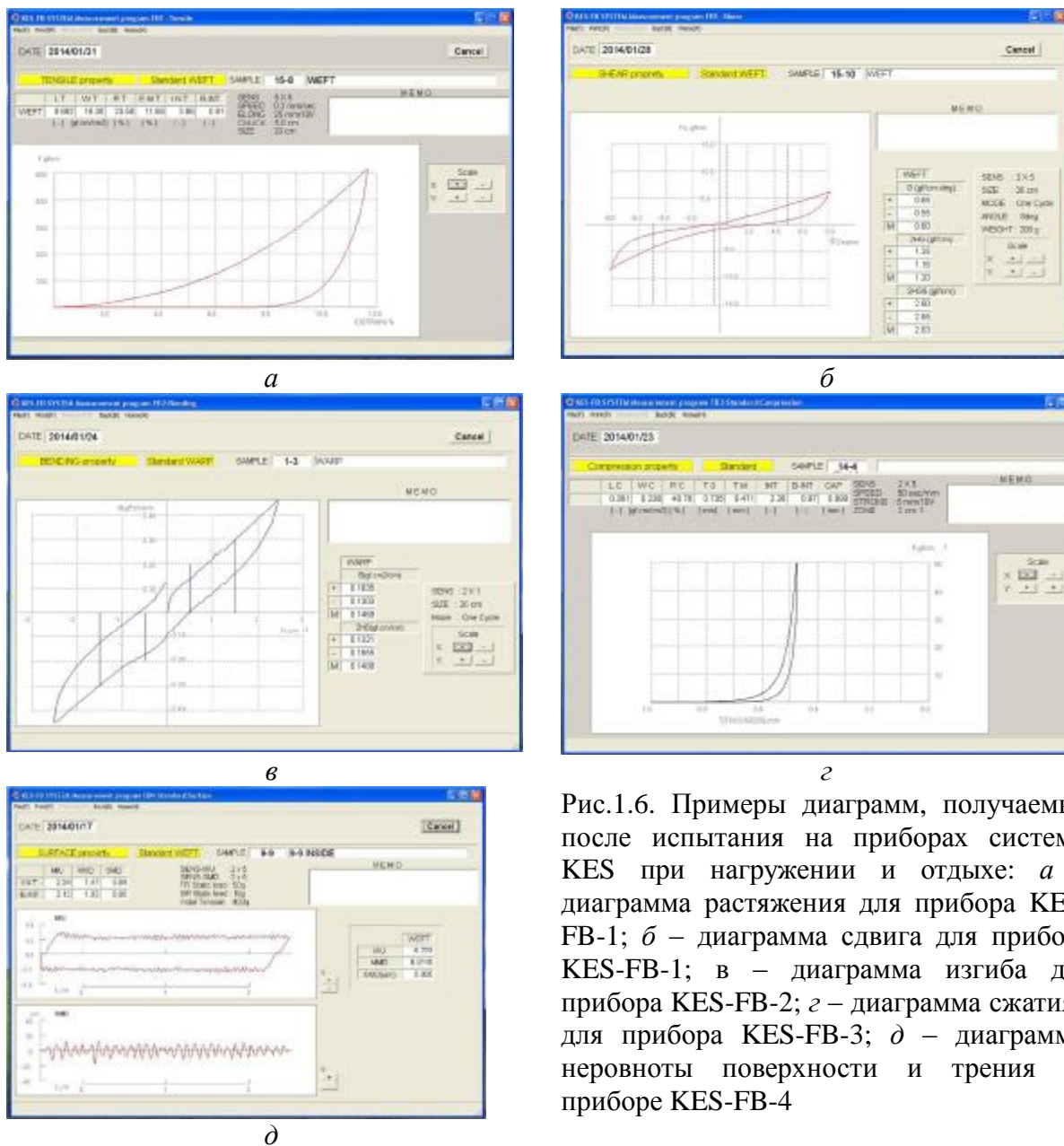


Рис.1.6. Примеры диаграмм, получаемых после испытания на приборах системы KES при нагружении и отдыхе: а – диаграмма растяжения для прибора KES-FB-1; б – диаграмма сдвига для прибора KES-FB-1; в – диаграмма изгиба для прибора KES-FB-2; г – диаграммы сжатия для прибора KES-FB-3; д – диаграммы неровности поверхности и трения на приборе KES-FB-4

Дополнительные показатели. Возможности этой системы очень широкие, в частности ее можно использовать для изучения процессов деформирования тканей, прошедших разные технологии крашения, при пошиве [125]. Из единичных показателей могут быть получены комплексные показатели для расчета формуемости (*formability*), способности к переработке на швейных машинах (*sewability*) и формоустойчивости (*formstability*) [126]. В табл.1.4 приведены примеры комплексных показателей, рассчитываемых на основе единичных.

Комплексные показатели для прогнозирования формуемости и пошивочной способности тканей для мужских костюмов

Комплексный показатель	Формула для расчета	Компоненты формул
Формуемость Kawabata	$\frac{EMT_{\text{weft}} G B_{\text{weft}}}{500 LT_{\text{weft}} 2HG5}$	EMT_{weft} – деформация удлинения под нагрузкой 500 сН/см по утку,
Пошивочная способность	$\frac{(G)}{(2HG5)} / \frac{WC \cdot EM_{\text{weft}}}{500 LT_{\text{weft}}}$	G – жесткость при сдвиге, B_{weft} – жесткость при изгибе по утку, LT_{weft} – линейность кривой «нагрузка-растяжение/отдых» по утку, $2HG5$ – гистерезис усилия сдвига при угле 5 град., WC -работа сжатия
Формуемость Lindberg	$B \cdot EMT$	B – жесткость при изгибе, EMT – деформация удлинения под нагрузкой 500 сН/см

На основании выполненного анализа возможностей системы мы рассматриваем ее как открытую для измерения новых показателей, которые можно будет использовать для прогнозирования объемно-пространственной формы системы «фигура-платье» и компрессионного давления в ней.

1.7. Цель и задачи исследования

Благодаря совершенствованию компьютерной графики, точность симуляции и скорость её выполнения значительно улучшились в последние годы, что было показано в работах **N.Magnenat-Thalmann** [58] и **P.Volino** [59]. Поэтому некоторые исследователи, включая **H.S.Lim**, предполагают, что в области текстиля и одежды 3D-симуляция обладает огромным потенциалом для анализа посадки и следующей за ней коррекцией чертежей конструкций [61] для многих коммерческих САПР, содержащих модули для 3D-симуляции. Однако, полностью формализованная база данных о показателях свойств текстильных материалов, влияющих на окончательную форму и их реализующих связях, необходимых для виртуального реалистичного дизайна систем «фигура-одежда», окончательно не сформированы. Отсюда существующая 3D

симуляция формообразования одежды еще далека от совершенства и реальных ситуаций. Как было описано в разд. 1.2, симуляция обоих элементов пока неудовлетворительна из-за ограничений, накладываемых технологией.

Кроме того, хотя идентификация и визуализация давления под одеждой пока доступны, чтобы спрогнозировать ощущения человека под одеждой в существующих системах виртуальной примерки, их практичность и отображаемые значения сомнительны из-за недостаточной базы о субъективных показателях комфорта. В реальной ситуации, носчик воспринимает комфорт через конструкцию одежды и показатели свойств материала, в виде серии показателей, проявляющихся в системе «фигура-одежда» под влиянием конструктивных решений. Более объективно, давление одежды на тело тесно связано с объемом воздушного пространства, особенно при выполнении движений, чтобы было доказано **X.Zhang** [117]. Пока же два существующих метода симуляции давления испытывают недостаток в объективных показателях.

Рис. 1.7 показывает наше видение, как разрабатываемый модуль HFCAD будет дополнять существующие САПР одежды.



Рис.1.7. Основные направления развития САПР в этой диссертационной работе

Традиционно системы 3D симуляции «фигура-одежда» в статических и динамических позах предшествует построение чертежей и их модификация, с помощью которых прогнозируют некоторые признаки внешней формы и давления под одеждой через выбранные показатели свойств материалов. Поэтому некоторые ученые, в частности **И.А.Петророва** [119], фокусируют свои исследования на 3D формообразовании с помощью технологий бодисканирования, и этот пример иллюстрирует, что в современных исследованиях преобладает чисто механический подход для совершенствования баз данных, которые позволяют осуществить переход от 2D чертежей к 3D формам. Такой подход формирует базу названного нами *механического подхода*, показанную на рис.1.8 в белых рамках. В нашем исследовании реалистичная виртуальная 3D система с функциями прогнозирования человеческих ощущений будет предложена на базе комбинации показателей свойств, относящихся к материалам после измерения на KES, и форме одежды. Превосходящая существующие САПР, она явится примером адаптации человеческих особенностей и позволит применять показатели комфорта в процессе проектирования.

Целью настоящего исследования является совершенствование баз данных путем их дополнения и обновления, необходимых для перевода САПР на качественно новый уровень *Human-friendly CAD* (HFCAD). Как было описано в разд.1.1, конструктивные прибавки в 2D чертежах выполняют ключевую роль как в формообразовании одежды, так и в её давлении на тело. Очевидно, что когда конструктивные прибавки очень малы и одежда очень плотно контактирует с человеческим телом, давление под одеждой будет значительным, особенно при выполнении движений (рис. 1.5). С другой стороны, когда с помощью прибавок получают одежду, превосходящую по своим размерам соответствующие размерные признаки фигуры, ее формообразование будет происходить независимо от морфологии фигуры. В обеих ситуациях влияние показателей свойств материалов будет разным на возникновение компрессионного давления. Основываясь на комплексных связях, существующих между параметрами чертежей, размерными признаками системы «фигура-одежда» и возникающим под их влиянием ощущением комфорта, мы разработали теоретическую схему нашего исследования (рис.1.8). Согласно нашей гипотезе два объекта – объем формы одежды и количество показателей свойств материалов, появляющихся при её эксплуатации, представлены двумя треугольниками. Большее основание соответствует большей по

объему форме одежды и большому числу показателей свойств, а меньшее основание - минимальным значениям. Чем больше объем формы одежды (свободная, сверхразмерная), в частности, объем воздуха в пододежном пространстве, тем меньше число показателей свойств материала будут влиять на её функционирование. И наоборот, чем меньше объем одежды (антропоморфная, плотнооблегающая), тем большее число показателей свойств материалов будут участвовать в ее формообразовании и обеспечении комфорта.



Рис.1.8. Структурная схема научной гипотезы в диссертационной работе о связях между объемом одежды и числом проявляемых текстильным материалом свойств

На рис.1.9 показаны архитектуры существующих и разрабатываемых САПР. Как видно из рисунка, в существующих САПР модули виртуальных примерок в основном основаны на следующих базах данных:

1. Показатели свойств текстильных материалов;
2. Размерные признаки фигур;
3. Показатели чертежей конструкций;
4. 2D показатели внешней формы.

Перечисленные базы данных в существующих САПР объединены чисто механически. Результаты симуляции 3D внешней формы могут быть получены из баз 2 – 4 после виртуальной сшивки вокруг аватара в 3D

модуле примерки, а показатели давления могут быть визуализированы через некоторые показатели материалов (база данных 1). Однако, проблемы такого подхода очевидны: например, в базу данных 1 включены слишком простые показатели свойств, чтобы получить реалистичную симуляцию и формы одежды и давления под ней; для баз данных 2 и 3 существующий механический подход уделяет чересчур много внимания деталям для 2D секций, но игнорирует связи между всеми показателями формы в трехмерном пространстве. В этом случае, результат симуляции при использовании базы данных 4 будет содержать много ошибок. И последнее, но не окончательное (Last but not least): ощущения человека полностью игнорируются в существующих САПР, которые ничего не значат ни для потребителей, ни для дизайнеров, не позволяя им непосредственно использовать результаты симуляции давления.

Параллельно с устранением проблем в существующих САПР Human Friendly CAD (HF CAD) может быть улучшена следующими путями:

1. Введение в базу данных сведений о показателях свойств материалов, полученных методом Кавабата (“KES показатели”), измеренных в специально сконструированных условиях, приближенных к условиям реальной эксплуатации одежды;

2. Объединение баз данных о человеческой фигуре и форме одежды новыми объемными показателями, которые можно использовать в 3D моделировании;

3. Результатами подтвержденного влияния (на внешнюю форму и давление под одеждой) 2D параметров чертежей, зависящих от проверенных структурных особенностей, размеров и различных приемов проектирования чертежей;

4. Включение субъективных ощущений, испытываемых реальным телом в виде простейшего восприятия давления (без одежды) и комплексного восприятия в статике и динамике (в одежде).

В таком направлении новый алгоритм формообразования одежды и вызываемого ею давления будет включен как новая ветвь в HFCAD.

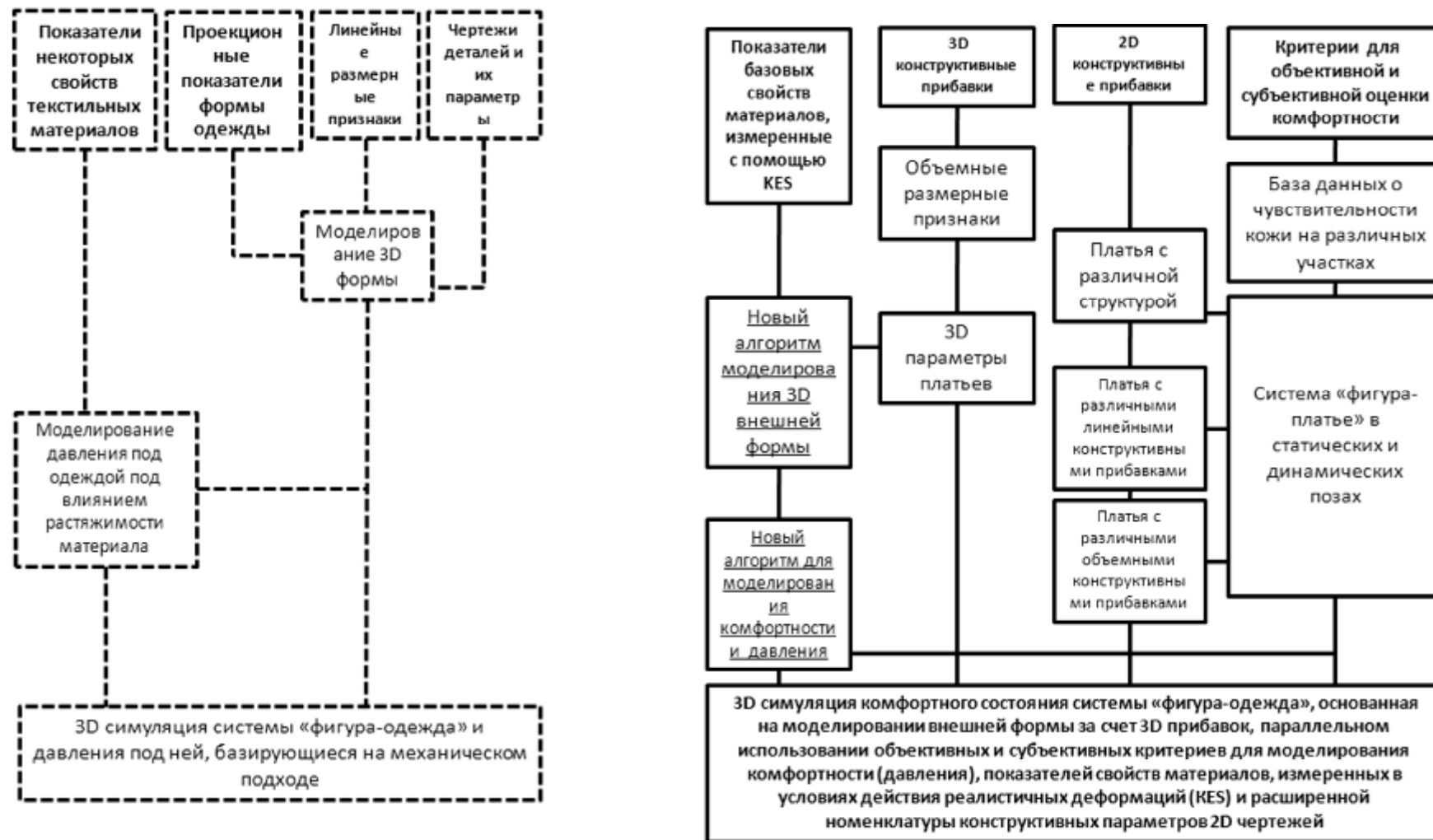


Рис.1.9. Архитектура разрабатываемого способа проектирования одежды, названная Human-Friendly CAD (левая часть), и базовая архитектура существующих САПР (правая часть)

Глава 2. ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЖЕНСКИХ ПЛАТЬЕВ В КИТАЕ

В истории западного и восточного костюма женское платье имеет особый статус. В течение длительного времени оно было основным видом одежды в разных странах. В это разделе выполнен анализ форм и силуэтов китайских платьев с 1980-х гг. по настоящее время с использованием методов математической статистики и получены среднестатистические результаты для каждого года. Для художественного анализа были использованы журналы мод, распространявшиеся в КНР с 1987 по 2013 гг. [127-130]. Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в четырех работах [142-143,171].

2.1. Художественный анализ модных форм платьев [131]

1980-е годы стали для большинства китайских людей временем изумления и открытия мировой моды. После 10 лет великих бедствий в их жизнь вошли великие бренды, такие как Chanel и Dior на обложках журналов мод, присылаемых из-за границы. В конце 1980-х гг. концепция «модного бренда» была воспринята китайцами, они стали пытаться шагать в ногу с мировой модой.

Поскольку в начале 1980-х гг. китайцы выбросили скупость и серый цвет из своей повседневной одежды, они встретили яркую зарубежную культуру костюма, а рискованные молодые люди взволнованно уделяли больше внимания изменению стиля и цвета в одежде, чтобы таким способом выразить свои ранее притесненные страстные желания и показать вкус к моде. Люди изменили своё сознание и восприятие таким образом, что стали понимать, что было в моде и как быть в моде. Богатая информация об одержавших победу и появившихся больших брендах убедили китайцев, что популярные вещи должны быть хорошими и приятными. Жители городов так стали бояться отстать от моды, что они стали соответствовать времени и новому дэндизму.

1980-е гг. В 1988 г. платье с силуэтом X было самым популярным (рис. 2.1, а) параллельно с силуэтом А. Признанный всем миром моды зеленый цвет также был самым популярным (рис.2.1, б) вместе с легкими цветами и коричневым, напоминающим глину. В Азии обыкновенные монохромные цвета, рисунок "клетка", различные варианты печатных рисунков становятся модными; параллельно в Китае всегда популярным является красный цвет. В этот период экономика Китая начинает развиваться очень

быстро, а потому преобладание иностранного влияния на китайцев становится более выраженным. Это время можно характеризовать выражением "вы можете видеть только красные платья на улицах", что является влиянием внешнего шока на сознание китайцев. Широкие плечи, расширенные к низу платья и узкая талия были самыми популярными признаками модного силуэта вместе оборками и цветочным декором.



Рис.2.1. Типичные модели женских платьев конца 1980-х: а, б – 1988 г., в, з – 1989 г.

В конце 1980-х гг. большую популярность приобрели химические волокна из-за своей малой сминаемости; примером является синтетическая ткань *Zhu LiYarn*.

В это время, когда люди уделяли столь много внимания окружающей среде, “натуральность” становится трендом. В 1989 г. на смену X силуэту пришел T (рис. 2.1, в). Черно-белая, серая, розовая гамма (рис. 2.1, з), обыкновенные цвета прочно вошли в моду.

Через все 1980-е гг. прошли монохромные черный и белый цвета. Несмотря на то, что после 1985 г. желтый цвет становится популярным во всем мире, из-за суеверий и религиозных предрассудков желтый цвет не стал популярным в Китае. При сохранении интереса в 1988 г. к широким плечам и узкой талии ширина внизу становится значительно меньше.

1990-е гг. В 1990-е гг. ускоренное развитие экономики и непрерывное улучшение жизненных условий в сочетании со свободным международным обменом принесли больше либеральной свободы в сознание людей и расширили их горизонты. В этот период одностороннее внимание к коллективизму сменилось на интерес к собственной

персональности. Люди выпутались из трендов слепых 1980-х и медленно становились рациональными и естественными. В это время мода перестала быть абсолютной доминантой и стала диверсифицированной.

Из рисунков видно, что в 1992 г. наиболее популярным стал *H* (рис.2.2, *а*).



Рис.2.2. Типичные модели женских платьев начала 1990-х: *а,б* - 1992, *в,г* - 1993

Розовый, зеленый (рис.2.2, *б*), оранжевый и принты очень популярны в это время. Китайские реформы и политика открытых дверей, модернизация имели энергичное развитие, влияние внешних факторов становится глубже. В этом году была создана *Chinese Fashion Color Association*. Популярным становится стройная фигура, плечи, бедра и низ становятся уже, талия не акцентируется. *T*-силуэт всё ещё остаётся в моде. *A*-силуэт входит в моду, китайские женщины принимают безрукавные платья. Очень популярными становятся декоративные пояса. Химические волокна очень популярны, в 1992 появилось волокно “*Qiaoji*” для производства несминаемых тканей.

H (рис.2.2, *в*) и *X*-силуэты в 1993 вытесняют остальные, но сохраняется *T*. Красный (рис.2.2, *г*), земляной, зеленый и черный, другие сильные цвета популярны параллельно с печатными рисунками. *H*-силуэт часто дополняют поясом для акцентирования талии, причем пояс является основным приемом декора. Сохраняется интерес к широким плечам. По сравнению с 1992 г. талия становится уже, а *X*-силуэт приобретает еще большую популярность.

Как видно из фотографий платьев, *A* (рис.2.3, *а*) и *X* силуэты (рис.2.3, *б*) являются самыми востребованными.

Розовый, синий, желтый и другие освежающие цвета популярны. Горох и клетка – самые популярные рисунки. Произошли значительные изменения в ширине плечевого пояса, значительно расширилась талия, которая стала шире, чем в 1993 г. Платья имели значительное расширение к низу. Параллельно существуют *H* и *T* силуэты. Декор очень простой в виде поясов.



Рис.2.3. Типичные модели женских платьев середины 1990-х: а, б - 1994, в, г - 1995

В 1995 г. очень популярными становятся *X* (рис.2.3, в) и *H* силуэты. Красный цвет популярен в любых оттенках, голубой (рис.2.3, г) и серый также в моде. Популярны рисунки "клетка" и печатные цветы. Использование пояса для акцентирования талии является преобладающим решением. Несминаемые ткани с содержанием полиэстера остаются в моде.

Весной и летом 1997 г. почти все силуэты присутствуют в моде и нет явного лидера. Яркие цвета очень популярны, но в осенне-зимних коллекциях фаворитом становится серый цвет. Основными цветами в женских платьях является разноцветная палитра (рис. 2.4) из голубого, красного, желтого, черного и белого в дополнение с другими блестящими цветами.

Мода в 1997-1998 гг. восприняла асимметричный стиль, хорошим примером являются асимметричные рисунки. В этом году женские платья не имеют явно выраженных модных силуэтов, с точки зрения конструирования присутствуют *T*, *A*, *X* силуэты, но с небольшой талией (рис.2.4). Пояс остается модной декоративной деталью наряду с другим декором вокруг шеи, талии и других участков. Приобретает популярность

комбинирование нескольких материалов. Возрастает популярность хлопка и других натуральных волокон.

В собранной базе данных 1998 г. видно, что А(рис.2.4, а) и Х-силуэт были более популярны, чем другие. Модный цвет - белый с металлическим привкусом холодного тона. технологические трансформации сделали белый и голубой модными. Популярность сверкающих или мерцающих материалов также стало результатом развития науки и технологии (рис. 2.4, б). Ширина талии очень узкая. Все платья были в лаконичном выразительном стиле минимализма (*concise*). В этом году, декорирование *Flash* (вспышка, блеск) было лучшим орнаментом.



Рис.2.4. Типичные модели женских платьев конца 1990-х: а,б - 1997, в,г - 1998, д,е - 1999

Весной 1999 г. модным был жемчужно-белый (рис.2.4, в), а белый цвет опять стал мягким. Голубой и зеленый цвета становятся популярными (рис.2.4, г) вместе с желтым. А-силуэт и плотнооблегающий Т-силуэт были самыми востребованными. Декоративный пояс ушел из моды в 1998 г., вместо него стали использовать специальные приемы дизайна в области талии. Ширина талии очень мала. Минимализм - тренд этого года (*Less is more*). Самыми популярными были ткани с мягким глянцем *luster*.

2000-е гг. В начале 21 века, наука и технологии основное внимание уделяли охране окружающей среды и нахождению экологического баланса. Печатание и крашение тканей имели результатом большое количество сточных вод. Вместе с научным и технологическим прогрессом и новыми жизненными стандартами, защита здоровья становится глобальным

трендом в потреблении. Больше внимание люди стали уделять безопасности пищи, лекарств, одежды.

Основной тон для модных цветов - свежесть, гармония, естественность - *rice ash*, желто-зеленый, розовый, фиолетовый (рис.2.5, а) были центром внимания. Геометрические орнаменты популярны в 2001 г. Модный силуэт *H* (рис.2.5, б). Ширина талии лишь чуть меньше ширины груди и бедер. Все платья в расслабленном стиле. Минимализм “*Less is more*” остается в моде.

Розовый, зеленый и свежие фруктовые цвета с блестящим глянцем, очень популярны летом 2003 г. Как и в прошлом году, горох и различные геометрические орнаменты очень популярны. Быстрое развитие Китая вызывает интерес западной моды к восточному стилю с вышивкой (рис.2.5, в).

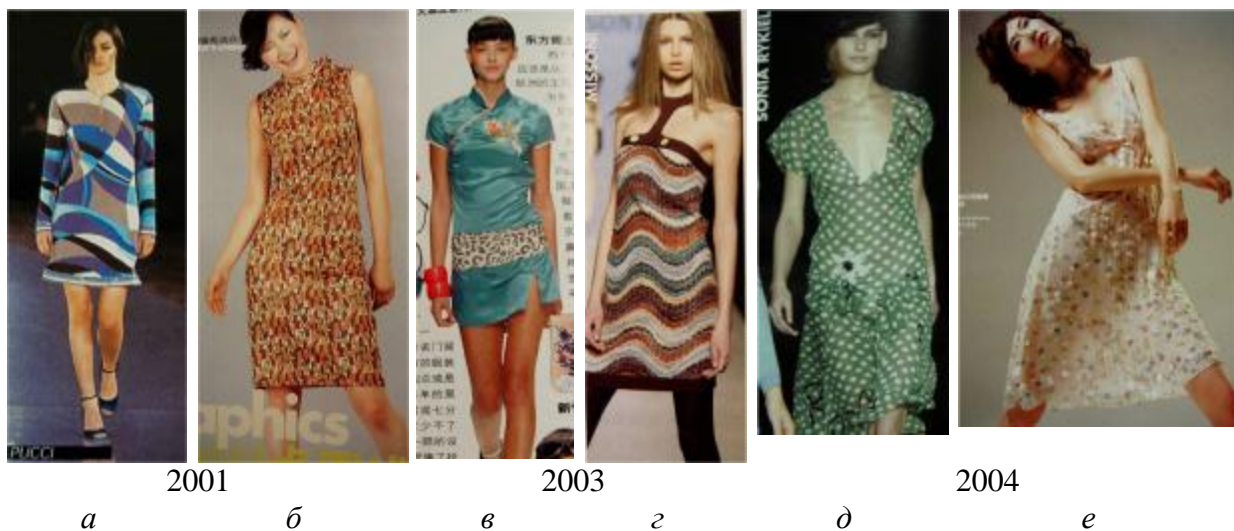


Рис.2.5. Типичные модели женских платьев начала 2000-х: а,б - 2001, в,г - 2003, д,е - 2004

В соответствии с темой женской красоты большое количество платьев с высокой талией было показано в Милане и Париже (рис.2.5, з). Модные силуэты - плотно облегающие *H* и *A*. В то время, как интернациональные бренды предлагали платья с короткой длиной, большинство платьев в Китае имели длину 2002 г. С этого года линия горловины опускается ниже. Популярные приемы декорирования - щегольские *exquisite* детали, такие как тесьма-молния (но без практического применения), *flash*-декор был также очень популярен.

В 2004 г. модные цвета полны динамизма: розовый, фиолетовый, фуксия, флуоресцентный зеленый (рис.2.5, д), легкий голубой и

мистические металлические цвета - они отражали тему "будущего мира". Полоски и горох все еще остаются популярными. X и A силуэты, как отражающие красоту женского тела, очень популярны. Ширина талии довольна мала. Классическая завышенная талия и современная более низкая талия существуют в моде. Платья со средней длиной или длинные более популярны, чем короткие. Свободно свисающие ленты и пояс, которые заужают торс, спиральные линии, огромные пуговицы, включая металлические, и сверкающий декор были популярны (рис.2.5, е).

В 2005 г. модными были желтый лимонный, фиолетово-синий, земляной (для Африки *wave sake*), белый, синий, зеленый, оранжевый и розовый. Различные полоски и геометрические орнаменты очень популярны. В моде A и X силуэты. Линия талии очень узкая и завышенная (рис.2.6, а). Популярная длина - до колена (рис.2.6, б). Популярны и различные декоры вокруг талии. Конечно, модное платье не могло быть без блестящего декора.



Рис.2.6. Типичные модели женских платьев середины 2000-х: а, б - 2005, в, з - 2007, д, е - 2008

Модные цвета 2007 г. более элегантны, чем в 2006 г., благодаря более тактичной, прекрасной, натуральной и сексуальной гамме - синий, белый (рис.2.6, в), розовый, оранжевый, черный и белый. Прозрачные материалы и геометрические орнаменты популярны. В тоже время, серый цвет вновь вернулся в этом году после того, как он был очень популярным в середине 1990-х. А(рис.2.6, з) и H-силуэты остаются в трендах. Большинство платьев имеют высокую талию. Ширина талии остается очень малой, а длина платьев становится короче - выше колен. Печатные рисунки на тканях с блестящим декором в моде. Внимание к деталям становится очень важным.

В 2008 г. модные цвета включают зеленый, синий, все виды ярких цветов и белый. Многоцветные рисунки особенно популярны, что позволяет значительно упростить конструкцию платьев (рис.2.6, д). В то же время на подиумах очень много *H* - силуэтов. Самыми популярными силуэтами в Китае были *X* и *A*. Как и в 2007 г., большинство платьев имели высокую талию, но наметилась тенденция возвращения к нормальному положению (рис.2.6, е). Пояса и блестящий декор моде.

С 2009 г. специальная серия цветов, похожих на человеческую кожу, названных “*naked*”, становятся популярной (рис. 2.7, а), а самым популярным приемом был комбинирование с аналогичными цветами для различных слоев, например беж. И внешняя форма стала более свободной (рис. 2.7, б), как примерно в 2010 г., в котором стиль 1980-х гг. возобновился, но в более мягком и женственном варианте. Красный цвет (рис. 2.7, в) очень востребован весной и летом, а пояс выполняет скорее утилитарную функцию, чем аксессуар для платьев с большой формой (рис. 2.7, г).



Рис.2.7. Типичные модели женских платьев конца 2000-х: а,б - 2009, в,г - 2010

От 2011 до сегодняшнего дня. Мода всегда движется вперед вместе с движением времени, и даже очередной цикл экономического кризиса не сможет остановить ее. Разнообразие концепций моды существовало в то время: будущие технологии, которые фокусируются на материалах (на цветах и текстуре); природные и художественные мотивы смешивают в

одежде с очень большой формой; дополнительно минималистический и рафинированный OL стиль также занимает важную позицию.

Легкий металлический голубой был в моде от 2010 до 2011 (рис. 2.8, *а*). В это время комбинировали материалы в различных слоях, также как асимметричные элементы (рис. 2.8, *б*).

Красочные и блестящие модели платьев как свет из будущего формировали образ сладкой девушки в 2012 г. (рис. 2.8, *в*). В тоже время, большой размер платьев получали за счет *O* силуэта, который стал более чем главным трендом в моде в последние годы (рис. 2.8, *г*). Seriously задетая экономическим кризисом, мода востребовала чистые цвета для одежды (рис. 2.8, *д*), которые стали популярными с 2009 г. и продолжают такими оставаться. Линия талии продолжала подниматься и в свободном *O*-силуэте (рис. 2.8, *е*).



Рис.2.8.Типичные модели женских платьев начала 2010-х: *а,б* - 2011, *в,г* - 2012,*д,е* - 2013

2.2. Анализ силуэтов платьев

Из журналов мод, популярных в Китае в 1987...2013 гг., были отобраны свыше 300 фотографических изображений и чертежей конструкций женских платьев [127-130]. Все фотографические изображения и чертежи конструкций были экспортированы в AutoCAD для автоматизированного измерения линейных размеров. Полученная база данных была использована для формирования двух видов силуэтов:

- привычного, соответствующего фотографическим изображениям,

- условного по чертежам конструкций.

Средние (типовые) силуэты по фотографическим изображениям.

Результаты геометрического анализа фотографических изображений женских платьев приведены в Приложении 1. С использованием результатов измерений были получены усредненные силуэты платьев. Для построения силуэта фигуры проекционные ширины по линии груди, талии и бедер рассчитывали по формулам, полученным **Г.И.Суриковой**:

$$d_{\text{попг}} = 0,31 O_{\text{гз}}, \quad (2.1)$$

$$d_{\text{попт}} = 0,35 O_{\text{т}}, \quad (2.2)$$

$$d_{\text{попб}} = 0.36 O_{\text{б}}, \quad (2.3)$$

где $d_{\text{попг}}$, $d_{\text{попт}}$, $d_{\text{попб}}$ - соответственно проекционная ширина торса по линии груди, талии и бедер, см; $O_{\text{гз}}$, $O_{\text{т}}$, $O_{\text{б}}$ – обхваты фигуры по груди, талии, бедер, см.

Затем совмещали силуэты фигуры и платья для формирования системы "фигура - платье". Такая форма представления является привычной и содержит дополнительную информацию о проекционных воздушных зазорах вдоль боковых контуров.

В приложении 2 приведены типичные силуэты (графа 1), сгенерированные системы «фигура-платье» (графа 2) и типичные фотографии моделей платьев (графа 3). Типичным и легко понимаемым вариантом для описания фронтальных силуэтов являются английские символы "А", "Н", "Х", "Т", "О", которые мы также использовали для анализа выбранных платьев. На рис.2.9 показано изменение популярности каждого из пяти силуэтов, оцениваемой по удельному весу, с 1987 г. по настоящее время. На основании анализа мы сделали следующие выводы.

Силуэт "А" стабильно популярен всегда, за исключением 1989, 1993, 1995 и 2001 гг. Но было несколько лет, в которые этот силуэт был необычайно популярным, например в 2004 г. Силуэт "Х" наиболее популярным был в 1996, 1999, 2001 и 2008 гг., и часто выходил из моды после острой популярности. Силуэт "Н" был популярным довольно короткое время в 1992 и 2001, а время его недавней популярности пришлось на 2009. В остальные годы этот силуэт востребован очень редко.

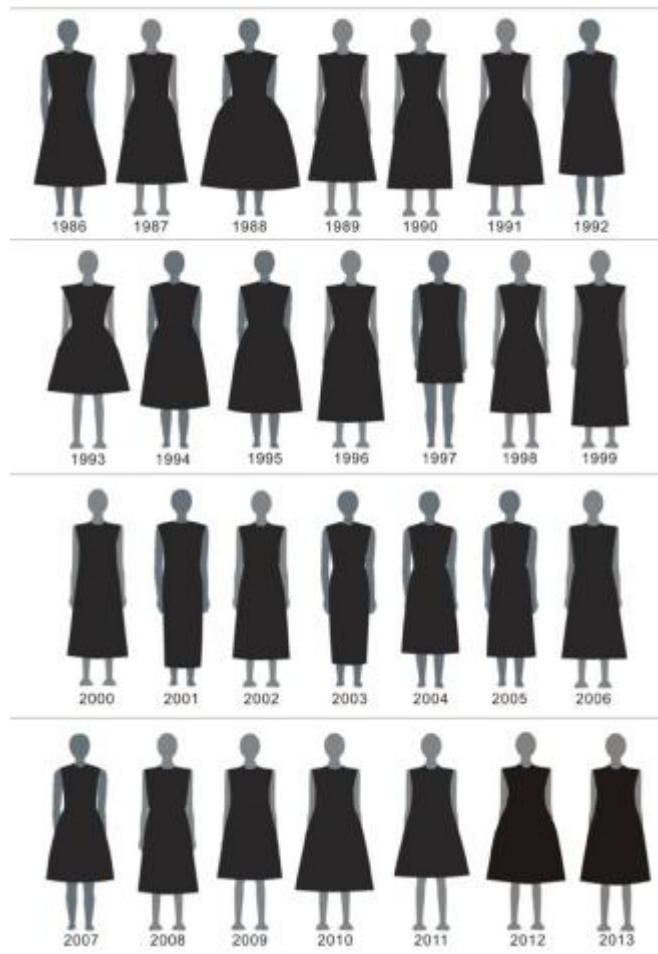


Рис. 2.9. Типичные фронтальные силуэты платьев разных лет

Силуэт “Т” имел пик популярности в конце 1980-х, был невостребованным очень долгое время и только сейчас появился интерес к нему, правда, в несколько иных формах [132].

Силуэт “О” довольно трудно позиционирует свою популярность, причиной может быть явное несоответствие его контуров пластике женской фигуры. Но в последнее время интерес к нему обострился, особенно при комбинировании в одном комплекте малообъемной и сверхобъемной одежды.

Из приведенного описания видны периоды востребованности каждого силуэта. Таким образом, подводя итог графическому анализу можно сделать вывод: для двух самых популярных силуэтов “А” и “Х” акцентирование линии талии является основным приемом композиции, а потому мы выбрали приемы регулирования объема платьев в этой части фигуры как объект исследования с позиций их возможного влияния на комфортность.

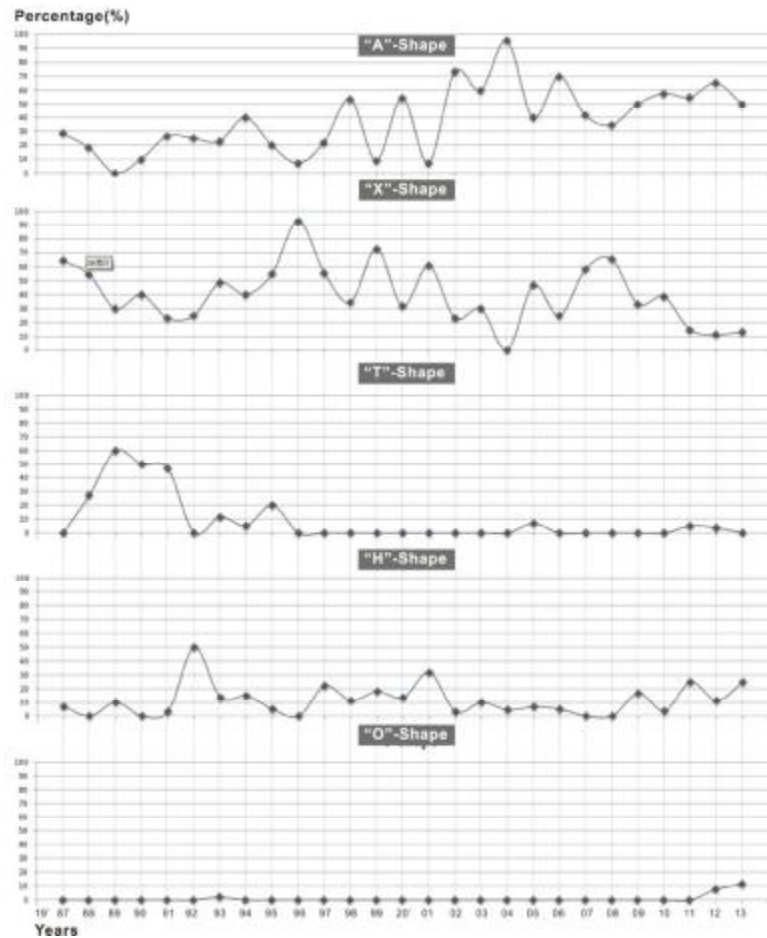


Рис. 2.10.Изменение удельного веса (%) женских платьев с разными силуэтами(A, X, T, H, O) по годам

На рис.2.11 показана частота встречаемости разных силуэтов: “А”, “Х”, “Т”, “Н”, а также их комбинаций.

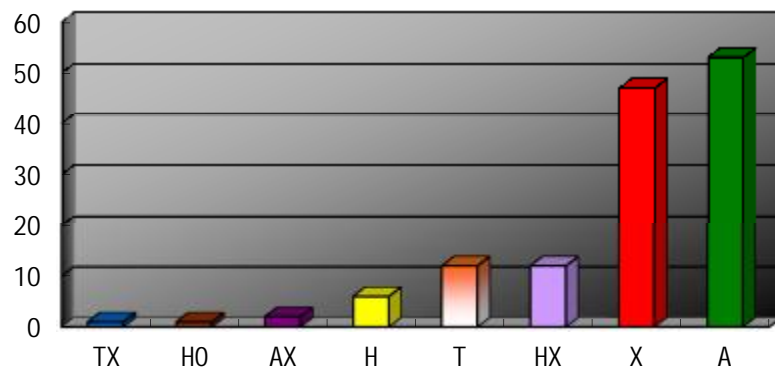


Рис. 2.11. Популярность силуэтов женских платьев в период 1983-2013 гг.

Условные конструктивные силуэты по чертежам конструкций. Анализ был проведен для чертежей конструкций фигуры 160-84-90. После сортировки чертежей по годам были выполнены измерения некоторых

параметров для построения условных силуэтов платьев с использованием измеренных параметров. В табл.2.1 в качестве примера приведены результаты измерения чертежей 1989 г.

Таблица 2.1

Результаты измерения чертежей женских платьев 1989 года

Конструктивный параметр	Результаты измерений чертежей 1989 года для фигуры 160-84-90				
	Среднее арифметическое, см	Максимальное значение, см	Минимальное значение, см	Размах, см	Коэффициент вариабельности
1. Расстояние между конечными точками плечевых линий	39,64	44,8	30	7.4	0.37
2. Проекционная высота переда по линии груди	49.58	56	45.5	10.5	0.21
3. Проекционная ширина переда по линии талии	40.42	47.8	36	11.8	0.29
4. Проекционная ширина переда по линии бедер	52.26	84.6	45	39.6	0.76
5. Длина линии низа	73.17	253.3	43	210.3	2.87
6. Длина платья	106.1	112.9	93	19.9	0.19

Примечание: объем выборки n = 10.

На рис.2.12 показан условный конструктивный силуэт, отражающий изменение измеренных конструктивных параметров внутри этого года. Конструктивный силуэт строили следующим образом. По высоте размечали положения основных конструктивных уровней - плечевого, талии, низа. На этих уровнях откладывали соответственно минимальные и максимальные значения следующих конструктивных параметров: расстояния между конечными точками плечевых линий стана; ширину стана по линии талии, ширину стана по линии бедер, половину длины линии низа.

На рис.2.12 для обозначения силуэта, построенного по максимальным результатам, использован светло-серый цвет, а темный цвет - для минимальных результатов.

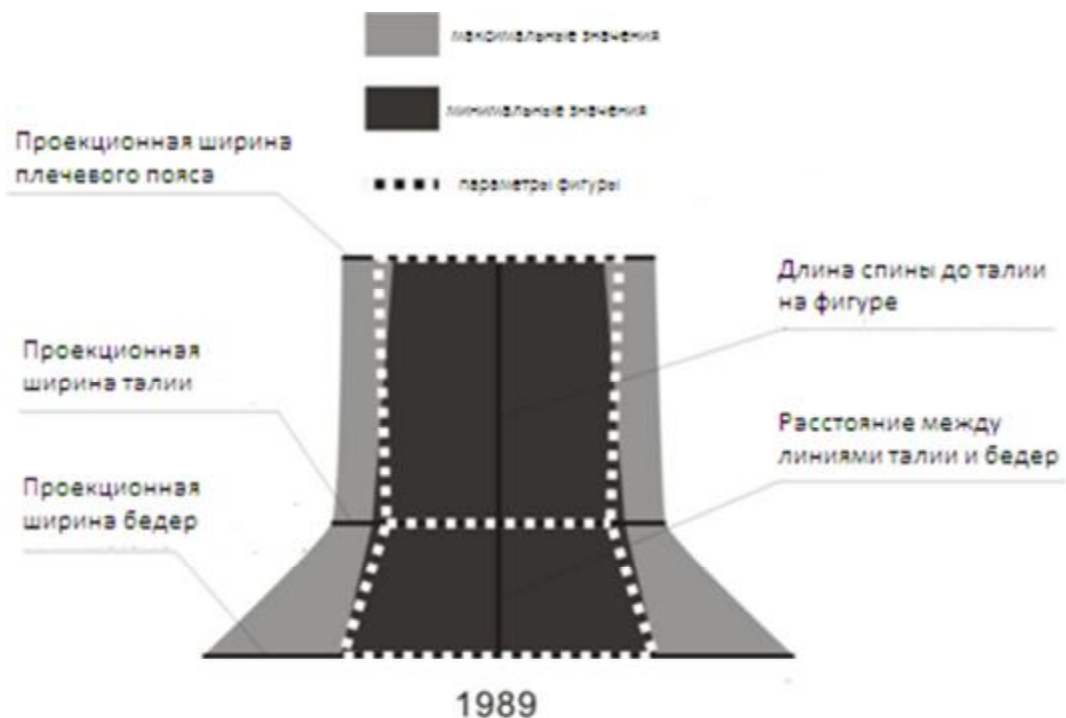



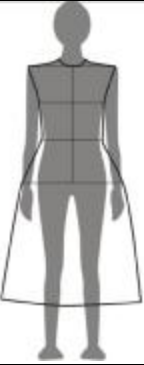


Рис.2.12. Условный конструктивный силуэт женского платья 1989 г., построенный по минимальным и максимальным результатам чертежей. Пунктирная линия показывает условный силуэт женской фигуры

Результаты графической интерпретации чертежей вместе с типичными силуэтами и фотографиями приведены в табл.2.2 для 1991 г. (табл.2.2 является фрагментом приложения 2).

Из условного конструктивного силуэта мы можем видеть соотношения между размерами фигуры и конструктивными параметрами (рис. *D* в табл.2.2) с учетом влияния некоторых показателей свойств материалов. Например, в 1991 г. разность между максимальным и минимальным значениями длины низа была большой, что мы можем видеть из рис.2.13, однако фронтальные силуэты системы "фигура-платье" (рис. *A* и *B* в табл.2.2) не отражают таких особенностей чертежей. Поэтому для получения модного силуэта платья по чертежу на рис.2.13, *a* была необходима мягкая хорошо драпирующаяся ткань, а при использовании чертежа на рис.2.13, *б* драпируемость и мягкость не важны.

Таблица 2.2

Результаты комплексного анализа чертежей и фотографий платьев 1991 г.

			
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Типичный силуэт	Система "фигура- платье"	Фотографии типичных моделей платьев	Условный конструктивный силуэт, построенный по минимальным и максимальным измерениям чертежей

Таким образом, результатом параллельного анализа фотографий и чертежей стали базы данных в виде силуэтов - привычных, показывающих особенности бокового контура платья по отношению к боковому контуру фигуры, и условных конструктивных, показывающих изменение конструктивных параметров чертежей на основных конструктивных уровнях. Первый вид силуэта - традиционный - может быть использован для параметризации проекционных зазоров. Второй вид силуэта - конструктивный - может характеризовать конструктивные особенности чертежей, в частности, конструктивные прибавки, необходимые для получения традиционного силуэта.

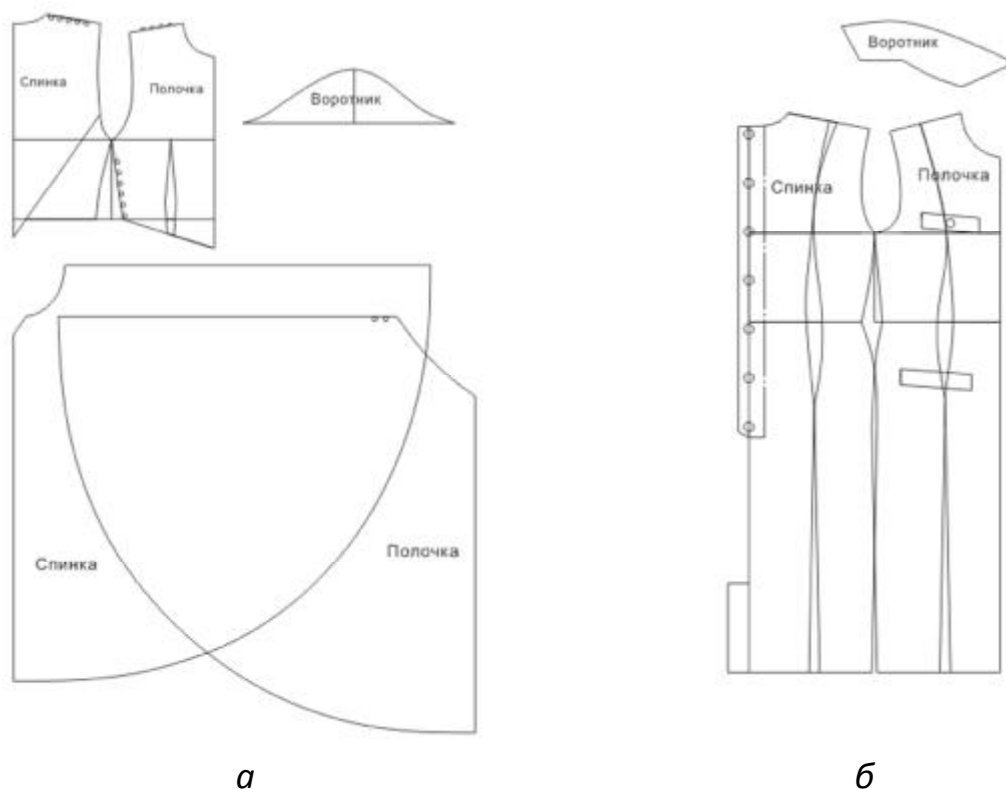


Рис.2.13. Примеры чертежей женских платьев 1991 г. с максимальной (а) и минимальной (б) длинами линии низа

2.3. Анализ чертежей конструкций платьев

В процессе формообразования из плоских 2D деталей получается 3Dодежда, благодаря криволинейным контурам деталей, раскрою и монтажу. Вытачки и складки играют важнейшую роль в структурном дизайне и заслуживают самого серьезного внимания. Однако чрезмерная оптимизация комбинации вытачек (складок) с позиций их влияния на структуру платьев и внешнюю форму вызывает большие трудности. В этом разделе сформулирована концепция «типичного» женского платья как основного объекта нашего исследования для одновременного изучения пространственного формообразования платьев и возникновения компрессионного давления под ним. Анализ исторических чертежей был проведен с целью установления основных закономерностей, присутствующих в дизайне женских платьев.

На **первом этапе** были получены данные о размерных признаках фигур для вычисления величин конструктивных прибавок на чертежах по методике кафедры «Конструирование швейных изделий» Текстильного института (г.Иваново). Сравнение параметров манекена женской фигуры с реальными фигурами, аватары которых были получены с помощью

3D-бодисканера, показало, что положение боковой линии на поверхности манекена (в профильной проекции) совпадает с линией, проходящей через центр тяжести фигур. Нами были измерены необходимые размерные признаки манекена, которые помогли нам исключить ошибки измерений, выполненных на фигурах в динамике. В табл.2.1 приведены исходные данные для промышленного манекена женской фигуры 160-84-90.

Таблица 2.3

Параметры промышленного манекена женской фигуры

Обхват груди третий $O_{г3} = 84$ см и его распределение, см				Обхват талии $O_{т} = 64$ см и его распределение, см		Обхват бедер $O_{б} = 90$ см и его распределение, см	
перед		спина		перед	спина	перед	спина
Но прежней размерной типологии в РФ				35,5	28,5	45,2	43,8
44,4		39,6					
Ширина в самом узком месте	Ширина проймы	Ширина проймы	Ширина в самом узком месте				
33,4	5,5·2 (правая и левая)	5,1·2 (правая и левая)	29,4				
По новой размерной типологии в РФ							
35,2	10,6	9,3	33,4				

В нашем исследовании размерные признаки и тип женской фигуры были выбраны в соответствии с китайским стандартом [133]. Этот тип фигуры является самым распространенным среди азиатских женщин и для него можно подобрать соответствующие типы в других странах. В табл. 2.4 приведены размерные признаки близких фигур одного морфологического типа в разных странах. Это позволит нам утверждать, что закономерности, которые будут получены в этой диссертационной работе, приемлемы не только для Китая и России, но и для других стран.

В табл.2.5 приведены дополнительные размерные признаки для женской фигуры (160/84А) по китайскому стандарту GB/T 10000-1988: *Human dimensions of Chinese adults* и используемые в массовом производстве одежды. Последние признаки были использованы нами для параметризации промышленных чертежей конструкций женских платьев.

Таблица 2.4

Основные размерные признаки типовых подобных женских фигур в разных странах

Размерный признак	Значение размерного признака, см, для близких типовых фигур в разных странах, маркировка и национальный стандарт							
	Китай	Япония	США	Франция	Россия	Германия	Англия	Италия
	(A)	(7A)	(8)	(38)	(84)	(36)	(10)	(40)
	[133]	[134]	[135]	[136]	[137]	[138]	[139]	[140]
1. Рост	160	/	/	160	158	168	164	164
2. Обхват груди	84	84	83.82	84	84	84	84	82~85
3. Обхват талии	64	60	62.23	64	64.9 (63,8)	68	64	65~68
4. Обхват бедер	90	91	87.6	92	92 (90)	94	89	91~94
5. Длина спины до талии	38	37	40.64	38.5	39 (38,9)	40	39.5	/

Примечание: в скобках приведены значения размерных признаков по новой российской типологии

Таблица 2.5

Размерные признаки женской фигуры по китайским стандартам [133] и G.B 5.4 A

Размерный признак	Значение размерного признака по документам	
	GB/T 10000-1988	[133]
1. Рост	160	160
2. Высота шейной точки	136	/
3. Длина руки	50.5	50.5
4. Высота талии	98	/
5. Обхват шеи	33.6	34
6. Расстояние между плечевыми точками на спине	39.4	39.5
7. Обхват талии	66...70	64
8. Обхват бедер	88.2...91.8	90
9. Расстояние между центрами груди	/	16
10. Длина от шейной точки спереди до талии	/	35.5
11. Длина спины от середины плечевого ската до талии	/	37
12. Расстояние между линиями талии и бедер	/	19
13. Ширина груди	/	29.6
14. Поперечный диаметр талии	/	22.7
15. Поперечный диаметр бедер	/	32.8

На **втором этапе** были параметризованы 363 чертежа женских платьев и установлены интервалы изменения параметров по линии груди, талии и бедер, включая распределение прибавок. Также были вычислены интервалы изменения прибавок для полочки и спинки на других

антропометрических уровнях. Схема параметризации выбранных чертежей показана на рис.2.14.

Например, основную прибавку к полуобхвату груди третьему распределяли следующим образом

$$P_{Сгз} = P_{Шг} (1) + P_{Шс} (2) + P_{Шпрп} (3) + P_{Шпрс} (4), \quad (2.4)$$

где $P_{Шг} (1)$ – прибавка, приходящаяся на полочку (прибавка к ширине груди в самом узком месте), $P_{Шс} (2)$ - прибавка, приходящаяся на спинку (прибавка к ширине спины в самом узком месте), $P_{Шпрп} (3)$ - прибавка, приходящаяся на переднюю часть проймы, $P_{Шпрс} (4)$ - прибавка, приходящаяся на заднюю часть проймы, $P_{Шпрп} (3) + P_{Шпрс} (4) = P_{Шпр}$ – прибавка к ширине проймы.

Для параметризации чертежей мы использовали 30 параметров, которые могут оказать влияние на силуэтные формы платьев. Табл. 2.4 содержит минимальные, максимальные и средние выбранных параметров.

Таблица 2.6

Конструктивные параметры женских платьев

№	Конструктивные параметры	Значение параметра, см		
		Максимальное	Минимальное	Среднее
1	2	3	4	5
1. Линейные размеры				
1	Ширина полочки в самом узком месте	24.5	12.3	16.9
2	Ширина спинки в самом узком месте	24	12.3	17.4
3	Длина плечевой линии на полочке	3	28	9.4
4	Длина плечевой линии на спинке	3	28.3	9.4
5	Длина перпендикуляра из конца плечевой линии до средней линии полочки	29.2	12.2	18.7
6	Длина перпендикуляра из конца плечевой линии до средней линии спинки	29.5	12.4	19.2
7	Высота конца плечевой линии полочки относительно линии груди	31	14.3	19
8	Высота конца плечевой точки спинки относительно линии груди	31	15.7	20.4
9	Ширина стана по линии груди	56.6	42	47.5
10	Ширина стана по линии талии	51.9	32.5	40.1
11	Ширина стана по линии бедер	126	44	53.6
12	Ширина полочки на уровне глубины проймы	28.3	21.5	23.8
13	Ширина спинки на уровне глубины проймы	26.7	20.3	23.6
14	Ширина проймы полочки	10.7	3.3	7.2
15	Ширина проймы спинки	10.2	0.3	6.4
16	Длина линии низа	162.2	43	72
17	Длина платья	130	83.8	106.7

Окончание таблицы				
18	Длина спинки до талии	41.8	20.5	36.5
19	Ширина оката рукава	52.6	29.9	37.5
20	Ширина рукава внизу	54.4	20.1	31.3
21	Длина рукава	60	10	29.3
2. Конструктивные прибавки				
22	К ширине плечевого ската	19.2	-14.9	-1.6
23	К ширине полочки по линии груди	6.1	-0.7	1.6
24	К ширине спинки по линии груди	6.9	0.5	3.8
25	К ширине проймы, в том числе	10.3	-7	3
	на спинке	5.2	-2.2	1.7
	на полочке	5.1	-4.8	1.2
26	К полуобхвату груди третьему	14.6	0	5.5
27	К ширине груди	7.8	-4.4	0.2
28	К ширине спины	9.3	-2.4	2.7
29	К полуобхвату талии, в том числе	19.9	0.5	8.1
	на спинке	8.6	-1.8	2.7
	на полочке	11.4	2.25	5.4
30	К полуобхвату бедер, в том числе	81	-1	8.6
	на спинке	14.7	-1.7	3.3
	на полочке	23.1	-2.1	3.8

Анализ результатов позволил нам установить особенности проектирования прибавок: они не имеют единых закономерностей при оперировании средними значениями: иногда с их помощью ширину полочки проектируют меньше размерного признака «Ширина груди», а наибольшую часть прибавок закладывают в конструкцию спинки. По результатам табл. 2.4 мы подтвердили, что существует огромное количество вариантов распределения прибавок по линии груди – от положительных до отрицательных значений. Однако по линии талии всегда доля прибавки, приходящаяся на перед, больше, чем для спинки для фигур, близких к рассматриваемому варианту (для фигур больших размеров доля прибавки на спинке превышает долю прибавки на перед).

В дополнение к перечисленным параметрам, исключительно важным для размеров формы платьев, не менее важными являются параметры талиевых вытачек. Измерения параметров вытачек довольно затруднительно из-за их разнообразия. Существует много способов изменения их параметров, и каждая вытачка может быть получена разными способами. Нами разработана номенклатура параметров для параметризации возможных особенностей проектирования талиевых вытачек[141].

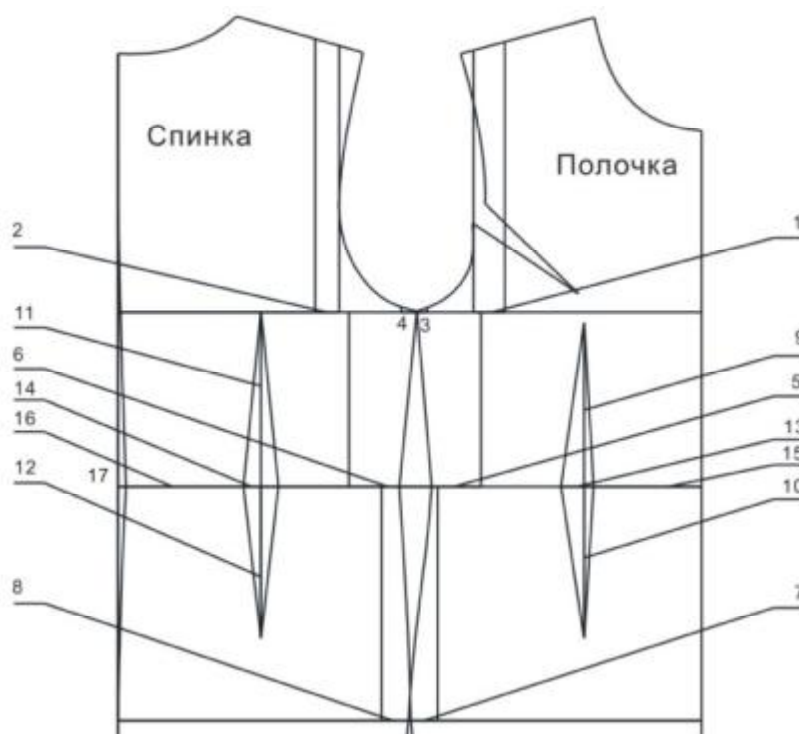


Рис.2.14. Схема параметризации чертежей платьев. На рисунке обозначены: конструктивные прибавки: 1 - $P_{Шг}$, 2 - $P_{Шс}$; 3 - $P_{Шгрп}$; 4 - $P_{Шпрс}$; 5 - $P_{Стп}$; 6 - $P_{Стс}$; 7 - $P_{Сбп}$; 8 - $P_{Сбс}$; параметры вытачек:

9 – длина верхней части вытачки на полочке; 10 - длина нижней части вытачки на полочке; 11 – длина верхней части вытачки на спинке; 12 – длина нижней части вытачки на спинке; 13 – раствор вытачки на полочке, 14 - раствор вытачки на спинке; 15 - расстояние от средней линии до вытачки на полочке; 16 - расстояние от средней линии спинки до вытачки; 17 – отведение средней линии спинки от вертикали.

При изменении размеров по линиям груди и талии растворы талиевых вытачек изменяются и распределяются по-разному. Для установления правил распределения вытачек мы выполнили статистический анализ их параметров (см. табл. 2.7). Мы установили, что растворы талиевых вытачек на полочке и спинке примерно одинаковы и очень редко превышают 3.5 см.

Таблица 2.7

База данных о вытачках, полученных по чертежам исторических конструкций

Параметр талиевой вытачки	Обозначение (номер параметра на рис.2.14)	Значение параметра, см		
		макс	мин	среднее
<i>l</i>	2	3	4	5
1. Длина вытачки выше линии талии на полочке	9	29.9	8	15.9
2. Длина вытачки ниже линии талии на полочке	10	27.3	2.6	14.4
3. Длина вытачки выше линии талии на спинке	11	25	8	15

Окончание таблицы				
4. Длина вытачки ниже линии талии на спинке	12	26.4	3.6	13.5
5. Раствор вытачки на полочке	13	3.5	0.9	2.3
6. Раствор вытачки на спинке	14	4	1	2.5
7. Расстояние между осевой линией вытачки на полочке и линией полузаноса	15	15.7	7	9.4
8. Расстояние между осевой линией вытачки на спинке и средней линией	16	15.6	6.3	9.6
9. Вытачка в среднем шве спинки	17	2	0	0.5

Примечание: объем выборки $n = 134$.

2.4. Анализ возможностей талиевых вытачек в формообразовании платьев [142,143]

В формообразовании женских платьев положение и размеры вытачек выполняют важную роль как структурные элементы. Например, платья *H*-силуэта не имеют ни вытачек, ни складок, а боковые контуры являются прямыми линиями. Однако, самым популярными являются силуэты, которые подчеркивают пластику женского тела - *X* или *A*, что было показано в разд. 2.2 и 2.3, именно благодаря вытачкам. В этом разделе мы сравним пять самых типичных вариантов вытачек, чтобы изучить их влияние на объемно-силуэтную форму и выбрать объекты для дальнейшего исследования.

Концепция «типичного» женского платья. Как было отмечено выше, 363 чертежа конструкций платьев были параметризованы, а результаты параметризации были использованы для установления основных закономерностей формообразования с помощью талиевых вытачек. По результатам анализа установлено, что 134 платья (37 %), несмотря на столь очевидные изменения модных форм, имели одинаковый алгоритм проектирования талиевых вытачек – по одной на полочке и одной на спинке. Общее количество проанализированных платьев и удельный вес «типичных» платьев показаны в табл.2.8.

Графическая интерпретация результатов табл.2.8 и самые распространенные варианты формообразования полочки и спинки платьев показаны на рис.2.15. Эти варианты включают талиевые вытачки в рельефных швах (модель 01-13) и самостоятельные вытачки (модели 01-14 и 02-2).

Таблица 2.8

Удельный вес «типичных» женских платьев в разные периоды

Год	Количество чертежей	Количество «типичных» платьев	Удельный вес «типичных» платьев, %
1987	13	1	7.7
1988	11	2	18.2
1989	10	4	40
1990	11	2	18.2
1991	15	6	40
1992	16	0	0
1993	13	8	61.5
1994	23	8	34.8
1995	10	5	50
1996	14	10	71.4
1997	13	1	7.7
1998	13	11	84.6
1999	11	3	27.3
2000	11	5	45.5
2001	14	10	71.4
2002	15	7	46.7
2003	10	4	40
2004	11	4	36.4
2005	15	5	33.3
2006	10	4	40
2007	12	5	41.7
2008	13	5	38.5
2009	12	2	16.7
2010	13	5	38.5
2011	10	3	30
2012	13	6	46.2
2013	26	8	30.8
сумма	363	134	36.9

Примечание: объем выборки n = 363.

Из рис.2.16 видны закономерности востребованности конструктивного решения «типичного» платья, пик которой приходится на поздние 1990-е. В нулевые 2000-е годы этот тренд оставался довольно стабильным несмотря на то, что в этот период было огромным влияние различных субстилей, таким образом, сохранялась тенденция использования такого распределения талиевых вытачек, правда, с использованием новых приемов, например, путем стачивания их не внутрь, а наружу.

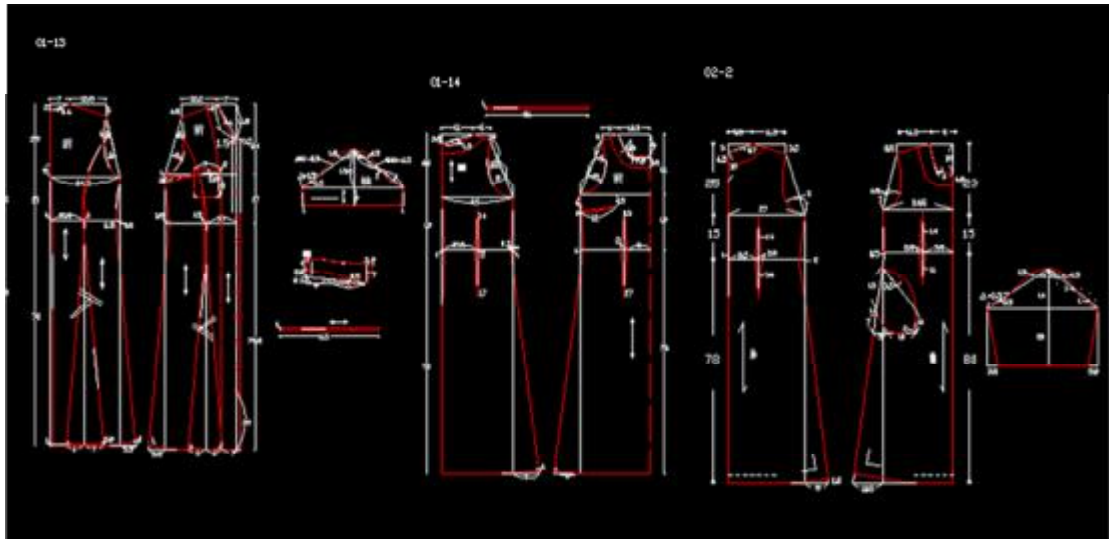


Рис.2.15. Примеры чертежей «типичного» женского платья, параметризованных в AutoCAD: модели 01-13, 01-14, 02-2 (слева направо)

На рис.2.16 показано изменение удельного веса платьев, имевших по одной талиевой вытачке на полочке и спинке.

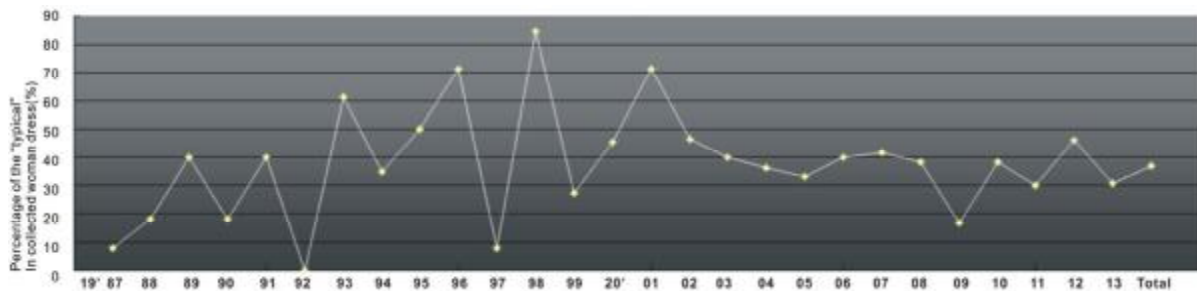


Рис.2.16. Удельный вес «типичных» женских платьев в разные годы

2.5 Анализ применимости вытачек для формообразования «типичных» платьев.

Как было отмечено выше, структура т.н. «типичного» платья наиболее часто ассоциируется с платьем, которое имеет талиевые вытачки на спинке, полочке и в боковом шве. Фактически на линии талии могут быть расположены несколько вытачек. Некоторые платья имеют на полочке нагрудную вытачку, причем плечевая вытачка может быть и на спинке. В тоже время талиевая вытачка может быть запроектирована разными способами: обычная или включенная в рельефный шов в покрое «принцесса». Диаграммы для средних значений на рис.2.17 показывают частоту применения рассмотренных вариантов формообразования.

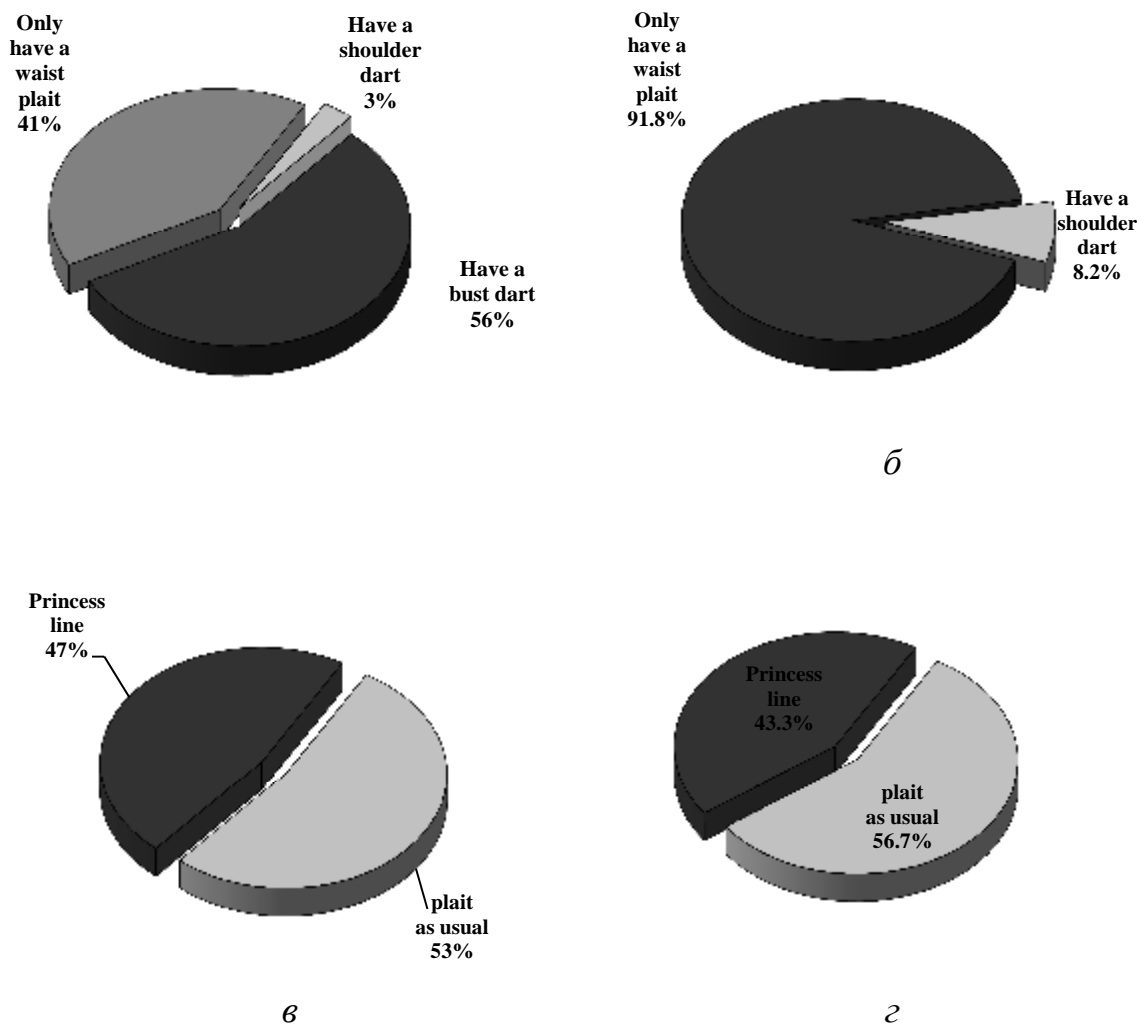


Рис.2.17. Использование вытачек в женском платье: количество вытачек - а – на полочке (талиевая 41 %, нагрудная 56 %, плечевая 3 %), б – на спинке (талиевая 91,8 %, плечевая 8,2 %), тип вытачек - в – на полочке (рельефные швы, как в покрое принцесса, 47 %, обычные короткие вытачки 53 %), г – на спинке (рельефные швы, как в покрое принцесса, 43,3 % обычные короткие вытачки 56,7 %)

На основании результатов анализа мы можем видеть наиболее часто применяемый способ использования вытачек в «типичном» платье: нагрудная вытачка на полочке; по одной талиевой вытачке на полочке и спинке. Поэтому в нашем исследовании мы будем использовать именно такую типичную структуру конструктивного формообразования женского платья.

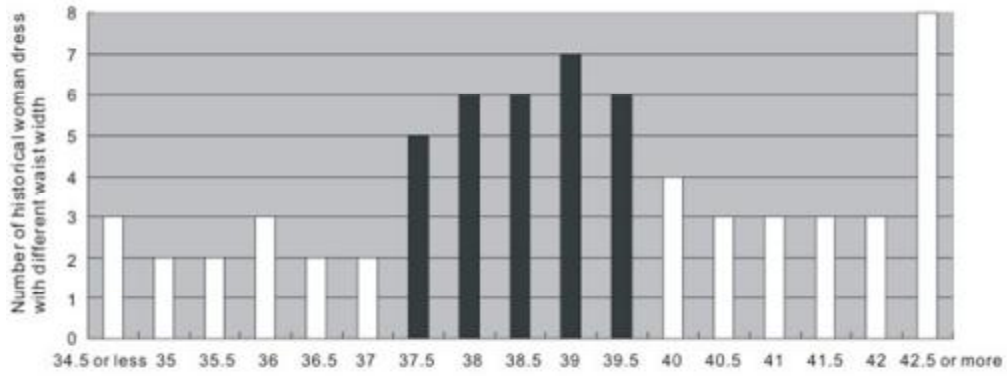
Для проверки влияния такой структуры вытачек на форму платьев мы выбрали из китайского стандарта типовую фигуру 160/84А (рис.2.18). После анализа исторических чертежей мы установили, что среднее значение ширины по линии талии равно 38,6 см, а интервал часто

встречаемых значений ширины платьев по талии составляет 37,5...39,5 см. Мы разделили этот интервал на пять частей с шагом 0,5 см и выбрали по пять чертежей с такой шириной талии. Макеты были изготовлены из ткани, содержащей 20 % хлопка и 80 % полиэфира. На рис.2.18 показаны контуры платьев, различающиеся проекционной шириной по линии талии, а именно конструктивной прибавкой.

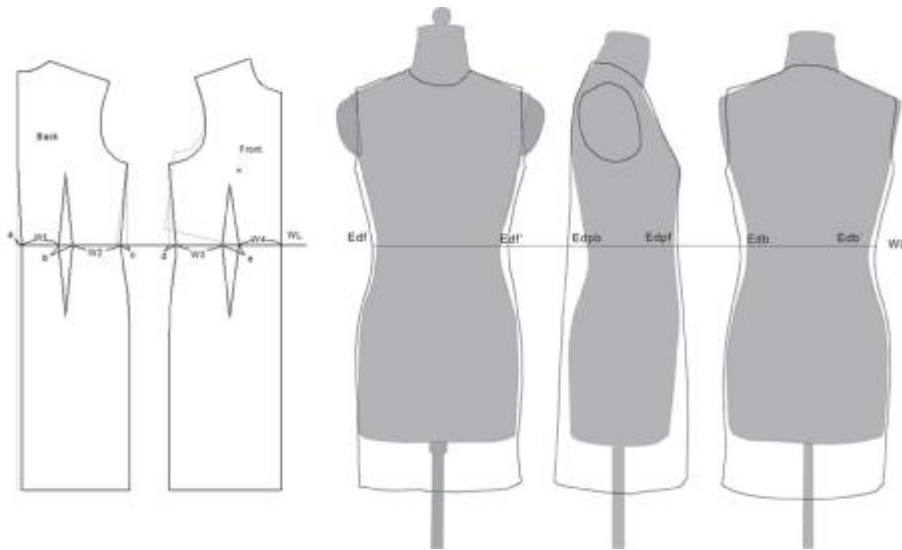
Из рис.2.18, *в,г* видно, что изменение ширины платья по линии талии влияет на конфигурацию сечений, расположенных ниже - на линии бедер - и выше - на линии груди. Различия в контурных линиях, расположенных на разных конструктивных уровнях, убедительно подтверждают значимость выбранного участка в области талии на формирование платьев. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на детализацию причин такого влияния.

Варианты вытачек, используемые в женских платьях. По результатам исторического анализа (разд. 2.2 и 2.3) варианты используемых вытачек были объединены в пять ситуаций.

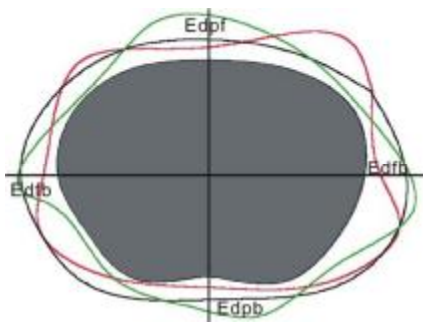
1) Вытачка из-под проймы (как в чертеже базовой конструкции). Этот вариант вытачек проектируют из бокового шва под проймой (рис. 2.19) и обычно применяют для получения простых контурных линий, формирования “А” или “Н” силуэтов при свободных объемах в области талии и бедер. Прибавка $P_{Ст} = 12,8$ см.



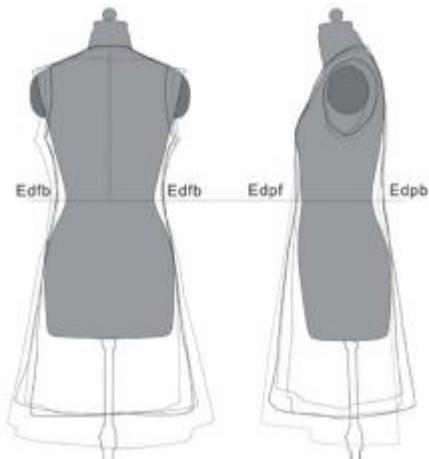
a



б



в



г

Рис.2.18. Гистограмма частоты встречаемости женских платьев с разной шириной по линии талии (*a*), схема параметризации участков линии талии в чертежах и измерения проекционных зазоров в системе "манекен-платье" (*б*), горизонтальное сечение системы "манекен-платье" на линии бедер (*в*) и проекции систем "манекен-платье" для пяти вариантов (*г*). Вдоль вертикальной оси отложено количество чертежей конструкций "Number of historical women dress with different waist width"

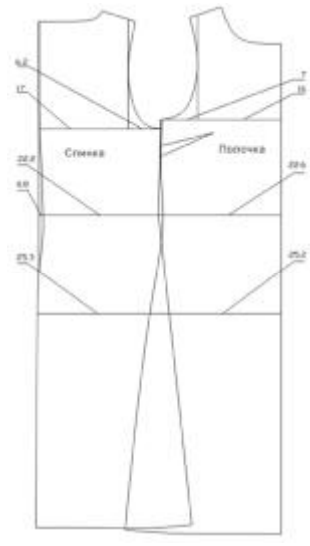


Рис. 2.19. Схема первого варианта чертежа конструкции стана с вытачкой от боковой линии

2) Талиевые вытачки проектируют непосредственно на конструктивном уровне талии (рис. 2.20) и используют для получения приталенного силуэта и подчеркивания пластики женских фигур при незначительной выпуклости грудных желез. Прибавка $P_{Ст} = 4,1$ см.

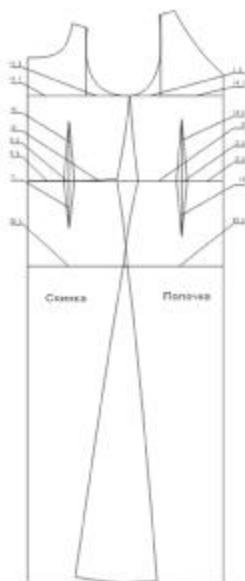


Рис. 2.20.Схема второго варианта чертежа конструкции стана с талиевыми вытачками

3) Талиевые вытачки и вытачка из-под проймы. Такая комбинация вытачек позволяет получить выраженную приталенность (рис. 2.21), подчеркнуть пластику фигуры в области груди и талии и боковой контур. Область применения – малообъемные формы в разных силуэтах (“А”, “Х”, “НХ”, “ТХ” и даже “О”) с повторением формы плечевого пояса и низа, как в варианте 2. Прибавка $P_{Ст} = 4,1$ см.

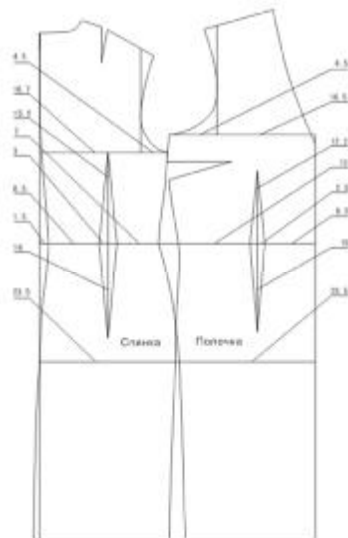


Рис.2.21. Схема третьего варианта чертежа конструкции стана с талиевыми вытачками и вытачкой из-под проймы

4) Вытачки в рельефных швах (покрой принцесса) и вытачка из-под проймы. (рис. 2.22). Этот вариант обеспечивает очень точное повторение пластики фигуры, как и вариант 3, и используется для получения приталенного X-силуэта с нормальным плечевым поясом и широкой линией низа. Прибавка $P_{Ст} = 4$ см.

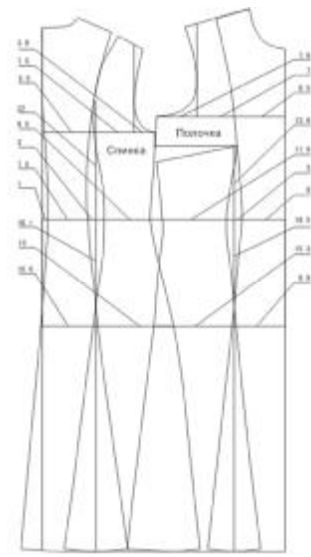


Рис.2.22. Схема четвертого варианта чертежа конструкции стана с вытачками в рельефных швах и вытачкой из-под проймы

5) Комбинирование вытачек (наклонных и др.) носит специфический характер и имеет несвойственный характер (рис. 2.23), которая получается после моделирования обычной талиевой вытачки. Этот вариант обеспечивает хорошую посадку на фигуре, а необычное направление вытачки выглядит как интересный элемент. Прибавка $P_{Ст} = 3$ см.

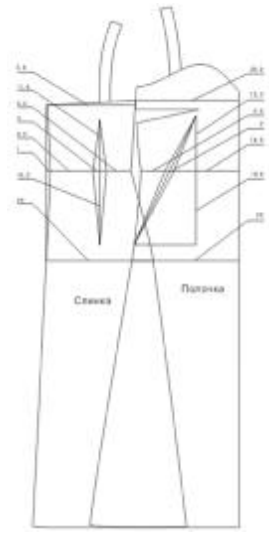


Рис.2.23. Схема пятого варианта чертежа конструкции стана с комбинированными вытачками

Влияние вытачек на силуэт [171]. Очевидны различные возможности каждого рассмотренного варианта для повторения переднего, заднего и бокового контуров манекена: отличия между рассмотренными вариантами могут быть довольно значительными. На рис.2.24 совмещены фронтальный и профильный силуэты платьев, полученные с использованием рассмотренных выше пяти вариантов вытачек. Визуальный анализ систем «манекен-платье» показывает разные возможности рассмотренных вариантов вытачек, проектируемых на плоских 2D чертежах, в модификации силуэтов в области груди, талии и бедер. Вытачка из-под проймы с дополнительной наклонной вытачкой могут лучше подчеркнуть боковую часть фигуры (рис 2.23). Комбинация талиевой вытачки и вытачки из-под проймы обеспечивает максимальное повторение формы передней части манекена в области груди и талии (рис.2.22). Талиевая вытачка совместно с плечевой, проектируемые на спинке и полочке, равномерно уменьшают объем платья в области талии и обеспечивают высокую адекватность передних и задних контуров платья и манекена (рис.2.21). Проектирование вытачек в разных вариантах позволяет регулировать объем воздуха между фигурой и платьем, а следовательно, влиять на возможность перемещения платья относительно фигуры в динамических позах и возникновение компрессионного давления.

Рис.2.25 детализирует возможности третьего, четвертого, пятого вариантов в повторении пластики манекена. Как видно из увеличенного рисунка, самое точное повторение переднего и заднего контуров манекена обеспечивает пятый вариант проектирования вытачек (рис.2.25, а). Высокая степень повторения переднего контура достигнута для четвертого

варианта (рис. 2.25, б), а заднего контура – для третьего варианта (рис. 2.25, в).

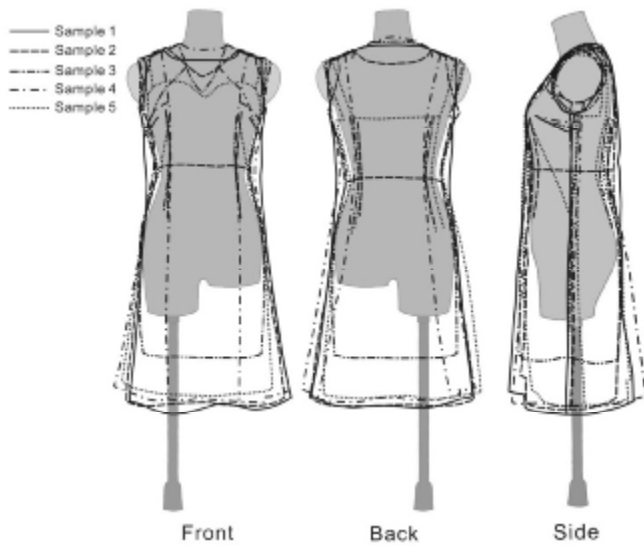


Рис.2.24. Совмещенные силуэты женских платьев, полученные с использованием пяти вариантов вытачек (варианты обозначены на чертеже) и показывающие влияние вытачек на изменение конфигурации контуров платьев и воздушных зазоров

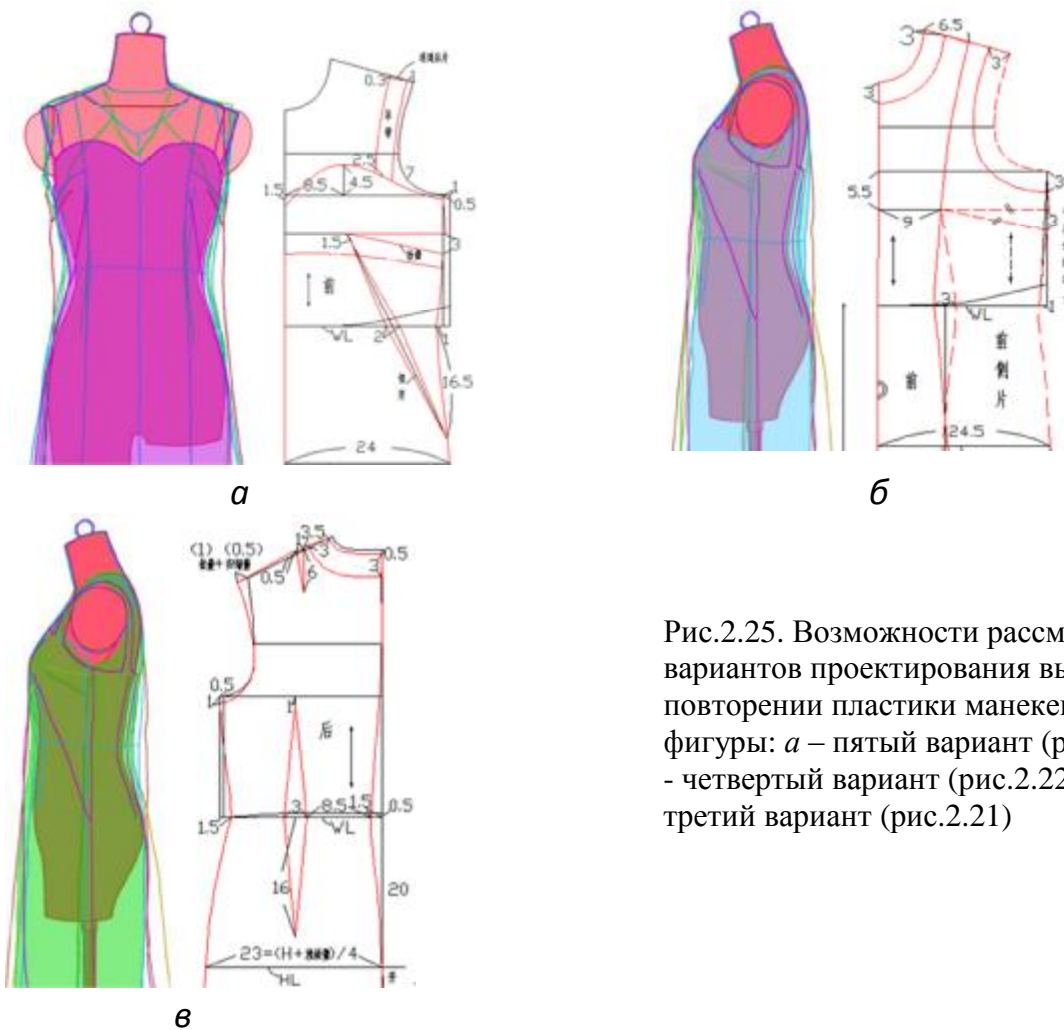


Рис.2.25. Возможности рассмотренных вариантов проектирования вытачек в повторении пластики манекена женской фигуры: а – пятый вариант (рис. 2.23), б - четвертый вариант (рис.2.22), в - третий вариант (рис.2.21)

Полученные результаты открывают возможность прогнозирования контуров 3D силуэтов на основе 2D чертежей. Из пяти популярных вариантов проектирования вытачек четыре варианта характерны для «типичного» женского платья, что было показано в разд. 2.3.

Внешняя форма одежды и компрессионное давление под ней взаимосвязаны. Следовательно, в соответствии с результатами, полученными в этом разделе, для нашего дальнейшего исследования мы выбираем вариант платья, содержащий талиевые вытачки на спинке и полочке. Следующие показатели являются очень важными для проектирования внешней формы и давления под ней:

- параметры одежды, включая величины конструктивных прибавок и их распределение между полочкой и спинкой,

- параметры талиевых вытачек (раствор и длина вытачки, ее положение), влияющие на степень приталенности по отношению к контурам фигуры.

Перечисленные параметры будут изменяемыми в нашем исследовании.

Выводы по главе 2

1. Выполнен художественный анализ женских платьев, популярных в КНР в период с 1987 по 2013 гг. и синтезированы типичные (традиционные) и конструктивные силуэты с обоснованием наиболее популярных *A* и *H*.

2. Выполнена параметризация чертежей женских платьев с применением 30 параметров, описывающих формообразование деталей стана, и формализованы особенности проектирования талиевых вытачек с применением девяти параметров, которые сформировали новую базу данных о конструктивном направлении моды в исследованные периоды.

3. Изучены возможные варианты проектирования талиевых вытачек, рассмотрено их влияние на линии силуэтов платьев и сформулировано понятие «типичного» платья с позиций частоты применения способов формообразования в области талии. "Типичное" платье с двумя талиевыми вытачками и наиболее часто применяемыми сочетаниями конструктивных прибавок выбрано как объект будущего исследования для изучения комфортности систем "фигура-платье".

Глава 3. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЖЕНСКИХ ПЛАТЬЕВ НА КОМПРЕССИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ

В этой главе рассмотрено влияние основных конструктивных прибавок к конструктивным отрезкам, распределения прибавок между участками базисной сетки, параметров талиевыхвытачек и длины втачного рукава на возникновение компрессионного давления в системе «фигура-платье» как основного показателя комфортности. Выполнена классификация участков кожных покровов в зависимости от их чувствительности к компрессионному давлению. В этой главе разработана универсальная база данных, объединяющая факторы, относящиеся к размерам платьев, структуре рукава, параметрам чертежей, трехмерным прибавкам для описания формы платьев, возникающего компрессионного давления и ощущения комфортности. Предложены новые комплексные показатели для описания формы системы "фигура-платье". Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в семи работах [158,159,172,162-164,170,172].

3.1. Методы и средства исследований

Прибор для измерения давления текстильных оболочек на мягкие ткани. В начале исследования были сформулированы следующие требования к прибору для измерения давления текстильных оболочек на мягкие ткани тела[145]:

а) прибор должен включать сенсорный датчик и компьютерное записывающее устройство для сохранения информации и ее последующего использования в наиболее распространенных форматах и программах, включая средства САПР;

б) интервал измерений давления должен составлять 0...10 кПа, поскольку для повседневной одежды компрессионное давление обычно меньше 1,96кРа и не превышает 10 кПа в экстремальных ситуациях;

в) чувствительность прибора должна быть менее 90 Па;

д) сенсор должен быть адаптируемым под мягкие ткани, иметь небольшую толщину и необходимую гибкость;

е) прибор должен обеспечивать непрерывность измерений при выполнении человеком движений с любой продолжительностью.

В настоящее время существуют несколько приборов для измерения компрессионного давления, выпускаемых в разных странах. Среди них

признанными и наиболее распространенными системами являются следующие, основанные на разных принципах измерения:

1) АМІ 3707 (Япония). Система АМІ 3707 использует пневматический метод измерения давления, который является прямым, а точность результатов зависит от оператора и участков человеческого тела [146]. Прикосновение и изменения при фиксации будут изменять форму мешочков из эластичного воздухонепроницаемого материала (рис.3.1), что влияет на возникновение ошибки.



Рис. 3.1. Схема проверки пневматического датчика системы АМІ [146]

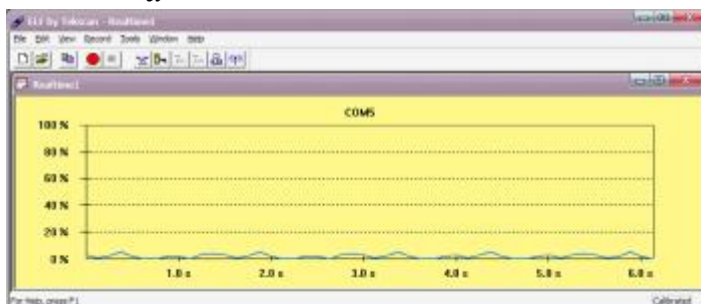
2) FlexiForce (США). Сенсор FlexiForce, выполненный из электропроводящего материала, совместно с системой ELF реализует метод изменения электрического сопротивления проводника при деформации [147]. Этот метод является косвенным. Его преимуществами являются малая толщина и габариты и отсутствие больших габаритов (как например воздушный пакет АМІ). Сенсор обладает достаточной гибкостью и высокой точностью измерений на разных поверхностях. На рис. 3.2 показаны внешний вид устройства и пример диаграммы «давление - время».



а



б



в

Рис.3.2. Внешний вид сенсора FlexiForce (а),компьютера с подсоединенным сенсором (б) и интерфейс программы во время измерения давления (в)

Кроме перечисленных систем существуют другие: эластичные волокнистые сенсоры для измерения компрессионного давления в трикотажной одежде, носках, эластичных медицинских бандажах [148] и эластичные манекены [149], которые, однако, нуждаются в совершенствовании и пока ограничено используются в очень узких областях.

Обе системы - японская и американская - одинаковы пригодны для наших целей, но мы остановили свой выбор на американской системе, поскольку ее метрологические характеристики позволяют получать более достоверные результаты.

Обеспечение минимальной погрешности измерений компрессионного давления текстильной оболочки на мягкие ткани является важной проблемой, которую мы решили для сенсора FlexiForce за счет обоснования числа параллельных измерений. В специальном эксперименте были выбраны три участка фигуры, на которых возможно возникновение низкого (участок талии), среднего (участок обхвата плеча) и высокого (зона около локтевой точки) компрессионного давления. На каждом участке давление измеряли 12 раз подряд в течение 5 сек (продолжительность измерения была выбрана таким образом, чтобы не превышать среднюю длительность цикла «вдох-выдох»). Поскольку закрепить сенсор FlexiForce между телом и одеждой довольно трудно, то для получения стабильных результатов мы использовали вкладыш из пластика, в котором размещали сенсор и который крепили над антропометрическими точками во время выполнения движений. Это гарантировало во всех ситуациях расположение сенсора точно в выбранном положении.

Обработку результатов измерений выполняли с помощью методов математической статистики [150]. Графическая интерпретация результатов многократных измерений показана на рис.3.3.

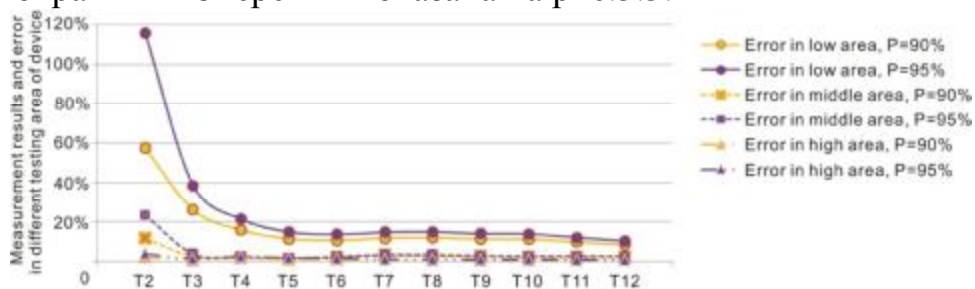


Рис.3.3. Изменение погрешности измерения давления с увеличением числа измерений (T2, T3, T4 и т.д.) для разных уровней доверительной вероятности (90 и 95 %) и зон создаваемого давления: низкого - ●, среднего - ■, высокого - ▲

Из рис.3.3 видно, что для всех участков, в которых равновероятно возникновение низкого, среднего и высокого давлений, после 5-6 измерений величина погрешности стабилизируется и составляет: 1,1...1,6 % - для зоны высокого давления, 2,1...2,5 % - для зоны среднего давления, 10,7...1,36 % - для зоны низкого давления. Поэтому для дальнейших измерений компрессионного давления необходимое и достаточное число опытов было принято равным шести.

Субъективная оценка компрессионного давления. Рассматривая объект «фигура-одежда» как систему, в которой происходят взаимодействия на физическом, физиологическом, неврологическом и психологическом уровнях, нам было рассмотрено понятие «ощущение компрессионного давления (сжатия)» (“*the pressure feeling*”) и как оно возникает. Оценка субъективного комфорта складывается из физического и механического взаимодействия в системе «фигура-одежда» [151].

Существует много подходов, объединяющих объективные и субъективные методы оценки комфортности [152,153] и констатирующих, что объективные механистические методы недостаточно убедительны для полного описания и не учитывают «человеческий» фактор. Наоборот, субъективные методы в основе должны быть зависимыми от состояния человеческого сознания, что можно наблюдать по результатам тестов обычных потребителей, поскольку их результаты имеют относительно высокую вариацию, зависящую от особенностей экспертов, чем для тренированных экспертов. Объективные методы обеспечивают количественные оценки тестов, моделирующих тактильные манипуляции. Такие количественные результаты в некоторых случаях довольно далеки от того ощущения, которые испытывают эксперты. Чтобы проверить эти объективные тесты, ученые сравнивают их с результатами, полученными в группах обычных пользователей и экспертов [154]. В нашем исследовании мы использовали экспертов-волонтеров для параллельного участия в обоих экспериментах – по объективному измерению давления и его субъективному восприятию. Не существует единого стандартного руководства, рассматривающего методологию для субъективного оценивания или восприятия, которые были бы подкреплены хорошей практикой. Поэтому в нашем исследовании для субъективной оценки использовали следующие принципы, предложенные **L.C.Isabella** и **V.L.Lieva** [154]:

- а) состав экспертов должен включать определенное число участников;
- б) способ представления образцов должен быть групповым;
- в) из-за возможного влияния менструального цикла следует избегать включения в группу экспертов одних женщин (это условие не было выполнено по причине выбранного объекта исследования);
- г) усталость, возникающая в испытаниях, может влиять на результаты;
- д) четкие, однозначно понимаемые термины, используемые экспертами для оценки объектов или ситуаций, должны быть доведены для всех экспертов, включая подготовленных и неподготовленных.

Перечисленные принципы были приняты во внимание при проведении измерений. В процессе тестирования мы разговаривали с экспертами, что, с одной стороны, является реальной ежедневной ситуацией; а, с другой стороны, позволяли им расслабиться и избежать появления ошибочных оценок из-за нервного состояния.

Нами предложена трехбалльная шкала для субъективной оценки экспертами компрессионного давления со следующими значениями:

0 – комфортно *C (comfortable)*. Эта оценка соответствовала ситуациям, в которых давление не ощущалось или соответствовало комфортному состоянию;

1 – удовлетворительно *E (endurable)* соответствовало состоянию переносимого давления, не отвлекающего внимания от выполняемых движений;

2 – некомфортно *U (uncomfortable)* соответствовало явному нежеланию переносить такое давление.

При проведении экспериментов каждому эксперту объясняли содержание оценок шкалы, а сама шкала постоянно находилась перед глазами экспертов.

Выбор базовых антропометрических точек. Традиционные женские платья (изготовленные из тканей и сконструированные с типовыми значениями конструктивных прибавок) не будут оказывать сильного влияния на ощущения в статических позах. Но при выполнении обычных движений компрессионное давление в некоторых антропометрических точках будет возрастать, даже если эти движения далеки по своим параметрам (углам, размахам) от спортивных. Согласно основным типовым движениям и возможным изменениям поверхности кожных покровов [155], мы выделили 26 точек для тестирования компрессионного давления и оценки его субъективного восприятия, включающие основные

антропометрические точки и точки, расположенные на линиях следующих обхватов: шеи, плеча, груди третьего, груди четвертого, талии, живота, выступа живота (см.рис.3.10). Перечень этих точек приведен в табл.3.1, а их расположение на поверхности женской фигуры показано на рис.3.4.

Таблица3.1

Антропометрические точки для измерения компрессионного давления и его субъективной оценки

№	Наименование точки	№	Наименование точки
1	Точка основания шеи сбоку	14	Точка на спине на линии <i>обхвата груди третьего</i> под задним углом подмышечной впадины
2	Шейная точка сзади	15	Точка на груди на линии <i>обхвата груди четвертого</i> под выступающей точкой грудных желез
3	Точка посередине плечевого ската	16	Боковая точка на линии <i>обхвата груди четвертого</i>
4	Точка на плечевом скате на расстоянии 1/3 его длины от плечевой точки	17	Точка на спине на линии <i>обхвата груди четвертого</i> под задним углом подмышечной впадины
5	Плечевая точка	18	Точка на груди на линии <i>обхвата живота</i> (через центр желудка) под выступающей точкой грудных желез
6	Передний угол подмышечной впадины	19	Боковая точка на линии <i>обхвата живота</i> (через центр желудка)
7	Задний угол подмышечной впадины	20	Точка на спине на линии <i>обхвата живота</i> (через центр желудка) под задним углом подмышечной впадины
8	Боковая точка на линии <i>обхвата плеча</i>	21	Точка на груди на линии <i>обхвата талии</i> под выступающей точкой грудных желез
9	Передняя точка на линии <i>обхвата плеча</i>	22	Боковая точка на линии <i>обхвата талии</i>
10	Задняя точка на линии <i>обхвата плеча</i>	23	Точка на спине на уровне <i>обхвата талии</i> под задним углом подмышечной впадины
11	Локтевая точка	24	Остисто-подвздошная точка
12	Выступающая точка грудных желез	25	Точка на спине на линии <i>обхвата через выступающую точку живота</i> под задним углом подмышечной впадины
13	Точка в подмышечной впадине	26	Выступающая точка ягодиц

Примечание: в зависимости от содержания последующих экспериментов набор точек был разным.

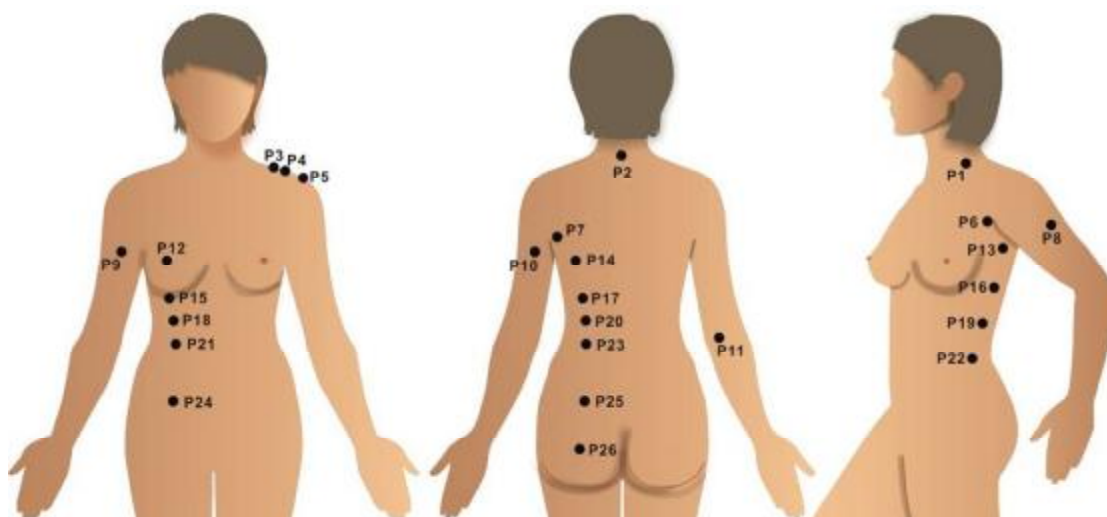


Рис.3.4. Антропометрические точки, являющиеся центрами областей, для определения интервалов допустимых значений компрессионного давления и его субъективной оценки

Как видно из рис.3.4, положения выбранных точек распределены следующим образом на меридианах:

меридиан (рис.1.4)	антропометрические точки P (рис.3.4)
Tai Yang	2,14,17,20,23,25,26
Shao Yang	1,3,4,7,10,13,15,16,19,22
Shao Yin	-
Yang Ming	5,8
Tai Yin	9,18,21,24
Jue Yin	6,11,12

Выбор основных движений для системы «фигура-платье». Компрессионное давление одежды на мягкие ткани может возникать в статике и динамике. В статике (например, в основной антропометрической позе) переносимое давление возникает под влиянием массы, структуры и формы одежды, ее конструкции в целом и конструкции отдельных узлов и деталей, применяемых текстильных материалов; такое давление может быть названо *статическим*. В динамике давление возникает под влиянием деформации материала одежды во время её адаптации под форму движущейся фигуры; такое давление может быть названо *динамическим*. Оно возникает в результате деформации материалов и кожных покровов в

результате развития в них процессов растяжения, сдвига, изгиба, компрессионного сжатия.

Недопустимое давление одежды вызывает дискомфорт и может привести к физиологическим нарушениям. Поэтому без проверки компрессионного давления нельзя сделать заключение о качестве дизайнерских решений и степени функциональности новой модели одежды. Установление зависимостей между конструктивными особенностями одежды и физиологическими реакциями тела позволят регулировать принимаемые конструктивные решения на научной основе и гарантировать потребителю оптимальные условия существования при сохранении здоровья и комфортабельной окружающей среды.

Одежда воздействует на человеческое тело двумя основными способами: собственным весом и давлением, генерируемым из-за деформации материала, сдавливающего кожу. Для округлых участков тела оба воздействия могут присутствовать. Даже на плоских участках присутствует одно из перечисленных воздействий при нормальных условиях [27]. Кроме того, человеческое тело имеет сложную форму поверхности в разных местах, которая влияет на восприятие давления.

Следовательно, изменение позы фигуры и движения будут вызывать деформацию кожи в разных местах. Для дизайна одежды важно совместное рассмотрение хорошей посадки одежды на фигуре и динамического комфорта и знание изменения параметров кожных покровов в различных направлениях. Из эргономики известны характеристики кожных покровов и участки изменения кожи с разными динамическими эффектами [30,155]. В нашем исследовании мы фокусируемся на женском платье для изучения давления, возникновения которого ещё не было изучено другими учеными.

Способность одежды к перемещению на фигуре зависит от запроецированных прибавок. Движения выбраны из спорта [156]. В соответствии с особенностями, характерными для активности взрослых людей мы выбрали следующие значения изменения углов в местах соединения суставов [151] и максимально-возможные углы при ежедневных движениях (табл.3.2). Согласно выбранным значениям углов нами были смоделированы основные динамические позы (рис.3.5), в которых возникают эти значения углов (табл.3.2).

Таблица 3.2

Угловые показатели для разных динамических поз взрослых людей и показатели, выбранные для эксперимента

Участок	Место сочленения	Действие	Значения углов, °			
			известные из эргономики			Выбранные для эксперимента, °
			интервал	размах	интервал в комфортном состоянии	
Голова - торс	Шея	Наклон и изгибание	-35...40	75	12...26	Наклон -35
		Поворот влево и вправо	-55...55	110	0	Поворот шеи +55
Торс	Грудь - талия	Наклон вперед и назад	-50...100	150	0	+80,-10
		Наклон влево и вправо	-50...50	100	0	+40
Плечо и предплечье	Локоть	Сгибание и выпрямление	0...145	145	10...85	+145
Рука и торс	Плечевой пояс	Сутуливание и выпрямление	-30..180	210	0	Выпрямление +170
		Поворот вбок и назад	-45...180	225	15...35	Поворот вбок 180
		Взмах вперед и назад	-40...140	180	40...90	+90,-40

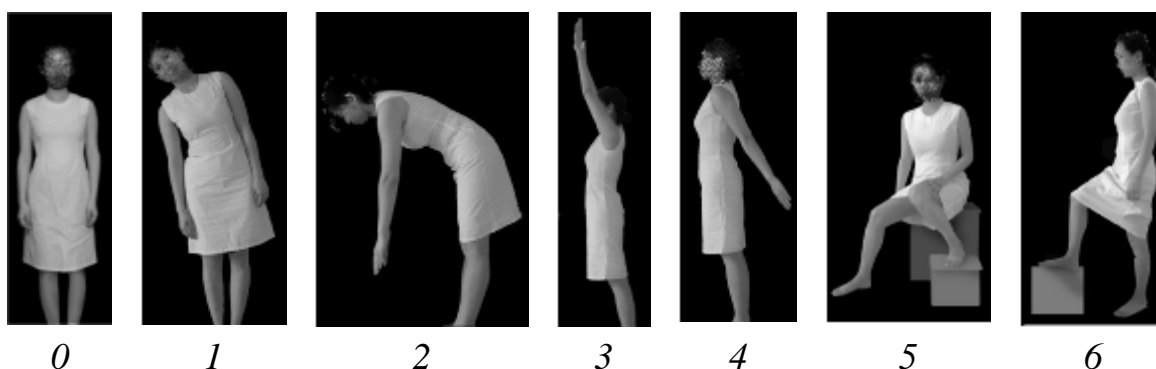


Рис.3.5. Эргономические позы, исследованные в эксперименте (слева направо): 0 - статическая, 1 - наклон в сторону, 2 - наклон вперед, 3 - подъем рук, 4 - отведение рук назад, 5 - выход из автомобиля, 6 - подъем по лестнице

Для проведения компьютерной симуляции реальные фигуры и системы «фигура-одежда» были адаптированы под виртуальные динамические аватары с повторением воспроизведения этих же поз. Примеры адаптации фигур для некоторых поз приведены на рис.3.6.

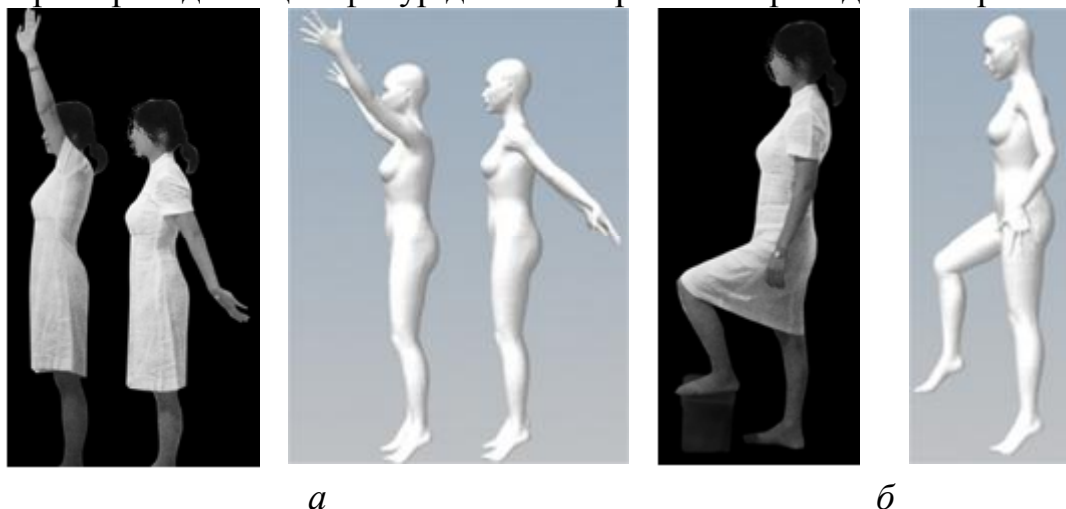


Рис.3.6. Примеры реальных систем «фигура-одежда» и виртуальные аналоги фигур в программе **MAYA** [157] для некоторых исследованных поз: *а* – подъем и отведение рук назад (позы 3 и 4), *б* - подъем по лестнице (поза 6)

3.2.Обоснование предельных значений компрессионного давления [158].

Поскольку женские платья могут быть выполнены из разных материалов, мы выбрали типичный батист (20% хлопковых волокон, 80% полиэфирных волокон из 60-текс пряжи). Из этой ткани были изготовлены пояса для закрепления датчика над антропометрическими точками: на уровне груди, талии и бедер. Ширина пояса составила 5 см; для шеи, плечевого ската и плеча – 2 см. Каждый пояс имел шкалу (в сантиметрах) для правильной фиксации вокруг участков фигуры и воспроизведения требуемых значений конструктивных прибавок. Поскольку пояс был изготовлен из тканого материала, то шаг уменьшения прибавок был выбран 0,5 см.

Интервалы изменения прибавок по разным линиям обхватов составили, см: шеи 1...2,5, плеча 1,5...3, локтя 2-6, груди третьего 1...-1 груди четвертого 1,5...2,5, живота 0,5...2,5, талии 0,5...-1, ниже талии 0...-3, вокруг линии сочленения руки с туловищем 0,5...2

Изменяя периметр пояса вокруг участков фигуры, мы, тем самым, моделировали аналогичное по структурному содержанию изменение значений конструктивных прибавок в одежде. Изменяемую прибавку мы в

этом эксперименте назвали *условной прибавкой*. На рис. 3.7 показан внешний вид пояса с нанесенной шкалой, имеющей цену деления 1 мм, и датчиком FlexiForce.



Рис.3.7. Пояс со шкалой для фиксации датчика и задания конструктивных прибавок

Для получения объективных результатов мы выбрали три женские фигуры с примерно одинаковыми размерными признаками (две российские и одну китайскую). В соответствии с биомеханикой человеческой фигуры (см. разд. 3.1.4) мы несколько расширили диапазон изменения углов в динамических позах, чем для системы «фигура-платье» (см.рис.3.5). Исследованные позы с местами крепления поясов показаны на рис.3.8.

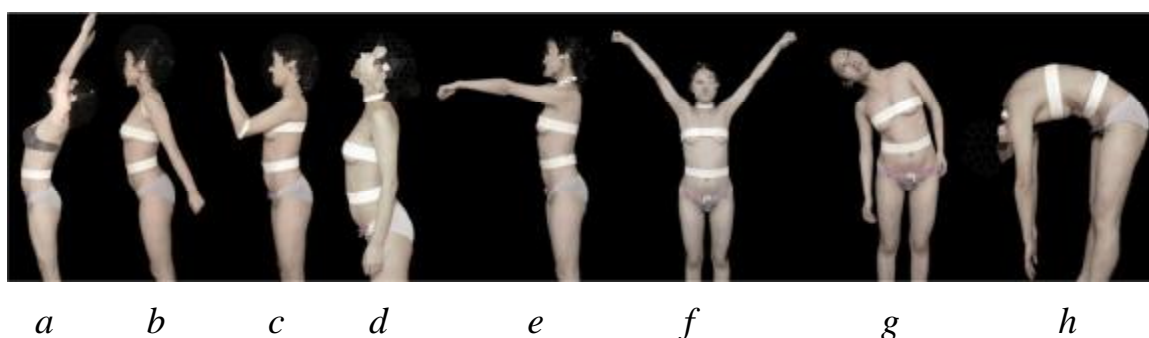


Рис. 3.8. Динамические позы для измерения давления с помощью тканого пояса: *a*–подъем рук вверх с изгибанием торса; *b* – отведение опущенных рук назад; *c*–изгибание рук в локтевом суставе; *d*–наклон шеи назад; *e*–подъем рук вперед; *f*–подъем рук в стороны и вверх; *g* - наклон в сторону; *h* - наклон туловища вперед

Результаты измерения компрессионного давления под поясом и субъективные оценки приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Влияние конструктивных прибавок на компрессионное давление и его субъективное восприятие

Участок измерения давления	Условная конструктивная прибавка, см, для разного уровня комфорта			Давление, Па, для разного уровня комфорта		
	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>U</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>U</i>
1. Обхват шеи	≥ 2.5	1...2	≤ 1	1108±168	1473±351	2174±553
2. Линия сочленения руки с туловищем	≥ 2	0.5...1.5	≤ 0.5	1136±42	1326±218	1718±400
3. Обхват плеча	≥ 3	1.5...2.5	≤ 1.5	1214±218	1515±267	2833±1304
4. Обхват локтя	≥ 6	2.5...5.5	≤ 2	2875±351	5757±2756	9187±211
5. Обхват груди	≥ 1	-0.5...0.5	≤ -1	1251±330	1438±428	1809±267
6. Обхват под грудью	≥ 2.5	2	≤ 1.5	1143±133	1354±162	1487±155
7. Обхват живота	≥ 2.5	1...2	≤ 0.5	1242±232	1340±190	1473±211
8. Обхват талии	≥ 0.5	-0.5...0	≤ -1	1059±246	1150±252	1284±274
9. Обхват через выступающую точку живота	≥ 0	-0.5...-2.5	≤ -3	1003±119	1122±182	1304±182

Примечание: объем выборки $n = 3$.

На основании полученных результатов мы поставили цель выделить на поверхности фигуры зоны с разной восприимчивостью к компрессионному давлению. Поскольку такая зона может включать несколько антропометрических точек, а субъективные ощущения в них могут различаться, поэтому зоны с разной чувствительностью на одном и том же уровне могут перекрываться. Зона комфортабельности не всегда очевидна, а потому нижние границы одной зоны могут приближаться к средним значениям предыдущей или совпадать. Например, области под грудью, на талии и животе одинаковы по восприимчивости к давлению, но область талии имеет неясные границы, из-за чего компрессионное давление на талии может вызывать различные ощущения. В табл.3.4 выделены участки поверхности женских фигур с разной чувствительностью к компрессионному давлению.

Таблица 3.4

Участки фигур с разным уровнем чувствительности к компрессионному давлению

Номер точки	Название точки	Значения компрессионного давления, Па, для разных уровней комфорта		
		Комфортабельно <i>C</i>	Удовлетворительно <i>E</i>	Некомфортно <i>U</i>
1	2	3	4	5

Окончание таблицы				
Первый уровень чувствительности с давлением менее 500 Па (среднее значение давления 391 Па)				
<i>P5</i>	Плечевая точка	$\leq 295 \dots 379$	309...463	$\geq 421 \dots 477$
Второй уровень чувствительности с давлением 501-1000 Па (среднее значение давления 1234 Па)				
<i>P1</i>	Точка основания шеи сбоку	$\leq 940 \dots 982$	1122...1683	$\geq 1641 \dots 1823$
<i>P4</i>	Точка на плечевом скате на расстоянии 1/3 его длины от плечевой точки	$\leq 561 \dots 659$	701...2188	$\geq 982 \dots 2328$
<i>P12</i>	Выступающая точка грудных желез	$\leq 921 \dots 1304$	1010...1374	≥ 1543
<i>P19</i>	Боковая точка на линии <i>обхвата живота</i>	$\leq 1010 \dots 1402$	1150...1487	$\geq 1304 \dots 1683$
<i>P21</i>	Точка на груди на линии <i>обхвата талии</i> под выступающей точкой грудных желез	$\leq 870 \dots 1248$	898...1304	$\geq 1010 \dots 1360$
<i>P22</i>	Боковая точка на линии <i>обхвата талии</i>	$\leq 954 \dots 1304$	968...1402	$\geq 1010 \dots 1557$
<i>P23</i>	Точка на спине на уровне <i>обхвата талии</i> под задним углом подмышечной впадины	$\leq 813 \dots 1206$	898...1262	$\geq 1024 \dots 1360$
<i>P24</i>	Остисто-подвздошная точка	$\leq 884 \dots 1122$	968...1304	$\geq 1122 \dots 1487$
<i>P25</i>	Точка на спине на линии <i>обхвата</i> через выступающую точку <i>живота</i> под задним углом подмышечной впадины	$\leq 898 \dots 1080$	940...1164	$\geq 1150 \dots 1290$
<i>P26</i>	Выступающая точка ягодиц	$\leq 337 \dots 771$	344...982	$\geq 996 \dots 1066$

Окончание таблицы				
Третий уровень чувствительности с давлением 1001 – 1500 Па (среднее значение давления 1401 Па)				
<i>P2</i>	Шейная точка сзади	$\leq 982 \dots 1276$	1290...1823	$\geq 1964 \dots 2707$
<i>P6</i>	Передний угол подмышечной впадины	≤ 1136	1150...1543	$\geq 1318 \dots 1585$
<i>P7</i>	Задний угол подмышечной впадины	$\leq 1094 \dots 1178$	1108...1388	≥ 1396
<i>P8</i>	Боковая точка на линии <i>обхвата</i> плеча	$\leq 1122 \dots 1346$	1248...1739	$\geq 1683 \dots 4137$
<i>P9</i>	Передняя точка на линии <i>обхвата</i> плеча	$\leq 1276 \dots 1431$	1304...1781	≥ 1809
<i>P10</i>	Задняя точка на линии <i>обхвата</i> плеча	≤ 1080	1318...1346	≥ 1529
<i>P15</i>	Точка на груди на линии <i>обхвата</i> груди четвертого под выступающей точкой грудных желез	≤ 1164	1192...1304	≥ 1304
<i>P16</i>	Боковая точка на линии <i>обхвата</i> груди четвертого	≤ 1136	1262...1515	$\geq 1332 \dots 1641$
<i>P17</i>	Точка на спине на линии <i>обхвата</i> груди четвертого под задним углом подмышечной впадины	≤ 1276	1431...1487	≥ 1501
<i>P18</i>	Точка на груди на линии <i>обхвата</i> живота под выступающей точкой грудных желез	$\leq 1122 \dots 1150$	1136...1220	≥ 1234
<i>P20</i>	Точка на спине на линии <i>обхвата</i> живота под задним углом подмышечной впадины	$\leq 1108 \dots 1248$	1122...1529	$\geq 1276 \dots 1543$

Окончание таблицы				
Четвертый уровень чувствительности с давлением 1501-2000 Па (среднее значение давления 1645 Па)				
<i>P13</i>	Точка в подмышечной впадине	≤1580	1585...1865	≥1804...2076
<i>P14</i>	Точка на спине на линии обхвата груди третьего под задним углом подмышечной впадины	≤1370...1529	1384...1641	≥1571...1697
Пятый уровень чувствительности с давлением свыше 2001 Па (среднее значение давления 3404 Па)				
<i>P3</i>	Середина плечевого ската	≤785...2553	884...2917	≥1122...2945
<i>P11</i>	Локтевая точка	≤2524...3225	3001...8513	≥8976

Примечание: объем выборки $n = 3$.

В соответствии с результатами из этой таблицы на рис.3.9 мы построили условную карту, поясняющую положение зон с разными уровнями чувствительности на поверхности женской фигуры. На этом же рис.3.9 выполнено совмещение зон чувствительности к давлению с топографией положения шести меридианов.

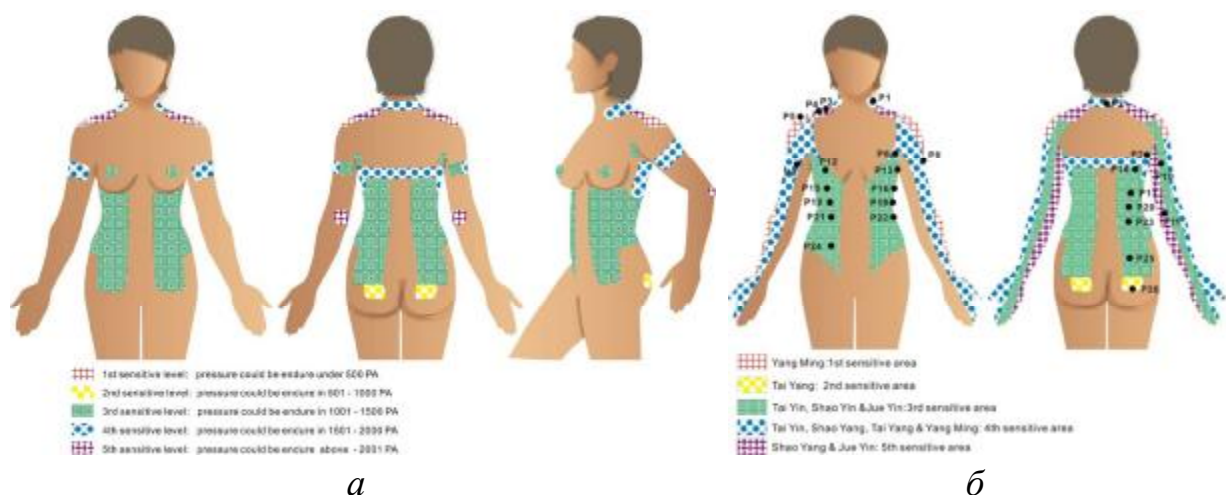


Рис. 3.9. Расположение зон с различной чувствительностью к компрессионному сжатию на поверхности женской фигуры (а) и совмещенная с ними схема шести меридианов (б)

Из сопоставления карты шести меридианов из ТКМ с экспериментальными значениями давления можно сделать следующие важные выводы. Самой чувствительной является плечевая точка *P5*, что мы и предполагали в п.1.4. Она расположена в меридиане YangMing.

Самые важные антропометрические точки в количестве 22 единиц были сгруппированы на восьми антропометрических уровнях (рис.3.10) для систематизации полученных результатов и их последующей адаптации к конструктивным параметрам чертежей (табл.3.5).

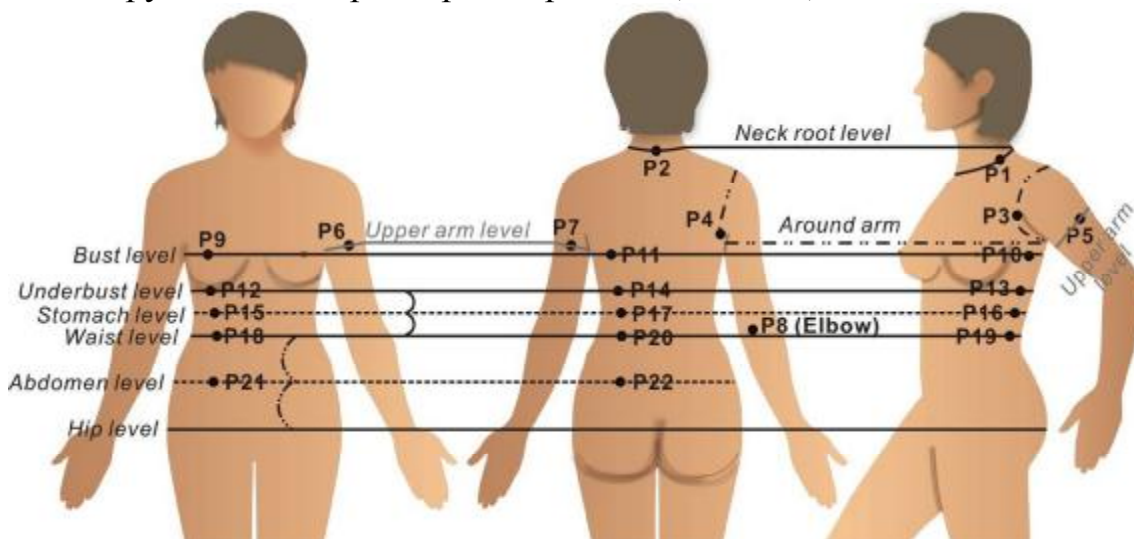


Рис.3.10. Схема конструктивной группировки антропометрических точек на антропометрических уровнях - груди (bust), под грудью (underbust), желудка (stomach), талии (waist), живота (abdomen), бедер (hip)

В дальнейшем значения давлений, измеренные в разных точках, усредняли по антропометрическим уровням согласно табл.3.5.

Таблица 3.5

Группировка точек на антропометрических уровнях

№	Антропометрический уровень	Точки, объединенные на одном уровне (рис.3.10)	Конструктивный аналог
1	Линия обхвата шеи	<i>P1, P2</i>	Линия горловины
2	Линия сочленения руки с туловищем	<i>P3, P4</i>	Линия проймы
3	Линия обхвата плеча	<i>P5, P6</i>	Линия ширины оката рукава
4	Линия обхвата груди третьего	<i>P9, P10, P11</i>	Ширина базисной сетки по линии груди
5	Линия обхвата груди четвертого (по китайской терминологии)	<i>P12, P13, P14</i>	
6	Линия обхвата через живот в центре желудка	<i>P16, P17, P18</i>	
7	Линия обхвата талии	<i>P18, P19, P20</i>	Ширина базисной сетки по линии талии

Окончание таблицы			
8	Линия обхвата живота	<i>P21, P22</i>	
9	Линия обхвата бедер		Ширина базисной сетки по линии бедер

Графическая интерпретация результатов значений давления вокруг перечисленных линий обхватов представлена на рис.3.11.

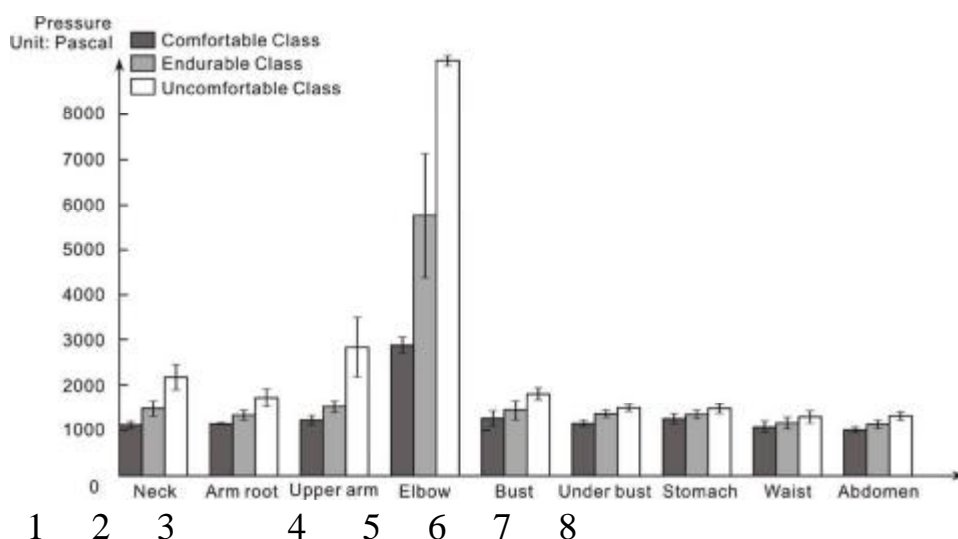


Рис.3.11. Гистограмма чувствительности различных областей на поверхности женской фигуры на разных антропометрических уровнях к компрессионному сжатию [159]

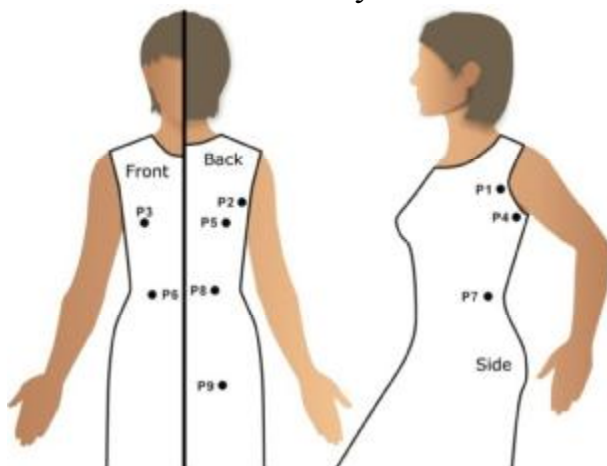
В табл.3.4 приведены значения давлений, получаемых после плотной фиксации пояса вокруг участка фигуры. Однако эти результаты не могут использоваться напрямую для проектирования одежды, а служат лишь теоретической базой для ориентировочного рассмотрения влияния прибавок. Поэтому в следующем разделе 3.3 будет проведено исследование возникновения давления в реальных платьях.

3.3. Влияние конструктивных параметров платьев на компрессионное давление

Целью этого эксперимента стало изучение влияния конструктивных параметров и структуры платьев, влияющих на их 3D форму и возникновение компрессионного давления. Эксперимент был спланирован с использованием результатов, полученных после исторического анализа конструкций женских платьев. Посредством 3D реконструкции и использования разных приемов моделирования мы поставили цель

установить связи между конструктивными параметрами, допускающими измерение и параметризацию чертежей, с одной стороны, и показателями внешней формы и возникающим давлением, с другой стороны.

В соответствии с базовыми принципами построения чертежей конструкций мы ограничились 9 важнейшими точками, в которых измеряли давление и оценивали его субъективное восприятие (рис. 3.12).



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 третьего, *P6* – точка спереди на уровне талии, *P7* – точка сбоку на уровне талии, *P8* – точка сзади на уровне талии, *P9* –выступающая точка ягодиц

Рис. 3.12. Антропометрические точки для измерения давления в системе «фигура-одежда»

По сравнению с предыдущим экспериментом (рис.3.4) нумерация точек на рис.3.12 изменена. В этом эксперименте мы исследовали возникновение компрессионного давления в семи позах, показанных на рис.3.5. Для исследований нами были выбраны пять женских фигур. Значения размерных признаков экспертов (минимальное, максимальное, среднее с погрешностью для составленной выборки) приведены в табл.3.6.

Таблица 3.6

Размерные признаки фигур

№	Размерный признак	Значение признака, см		
		минимальное	максимальное	среднее
1	Рост	160	162	160.8±1.2
2	Обхват груди третий $O_{Г3}$	83	86	84.2±1.8
3	Обхват груди четвертый $O_{Г4}$	69.3	74.5	71.9±2.6
4	Обхват туловища O_5 (посередине между уровнями $O_{Г4}$ и $O_Т$) через центр желудка	65.9	71	69±3.1
5	Обхват талии $O_Т$	62.8	66	64.2±1.8

Окончание таблицы				
6	Обхват бедер O_6	88.2	92	89.7±2.3
7	Обхват туловища O_6 (посередине между уровнями O_T и O_6) через выступающую точку живота	78	82.5	80.2±2.3

Примечание: объем выборки $n = 5$.

Влияние основных прибавок. Для обоснования интервалов изменения конструктивных прибавок мы использовали разные базы данных и подходы, содержащиеся и используемые в реальной практике конструирования, теоретических расчетах, результатах исторического анализа чертежей.

Реальная практика конструирования. В китайской и японской системах конструирования одежды при построении чертежа базовой конструкции платья обычно проектируют прибавку к обхвату груди третьему $P_{O_{Г3}}=10$ см (или по российской схеме $P_{Cr3}=5$ см), достаточную для обеспечения физиологического и динамического комфорта. Согласно табл.3.7 мы определили следующие максимальные параметры для изготовления платьев, см: $P_{O_{Г3}} = 10$; $P_{O_T} = 6$; $P_{O_6} = 10$.

Таблица 3.7

Максимальные значения прибавок при построении чертежей базовых конструкций женской одежды [160]

Прибавка	Значение прибавки, см		
	базовая конструкция		типовая конструкция
	верхняя часть	нижняя часть	
$P_{O_{Г3}}$	10	-	10
P_{O_T}	6	6	6...10
P_{O_6}	-	6	7...10

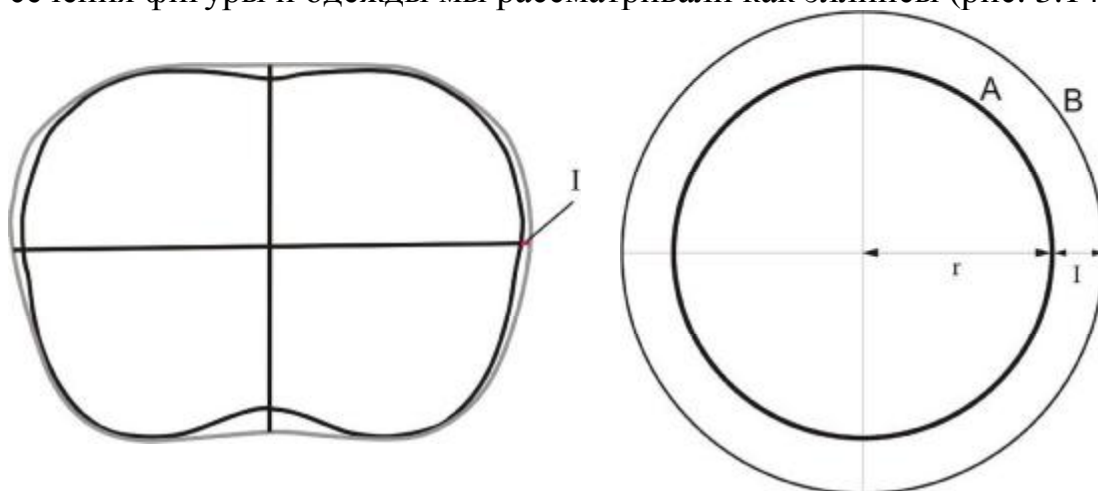
Кроме того, мы руководствовались интервалами безразличия, принятыми при проектировании одежды массового способа производства (табл.3.8).

Таблица 3.8

Интервалы безразличия для ведущих размерных признаков и возможный шаг изменения прибавок в эксперименте

Размерный признак	Интервал безразличия, см	Шаг изменения прибавки в эксперименте, см
Обхват груди	±1.5~2	2
Обхват талии	±1~1.5	1
Обхват бедер	±2	2

Теоретические расчеты. При теоретическом анализе горизонтальные сечения фигуры и одежды мы рассматривали как эллипсы (рис. 3.14).



Реальное сечение

Теоретическое сечение

Рис. 3.13. Реальное (полученное после сканирования системы «фигура-платье») и теоретическое сечения системы «фигура-платье» по линии груди

Проекционные зазоры между фигурой и платьем на уровне обхвата груди мы вычислили теоретически (см.табл.3.8) [161].

Таблица 3.9

Соотношение между конструктивной прибавкой $P_{Oрз}$ и проекционными зазорами в системе «фигура-платье»

Теоретические значения проекционных зазоров в системе «фигура-одежда», см	Конструктивная прибавка $P_{Oрз}$ в чертеже стана, см
0.1	0.63
0.2	1.26
0.3	1.89
0.4	2.52
0.5	3.14
1	6.28
2	12.56
3	18.84
4	25.12
5	31.4

Примечание: жирным шрифтом выделены минимальные значения прибавок для эксперимента с учетом слоев нижележащего белья

Полученные соотношения были использованы в дальнейшем при анализе влияния конструктивных прибавок на формообразование платьев.

Результаты исторического анализа чертежей. В нашем эксперименте мы объединили результаты теоретического расчета и анализа исторических чертежей для воспроизведения возможных

вариантов распределения составляющих основной прибавки $P_{O_{г3}}$ и проектируемых на нижележащих параллельных уровнях $P_{O_{т}}$ и $P_{O_{б}}$.

Итоговые рекомендации по использованию прибавок в эксперименте. Значения комбинируемых прибавок приведены в приложении 3.

Исходя из теоретической связи между двумя видами прибавок, мы выбрали в качестве минимальной прибавки по линии груди, талии и бедер 2 см и определили шагизменения каждой прибавки в нашем эксперименте с учетом интервалов безразличия (табл.3.10)[161].

Таблица 3.10

Проектируемые и фактические значения линейных конструктивных прибавок

Номер формы платья	Значения прибавок, проектируемые в чертежах, см			Средние фактические значения прибавок в системах «фигура-платье», см		
	$P_{O_{г3}}$	$P_{O_{т}}$	$P_{O_{б}}$	$P_{O_{г3ф}}$	$P_{O_{тф}}$	$P_{O_{бф}}$
<i>I</i>	2	2	2	1,8	1,8	2,3
<i>II</i>	4	3	4	3,8	2,8	4,3
<i>III</i>	6	4	6	5,8	3,8	6,3
<i>IV</i>	8	5	8	7,8	4,8	8,3
<i>V</i>	10	6	10	9,8	5,8	10,3

Для выбранных индивидуальных фигур были изготовлены платья из батиста (волокно, %: хлопковое - 20, полиэфирное - 80) с пятью разными объемно-пространственными формами. Чертежи были построены для ближайшей типовой фигуры согласно табл.3.6 ($P = 160$ см, $O_{г3} = 84$ см, $O_{т} = 64$ см, $O_{б} = 90$ см) со следующими значениями линейных конструктивных прибавок из табл.3.10. Проверка фактических значений прибавок, измеренных в изготовленных платьях, показала близость их значений к проектируемым (различия составили 0,2...0,3 см, что значительно меньше интервалов безразличия из табл.3.8).

Для полуприлегающего силуэта разность между ширинами базисной сетки по линии груди и талии составляет 20...24 см и редко превышает 24 см, поэтому мы выбрали эту величину в качестве максимальной. Длина талиевых выточек на полочке и спинке довольно постоянна, а потому в нашем эксперименте мы не изменяли расстояние от линии груди до талии, высоту линии талии, расстояние от линии талии до линии бедер. Положение выточек изменяли согласно данным, полученным при историческом анализе. Постоянными для всех форм платьев были прибавки к ширине плечевого ската, длине спины до талии, а также

раствор нагрудной вытачки и положение талиевых вытачек относительно точек чертежа.

Внешний вид исследованных платьев показан на рис.3.14.

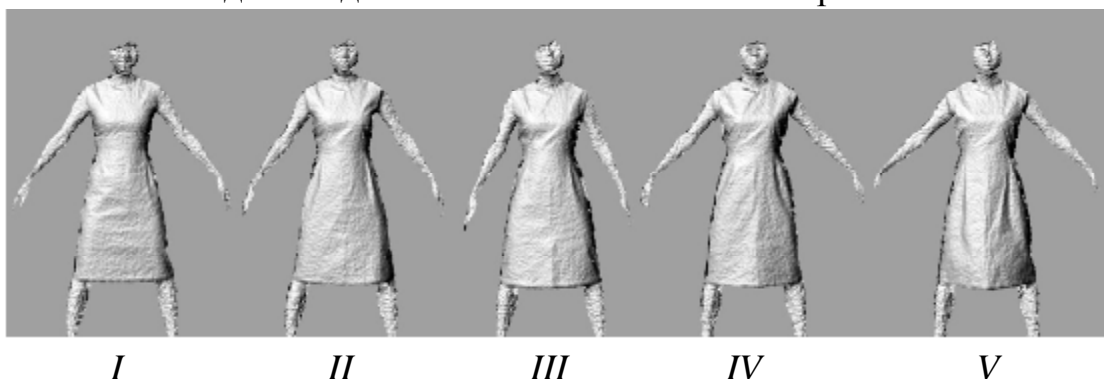


Рис.3.14. Внешний вид исследованных форм женских безрукавных платьев (номер формы указан под сканированным изображением, а использованные прибавки приведены в табл.3.10)

Параметризацию внешней формы платьев осуществляли с помощью трехмерных бодисканеров “ScanWorX” и “TELMAT”.

Использовали единичные результаты измерений давления в выбранных точках и усредненные результаты для точек, сгруппированных в зоны. В порядке убывания давления, оказываемого платьями на антропометрические точки фигуры (рис.3.12), антропометрические точки по своей восприимчивости к давлению образуют следующий ряд (в скобках указано среднее значение давления в каждой точке, Па):

$P4 (1203.6) - P5 (724.8) - P6 (565) - P7 (513.4) - P2 (492.6) - P1 (453) - P8 (405.2) - P3 (323.1) - P9 (281.3)$.

На рис.3.15 показано изменение компрессионного давления в антропометрических точках, расположенных по линии груди ($P3, P4, P5$) и талии ($P6, P7, P8$), под влиянием проектируемых прибавок. Графики построены по максимальным результатам измерений, полученными в каждой позе. Для различных точек мы выбрали результаты для тех поз, в которых возникает максимальное давление. Например, для точки $P4$ "Точка в подмышечной впадине" красная линия показывает давление, на которое влияют прибавки в позе I .

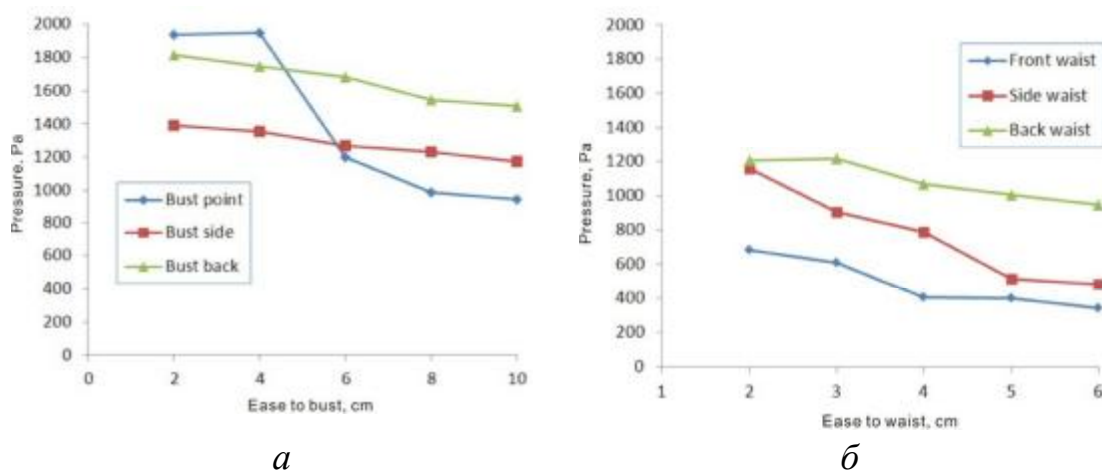


Рис. 3.15.Изменение давления в точках $P3$ (*bust point*), $P4$ (*bust side*), $P5$ (*bust back*), расположенных по линии груди (а) и талии $P6$ (*front waist*), $P7$ (*side waist*), $P8$ (*back waist*) (б) под влиянием прибавок $P_{ОГЗ}$ и $P_{ОТ}$. Положения точек показаны на рис.3.12

Результаты измерения давления платья на поверхность женских фигур для различных семи поз приведены в приложении 4. Из приложения 4 видно, что дискомфортные состояния при выполнении движений могут возникать в разных точках. В соответствии с ранее полученными данными из табл. 3.4, относящимися к предельным значениям давления под поясами, некомфортные ощущения возникают при разных значениях компрессионного давления, например, для точек, расположенных по линии обхвата груди третьего, Па: для выступающей точки груди - больше 1543; точки в подмышечной впадине - больше 1804; точки на спине - больше 1571. Из рис.3.15 видно, что величина конструктивной прибавки $P_{СГЗ} = 6$ см является минимальной величиной для получения удовлетворительного уровня комфорта E по линии груди при выполнении движений. По линии талии (также по данным табл.3.4) ограничения по дискомфортным ощущениям включают следующие значения, Па: спереди ≥ 1010 ; сбоку ≥ 1010 ; сзади ≥ 1024 . Для обеспечения таких условий прибавка $P_{ОТ}$ должна быть больше 4 см.

В этом исследовании была подтверждена объективно существующая закономерность между величинами основных прибавок – к полуобхватам груди $P_{ОГЗ}$ и талии $P_{ОТ}$ – и возникающим под их влиянием давлением в области углов подмышечных впадин и по периметрам линий обхватов груди и талии. Обратные линейные зависимости между давлением P (в интервале 100...1100 Па), возникающим под действием конструктивных прибавок (в интервале 1...5 см), имеют вид:

$$P_r = 1203 - 73P_{Or3} \quad (r = -0,97397), \quad (3.1)$$

$$P_T = 956 - 112P_{OrT} \quad (r = -0,96452), \quad (3.2)$$

где P_r, P_T - среднее давление вокруг фигуры соответственно на уровнях груди и талии, Па; P_{Or3}, P_{OrT} - прибавки соответственно к обхватам груди третьему и талии, см; r - коэффициент парной корреляции. Критический коэффициент корреляции равен 0,8054 для доверительной вероятности 95 %.

Однако, такой линейный характер зависимостей между общей прибавкой и вызываемым ею давлением не полностью отражает условия взаимодействия, поскольку не учитывает вклада каждой ее составляющей.

Для вычисления средних значений давлений и характеристики комфортности разных форм платьев точки были объединены в три группы, относящиеся к участкам, логически выделяемым при построении чертежей:

- участок *A*, зависящий от параметров линии проймы спинки и оката рукава и объединяющий точки $P1, P2, P4$,

- участок *B*, зависящий от прибавки P_{Cr3} , ее распределения между спинкой, проймой и полочкой и включающий точки на линии обхвата груди третьего $P3, P4, P5$,

- участок *W*, зависящий от прибавки P_{CrT} и включающий точки на линии обхвата талии $P6, P7, P8$.

С использованием ранее разработанной шкалы согласованности ощущений носчиков со значениями давления, оказываемого одеждой (табл.3.4), нами определены уровни комфортности исследованных платьев в табл.3.11.

Таблица 3.11

Показатели комфортности исследованных платьев, дифференцированные для разных участков фигуры

Форма платья (рис.3.14))	Комплексный показатель комфортности платьев в эргономических позах в выделенных участках <i>A, B, W</i>																				
	Эргономические позы																				
	0			1			2			3			4			5			6		
	Участки фигуры																				
	A	B	W	A	B	W	A	B	W	A	B	W	A	B	W	A	B	W	A	B	W
<i>I</i>	C	C	C	C	U	C	U	U	U	U	C	C	U	C	C	C	U	U	C	C	C
<i>II</i>	C	C	C	C	U	C	C	U	U	C	C	C	C	C	C	U	U	C	C	C	C
<i>III</i>	C	C	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>IV</i>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>V</i>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Примечания. 1. *U* - некомфортное состояние, *E* - удовлетворительная комфортность (переносимое состояние), *C* - высокая комфортность. 2. Объем выборки $n = 25$.

Видно, что ощущения дискомфорта возникают чаще всего вокруг груди (участок *B*) и талии (участок *W*) для платьев малообъемных форм *I* и *II* (прибавка $P_{сгз} = 1.8...3,8$ см). Численные значения давления для разных уровней комфортности являются непостоянными и зависят от выбранных участков. Верхний предел давления для комфортного состояния носчика составляет для безрукавного платья, Па: для участка *A* – 1200, участка *B* – 1410, участка *W* - 1050. Некомфортное состояние на этих участках отмечается при следующих давлениях: *A* – 1650...2005, *B* - 1700...2400, *W* - 1200...2400 Па.

Результаты параллельного измерения компрессионного давления с помощью сенсора FlexiForce и его субъективного восприятия экспертами позволили нам согласовать объективные и субъективные показатели комфортности и разработать две взаимносогласуемые шкалы для перевода физической величины давления в показатель субъективного восприятия человека [164]. На рис.3.16 показаны цветные шкалы согласования инструментальных и субъективных показателей давления для участков *A*, *B*, *W* по результатам проведенного эксперимента.

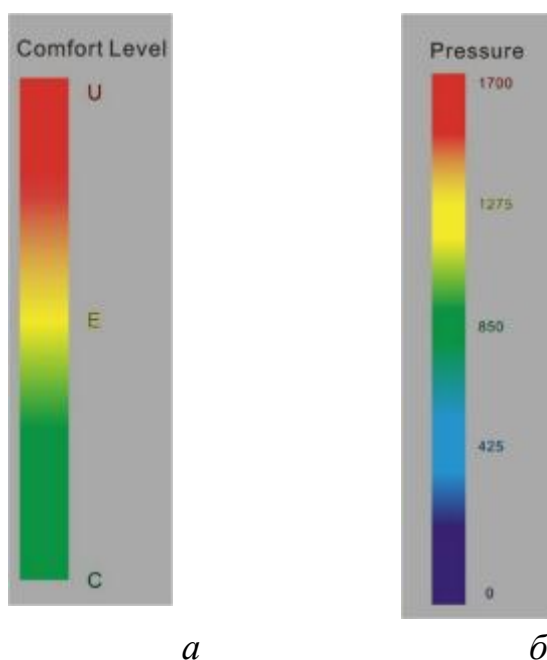


Рис. 3.16. Цветные шкалы для согласования субъективного восприятия давления Comfortlevel (а) и фактического давления Pressure (б) для участков *A*, *B*, *W*

Такие шкалы в виде самостоятельного модуля могут быть использованы в системах САПР для визуализации результатов

виртуальных примерок. Шкала субъективного восприятия давления включает три уровня (комфортное, удовлетворительное, дискомфортное). Параллельное использование этих шкал позволит переводить объективные и субъективные показатели, относящиеся к регистрации компрессионного давления.

Влияние талиевых выточек. В этом эксперименте варьировали растворы талиевых выточек при сохранении плотнооблегающего силуэта. Платья были сконструированы с одними и теми же основными конструктивными прибавками $P_{Сг3} = P_{Сг} = P_{Сб} = 2$ см. С использованием результатов исторического анализа были получены 5 чертежей с такими прибавками для типовой фигуры (рост 160 см), но с разными вариантами талиевых выточек. Схема модификации БК чертежа платья показана на рис.3.17, а на рис.2.12 обозначены управляемые параметры талиевых выточек. В табл.3.12 приведены параметры выточек, варьируемые в эксперименте.

Таблица 3.12

Параметры талиевых выточек

Номер платья	Параметры талиевых выточек на спинке (см.рис.2.12)					Параметры талиевых выточек на полочке (см.рис.2.12)			
	Раствор выточки в среднем шве спинки и 17	Положение выточки на спинке 16	Длина выточки на спинке выше линии талии 11	Длина выточки на спинке ниже линии талии 12	Раствор выточки 14	Положение выточки 15	Длина выточки выше линии талии 9	Длина выточки ниже линии талии 10	Раствор выточки 13
<i>I</i>	0	8	18	11.5	4	8	12.5	11.5	4
<i>II</i>	0.5	8.5	18.5	12	3.5	8.5	13	12	3.5
<i>III</i>	1	9	19	12.5	3	9	13.5	12.5	3
<i>IV</i>	1.5	9.5	19.5	13	2.5	9.5	14	13	2.5
<i>V</i>	2	10	20	13.5	2	10	14.5	13.5	2

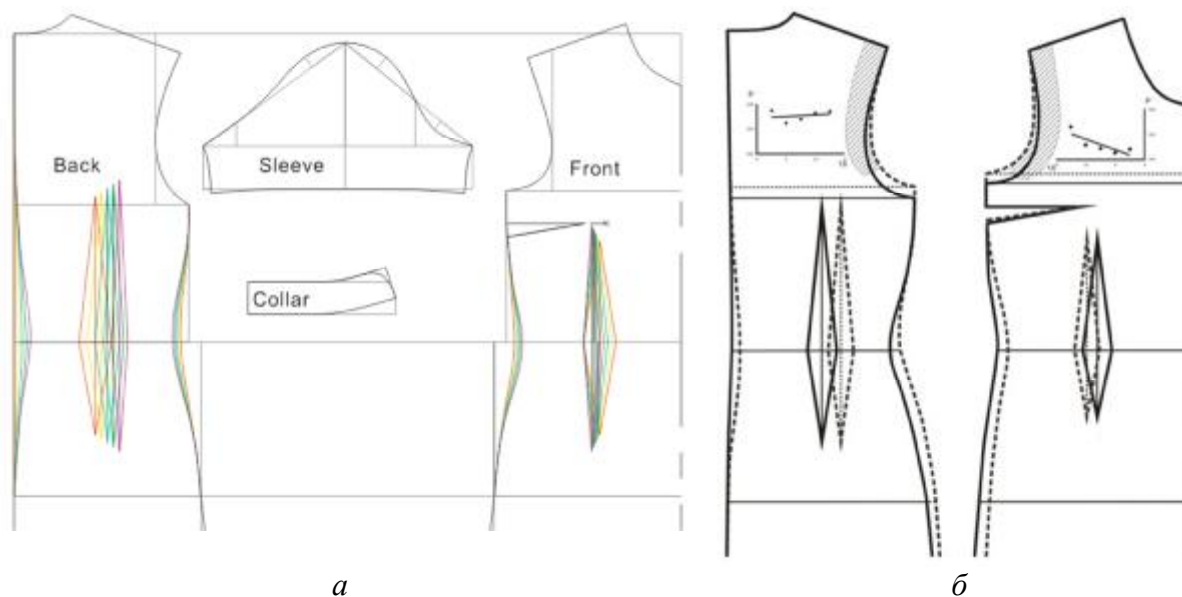


Рис. 3.17. Схема совмещенных чертежей деталей платьев с изменяемыми положениями талиевых вытачек на спинке *back* и полочке *front* (а) и влияние перемещения вытачек в сторону бокового шва на увеличение давления вокруг проймы (б)

Таким образом, в этом эксперименте мы исследовали влияние параметров талиевых вытачек (положения, длины, растворы) на возникновение компрессионного давления.

Для каждого варианта распределения вытачек было изготовлено 3 модели платьев. С использованием метода корреляционно-регрессионного анализа получены уравнения для расчета величины компрессионного давления, возникающего под влиянием выбранных параметров талиевых вытачек (табл.3.13).

Таблица 3.13

Зависимости компрессионного давления от параметров талиевых вытачек

Форма платья	Параметр талиевой вытачки (рис.2.12)	Уравнения для вычисления компрессионного давления и коэффициенты парной корреляции между давлением (<i>P</i>) и параметрами талиевых вытачек (<i>x</i>)		
		вокруг проймы <i>A</i>	вокруг груди <i>B</i>	вокруг талии <i>W</i>
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Талиевая вытачка на полочке</i>				
<i>I</i>	<i>13</i>	$P = 64.2(13) + 645.4$ $r = 0.656$	$P = 14.7(13) + 1009.7$ $r = 0.2773$	$P = 42.1(13) + 689.9$ $r = 0.4644$
	<i>15</i>	$P = 9.4(15) + 742.3$ $r = 0.1817$	$P = -13.3(15) + 1178.2$ $r = -0.4741$	$P = -44.5(15) + 389$ $r = -0.9284$
<i>II</i>	<i>13</i>	$P = 75.3(13) + 305.7$ $r = 0.8399$	$P = -36.6(13) + 1018.2$ $r = -0.4581$	$P = -66.7(13) + 857.4$ $r = -0.7145$

		Окончание таблицы		
	15	$P = 22.8(15) + 322.4$ $r = 0.4809$	$P = 7.4(15) + 834.4$ $r = 0.1758$	$P = -17.3(15) + 814.9$ $r = -0.3503$
III	13	$P = -8.1(13) + 433.7$ $r = -0.1131$	$P = -4.5(13) + 781.4$ $r = -0.0458$	$P = -21.6(13) + 582.7$ $r = -0.5895$
	15	$P = -7.2(15) + 478.1$ $r = -0.2265$	$P = -12.06(15) + 882.43$ $r = -0.2724$	$P = -4.9(15) + 564.7$ $r = -0.3002$
IV	13	$P = -23.3(13) + 427.8$ $r = -0.4533$	$P = -53.3(13) + 769.2$ $r = -0.7612$	$P = 19.8(13) + 330.7$ $r = 0.3156$
	15	$P = 12.3(15) + 236.3$ $r = 0.693$	$P = 5.1(15) + 549.8$ $r = 0.2119$	$P = -13.5(15) + 522.6$ $r = -0.6242$
V	13	$P = -8.6(13) + 235.4$ $r = -0.1841$	$P = 50.3(13) + 268.6$ $r = 0.4044$	$P = 40(13) + 189.5$ $r = 0.5919$
	15	$P = 10.6(15) + 107.2$ $r = 0.6512$	$P = -8.6(15) + 511.1$ $r = -0.199$	$P = -12.6(15) + 437.3$ $r = -0.5395$
<i>Талиевая выточка на спинке</i>				
I	14	$P = 64.2(14) + 645.4$ $r = 0.656$	$P = 14.7(14) + 1009.7$ $r = 0.2773$	$P = 42.1(14) + 689.9$ $r = 0.4644$
	16	$P = 9.4(16) + 742.3$ $r = 0.1817$	$P = -13.3(16) + 1178.2$ $r = -0.4741$	$P = -44.5(16) + 389$ $r = -0.9284$
II	14	$P = 75.3(14) + 305.7$ $r = 0.8399$	$P = -36.6(14) + 1018.2$ $r = -0.4581$	$P = -66.7(14) + 857.4$ $r = -0.7145$
	16	$P = 22.8(16) + 322.4$ $r = 0.4809$	$P = 7.4(16) + 834.4$ $r = 0.1758$	$P = -17.3(16) + 814.9$ $r = -0.3503$
III	14	$P = -8.1(14) + 433.7$ $r = -0.1131$	$P = -4.5(14) + 781.4$ $r = -0.0458$	$P = -21.6(14) + 582.7$ $r = -0.5895$
	16	$P = -7.2(16) + 478.1$ $r = -0.2265$	$P = -12.1(16) + 882.4$ $r = -0.2724$	$P = -4.9(16) + 564.7$ $r = -0.3002$
V	14	$P = -23.3(14) + 427.8$ $r = -0.4533$	$P = -53.3(14) + 769.2$ $r = -0.7612$	$P = 19.8(14) + 330.7$ $r = 0.3156$
	16	$P = 12.3(16) + 236.3$ $r = 0.693$	$P = 5.1(16) + 549.8$ $r = 0.2119$	$P = -13.5(16) + 522.6$ $r = -0.6242$
V	14	$P = -8.6(14) + 235.4$ $r = -0.1841$	$P = 50.3(14) + 268.6$ $r = 0.4044$	$P = 40(14) + 189.5$ $r = 0.5919$

		Окончание таблицы		
	16	$P = 10.6(16) + 107.2$ $r = 0.6512$	$P = -8.6(16) + 511.1$ $r = -0.199$	$P = -12.6(16) + 437.3$ $r = -0.5395$
<i>Вытачка в среднем шве спинки</i>				
I	17	$P = -23.8(17) + 848.4$ $r = -0.1591$	$P = -48.2(17) + 1086$ $r = -0.5975$	$P = 90.9(17) + 748.3$ $r = 0.6569$
II		$P = 7.2(17) + 534$ $r = 0.0529$	$P = 73.7(17) + 853.4$ $r = 0.6036$	$P = 5.7(17) + 646.6$ $r = 0.04$
III		$P = -9.9(17) + 417.3$ $r = -0.1072$	$P = -29.8(17) + 791.7$ $r = -0.233$	$P = 4.7(17) + 514.1$ $r = 0.1$
IV		$P = 27(17) + 329.1$ $r = 0.8032$	$P = 20.6(17) + 580.1$ $r = 0.4493$	$P = -28.4(17) + 419.5$ $r = -0.6932$
V		$P = 20.7(17) + 178.7$ $r = 0.6755$	$P = -26.1(17) + 466.1$ $r = -0.3205$	$P = -31.1(17) + 360.9$ $r = -0.7036$
<i>Вытачка на спинке в боковом шве</i>				
I	6	$P = 47.1x + 801.13$ $r = 0.1817$	$P = -66.3x + 1095.3$ $r = 0.4741$	$P = 222.6x + 667.23$ $r = 0.9284$
II		$P = 76x + 487.74$ $r = 0.4809$	$P = 24.733x + 888.18$ $r = 0.1758$	$P = -57.667x + 689.5$ $r = 0.3503$
III		$P = -18.1x + 427.48$ $r = 0.2265$	$P = -30.15x + 798.01$ $r = 0.2724$	$P = -12.3x + 530.22$ $r = 0.3002$
IV		$P = 24.64x + 319.5$ $r = 0.693$	$P = 10.28x + 584.5$ $r = 0.2119$	$P = -27.08x + 431.16$ $r = 0.6242$
V		$P = 17.633x + 176$ $r = 0.6512$	$P = -14.3x + 455.3$ $r = 0.199$	$P = -21.033x + 355.22$ $r = 0.5395$
<i>Вытачка на полочке в боковом шве</i>				
I	5	$P = -47.1x + 848.22$ $r = 0.1817$	$P = 66.3x + 1029$ $r = 0.4741$	$P = -222.6x + 889.83$ $r = 0.9284$
II		$P = -76x + 601.74$ $r = 0.4809$	$P = -24.733x + 925.28$ $r = 0.1758$	$P = 57.667x + 603.01$ $r = 0.3503$
III	5	$P = 18.1x + 391.28$ $r = 0.2265$	$P = 30.15x + 737.71$ $r = 0.2724$	$P = 12.3x + 505.62$ $r = 0.3002$
IV		$P = -24.64x + 381.1$ $r = 0.693$	$P = -10.28x + 610.21$ $r = 0.2119$	$P = 27.08x + 363.46$ $r = 0.6242$
V		$P = -17.633x + 228.9$ $r = 0.6512$	$P = 14.3x + 412.4$ $r = 0.199$	$P = 21.033x + 292.12$ $r = 0.5395$

Примечания. 1. Объем выборки $n = 25$. 2. Критический коэффициент корреляции для $p=95\%$ составляет $r=0,3279$. 3. Обозначены: 13 - раствор вытачки на полочке, 14 - раствор вытачки на спинке, 15 - расстояние от средней линии до осевой вытачки на полочке, 16 - расстояние от средней линии до осевой вытачки на спинке, 17 - отведение средней линии спинки от вертикали (раствор вытачки в среднем шве спинки)

Из табл.3.13 видно, что влияние конструктивных параметров вытачек проявляется по-разному на разных участках и зависит от формы платья. Параметры талиевых вытачек ответственны за возникновение компрессионного давления только на двух участках: вокруг проймы *A* и на линии талии *W*. Для платья с самой малообъемной формой *I* наибольшее влияние оказывают параметры *16,15*- расстояния от средних линий до осевых линий талиевых вытачек (коэффициент корреляции -0,9284) - именно на уровне линии талии. С увеличением этого параметра давление по линии талии уменьшается в платьях всех форм. Интересно, что интенсивность влияния этого параметра неравномерно изменяется с увеличением объема платья, что видно по значениям коэффициентов корреляции:

[-0.9284] (форма *I*) - [- 0.3503] (*II*) - [- 0.3002] (*III*) - [- 0.6242] (*IV*)- [- 0.5395] (*V*).

Для платья с формой *II* самым влиятельным является параметр *14,13*-растворы талиевых вытачек, влияющие на давление вокруг линии проймы. Характер влияния этого параметра также зависит от объема платья и является неоднозначным:

[0.656] (форма *I*) - [0.8399] (*II*) - [- 0.1131] (*III*) - [- 0.4533] (*IV*)- [- 0.1841] (*V*).

Среднее значение коэффициента корреляции для исследованных параметров талиевых вытачек составляет:

параметр	среднее значение коэффициента корреляции		
	вокруг проймы <i>A</i>	вокруг груди <i>B</i>	вокруг талии <i>W</i>
<i>13</i>	0,3161	-0,2374	0,0136
<i>15</i>	0,3561	-0,1116	-0,5485
<i>14</i>	0,3161	-0,1167	0,0136
<i>16</i>	0,3561	-0,1116	-0,5485
<i>17</i>	0,2531	-0,0196	-0,12
среднее значение	0,3195	-0,1194	-0,238

Видно, что самое сильное и стабильное влияние параметры талиевых вытачек оказывает на возникновение компрессионного давления вокруг проймы (рис.3.17, б): с увеличением растворов вытачек и их смещением в

сторону бокового шва (т.е. именно под пройму) давление увеличивается. Очевидно, что уменьшение объема одежды под влиянием этих параметров затрудняет перемещение лифа и приводит к возрастанию давления одежды на точки, расположенные вокруг линии сочленения руки с туловищем. Влияние раствора вытачки выражено более очевидно в самой малообъемной форме *I*, а ее положения - в формах *IV* и *V*.

В области талии возникновение давления носит более простой характер: лишь с увеличением растворов обеих вытачек давление вокруг талии увеличивается, а их расстояние от бокового шва не оказывает влияния.

Влияние параметров вытачек на давление вокруг груди выражено слабо и несущественно.

Последнее обстоятельство еще раз подчеркивает сложный характер влияния конструктивных элементов не только на контактирующие с ними участки фигуры, но и на отдаленные участки фигуры и одежды, что впервые было обнаружено и экспериментально подтверждено в диссертации **Ло Юнь** "Проектирование виртуальных систем ""женская фигура - одежда" с разной объемно-пространственной формой (диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук; научная специальность 05.19.04, защищена 28.04.2011 в Ивановской государственной текстильной академии).

В платьях с самой объемной формой талиевые вытачки не влияют на комфортность.

Таким образом, подтверждено влияние параметров талиевых вытачек на величину компрессионного давления, возникающего под платьем определенного объема вокруг линии проймы и талии.

Влияние структуры платья [164]. Большинство женских платьев для сезона «весна-лето» редко конструируют с воротниками. Но конструкция рукава должна быть рассмотрена как важнейший структурный элемент нашей научной гипотезы, поскольку рукав оказывает существенное влияние на комфортность. Поэтому мы выбрали три варианта платьев: с коротким рукавом 15 см, с длинным рукавом 50 см и без рукава. Мы использовали БК втачного рукава для полуприлегающего силуэта, изменяя ширину оката рукава *ШОР* в соответствии с длиной линии проймы *АН* для каждой формы платья (рис.3.18). Конструкции верхней части рукавов были одинаковыми для всех вариантов.

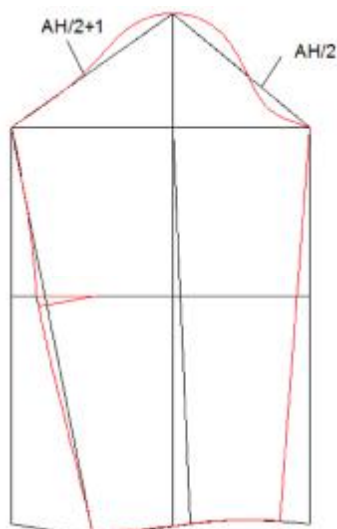


Рис. 3.18. Схема чертежа БК втачного рукава для женского платья [165]:
 AH - длина линии проймы стана

Три варианта платьев были изготовлены из батиста (80% полиэстер, 20% хлопок). Внешний вид платьев показан на рис.3.19. Эксперимент по установлению влияния конструктивных параметров и структуры платьев на компрессионное давление состоял из трех этапов:

1) в безрукавном платье изменяли величины основных конструктивных прибавок и отдельные конструктивные параметры, указанные в табл.3.14;

2) конструкцию рукавов адаптировали каждый раз под измененную БК в двух остальных платьях, но с сохранением всех конструктивных параметров БК, как в безрукавном платье.

Эксперимент состоял в следующем:

а) для каждого варианта формы стана мы проектировали длинный рукав и измеряли давление,

б) затем рукав обрезали до короткого и проводили аналогичные измерения,

в) затем удаляли короткий рукав и повторно измеряли давление.

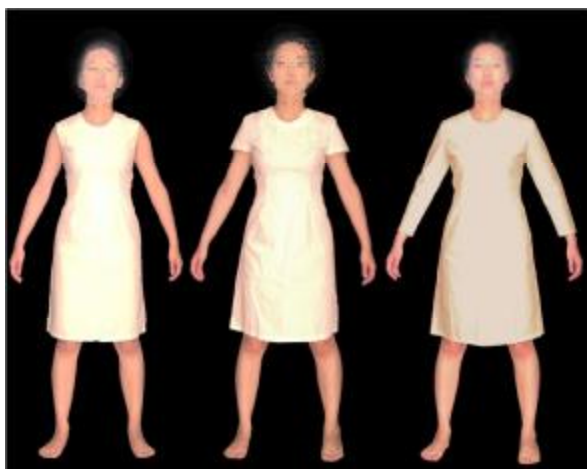
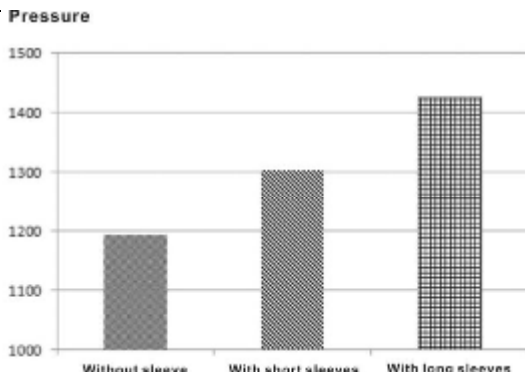


Рис.3.19. Варианты платьев с разными вариантами рукавов

Результаты измерения давления и его субъективного восприятия приведены в табл.3.14 и 3.15.

Таблица 3.14

Компрессионное давление, возникающее под влиянием платьев с разными рукавами

Прибавки $P_{Ст3}/P_{Ст}$, см	Значения давления на разных антропометрических уровнях и в разных точках (обозначения точек на рис.3.12)					
	уровень груди B			уровень талии W		
	выступающая точка грудных желез $P3$	точка в подмышечной впадине $P4$	точка на спине $P5$	точка спереди $P6$	точка сбоку $P7$	точка сзади $P8$
Платье без рукавов						
1/1	813.5	2312.4	1801.5	2299.4	1583.3	1493.2
2/1,5	663.2	1829.4	1654.6	1200.1	1243.6	1200.4
3/2	612.1	1598.3	1395.8	1046.7	1062.4	1048.9
4/2,5	341.5	1370.9	1267.2	1014	915.8	900.7
5/3	187.4	1174.5	1059	860.7	1021	848
Среднее давление	1193.98					
Платье с коротким рукавом						
1/1	901.6	2334.2	1857.3	2143.5	1677.3	1397.7
2/1,5	824.2	2167.4	1694.5	1341.3	1463.2	1291.5
3/2	687.9	1788.7	1554	1184.2	1314.7	988.7
4/2,5	467.1	1583.1	1537.6	1168.7	1145.1	943.6
5/3	288.4	1322.2	1374.2	887.4	957.3	801.4
Среднее давление	1302.93					
Платье с длинным рукавом						
1/1	1135.6	2324.4	1994	2143	1625.4	1466.1
2/1,5	1003.7	2241.5	1823.5	1387.1	1476.3	1326.4
3/2	864.5	1971.8	1745.3	1384.7	1401.2	1297.8
4/2,5	566.3	1824.2	1598.7	1180.4	1397.5	1273.4
5/3	368.7	1607.1	1546.3	881.5	987.1	974.3
Среднее давление	1427.26					
						

Примечание: объем выборки $n = 5$.

Данные из табл.3.14 убедительно подтверждают влияние структуры платьев, а именно наличие рукавов на возникающее давление. Из табл.3.14 видно, что введение короткого рукава увеличивает давление на 9 %, а длинного рукава - на 19,5 %. Подтверждением объективно зафиксированных зависимостей являются данные о субъективном восприятии комфорта в табл.3.15.

Таблица 3.15

Субъективное восприятие давления в платьях с разными рукавами

Прибавки P_{Cr3}/P_{Cr} , см	Степень комфортности в разных антропометрических точках					
	Уровень груди			Уровень талии		
	выступаю- щая точка гру- дных желез $P3$	точка в подмышеч- ной впадине $P4$	точка на спине $P5$	точка спереди $P6$	точка сбоку $P7$	точка сзади $P8$
Платье без рукавов						
1/1	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
2/1,5	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
3/2	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>E/C</i>	<i>E/C</i>	<i>E/C</i>	<i>E/C</i>
4/2,5	<i>C</i>	<i>E/C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>
5/3	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>
Платье с коротким рукавом						
1/1	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
2/1,5	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
3/2	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E/C</i>
4/2,5	<i>C</i>	<i>E/C</i>	<i>E</i>	<i>E/C</i>	<i>E/C</i>	<i>E/C</i>
5/3	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>
Платье с длинным рукавом						
1/1	<i>E/C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
2/1,5	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
3/2	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>
4/2,5	<i>C</i>	<i>U/E</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>U/E</i>	<i>U</i>
5/3	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>E/C</i>	<i>E</i>

Примечание: объем выборки $n = 5$.

Все рассмотренные структуры платьев являются соразмерными, но очевидно недопустимыми для них являются сочетания прибавок для платьев с коротким рукавом P_{Cr3}/P_{Cr} : 1/1, 2/1,5, а для платьев с длинным рукавом - 3/2 и 4/2,5 см.

Введение рукава и его удлинение увеличивает количество дискомфортных вариантов с 9 (для безрукавного платья) и 10 (платья с коротким рукавом) до 19 (для платья с длинным рукавом) из 30 рассмотренных конструкций. Для безрукавных платьев и платьев с

коротким рукавом сочетание прибавок $P_{Cr3} = 3$ см и $P_{Cr} = 2$ см обеспечивает базовый уровень удовлетворительного состояния, а для платьев с длинным рукавом для достижения комфорта: прибавки должны быть увеличены до $P_{Cr3} = 5$ см и $P_{Cr} = 3$ см.

Следует отметить, что в большинстве существующих руководствах по конструированию одежды (за исключением системы конструирования Мюллер и сын) при выборе конструктивных прибавок наличие рукава не учитывается. Этот фактор также не учтен в современных САПР, имеющих модули виртуальной примерки и оценки соответствия конструкции платья морфологии фигур. Таким образом, впервые доказано и количественно подтверждено комплексное влияние длины рукава и сочетаний конструктивных прибавок по линиям груди и талии на комфортность платьев

Влияние распределения составляющих основных прибавок между полочкой, проймой и спинкой. Целью этого эксперимента стало изучение влияния характера распределения основных конструктивных прибавок P_{Cr3} , P_{Cr} , P_{Cb} между участками стана - полочкой, проймой и спинкой - на возникающее компрессионное давление. Анализ публикаций, содержащих рекомендации по распределению перечисленных прибавок, не выявил информации об их связи с комфортностью и возникающим компрессионным давлением в частности. Следовательно, в этом разделе мы планируем получить новую информацию о влиянии конструкторских решений, составляющих, как правило, закрытую базу данных в современных ЗДСАПР, на комфортность платьев.

Помимо общей величины прибавки, мы рассматривали варианты ее возможного распределения между участками стана. Однако, возможные интервалы изменения очень велики, поэтому мы остановились на средних значениях как имеющих принципиальное значение. Мы рассматривали прибавки $P_{Шс}$ и $P_{Шг}$ в качестве важных параметров чертежа. Пропорциональные соотношения между ними выбирают с учетом эргономики, но классическим соотношением для японской и китайской систем конструирования является $P_{Шг}:P_{Шпр}:P_{Шс} = 30:30:40$ %. Такое соотношение используют для одежды любых возрастов, гендеров и стилей. Рис.3.20 поясняет возможные варианты положений линий проймы на чертеже стана для изменения названного пропорционального соотношения [156].

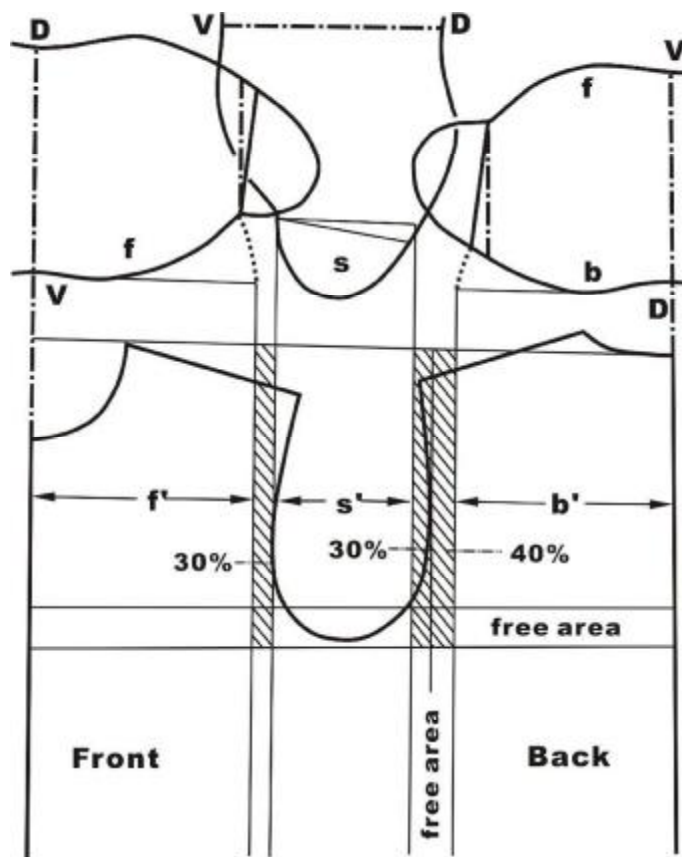


Рис. 3.20. Пример распределения составляющих основной прибавки по линии груди (30 %:30 %:40 %) за счет смещения линии проймы на полочке (front) и спинке (back) в чертеже плоского края [156]

Пять вариантов женских платьев были изготовлены с традиционным китайским воротником-стойкой и разными рукавами (без рукавов, с короткими и длинными рукавами, как в разд.3.3.4) и типовым распределением талиевых выточек (как в разд.2.4.2). Основные прибавки составили, см: $P_{Cг3}=6$, $P_{Cг}=4$, $P_{Cб} = 6$. Такое сочетание прибавок $P_{Cг3}/P_{Cг}=6/4$ для всех видов платьев - без рукавов, с коротким и длинным рукавами - в целом гарантирует приемлемый уровень комфорта (см.табл.3.15), т.е. все варианты находятся в одинаковых условиях. Линейные конструктивные прибавки распределяли по периметру груди, талии и бедер таким образом, чтобы воспроизвести все ситуации, встречающиеся в практике реального формообразования. Основную прибавку $P_{Oг3}$ распределяли между участками конструкции в следующем соотношении: полочка (10...50 %), пройма полочки (10...50 %) и спинка (20...60 %). Прибавки $P_{Oг}$ и $P_{Oб}$ распределяли между передом (15...75 %) и спинкой (25...85 %). Для изучения влияния составляющих основной конструктивной прибавки мы спроектировали пять вариантов платьев с

параметрами, приведенными в табл.3.16[162]. Таким образом, варианты платьев 1 и 2 были спроектированы с преимущественным распределением прибавок на спинку, вариант 3 – в пройму, варианты 4 и 5 – на полочку. Очевидно, что такое распределение прибавок должно повлиять на свободу движений и возникающее давление.

Таблица 3.16

Распределение основных прибавок по ширине стана платьев

Вариант платья	Распределение прибавок, %						
	$P_{Cг3} = 3 \text{ см}$			$P_{Cг1} = 2 \text{ см}$		$P_{Cб6} = 3 \text{ см}$	
	$P_{Шг}$	$P_{Шпр}$	$P_{Шс}$	$P_{Шгп}$	$P_{Шгс}$	$P_{Шбп}$	$P_{Шбс}$
1	0	30	70	15	85	15	85
2	10	40	50	30	70	30	70
3	25	50	25	50	50	50	50
4	50	40	10	70	30	70	30
5	70	30	0	85	15	85	15

Платья были изготовлены из базовой ткани (как предыдущих экспериментах). Внешний вид платьев, изготовленных с разным распределением основных прибавок между спинкой, проймой и полочкой показан на рис.3.21.

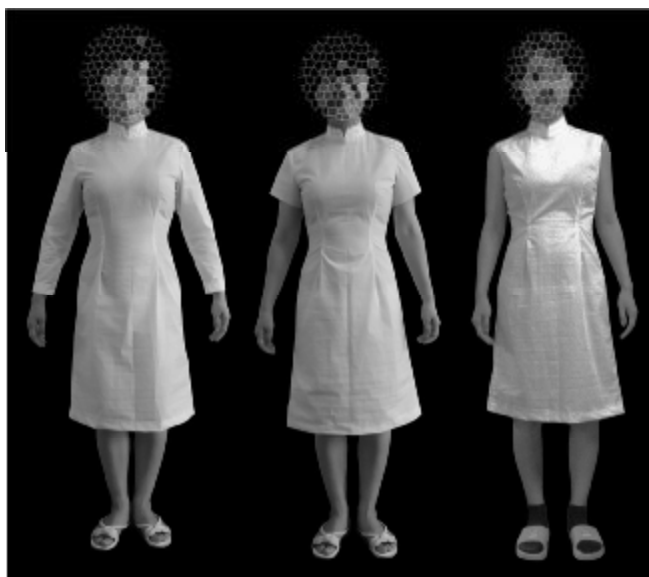


Рис.3.21. Внешний вид платьев, подготовленных для эксперимента по изучению влияния распределения прибавок между полочкой, проймой и спинкой на компрессионное давление

Результаты измерения компрессионного давления были сопоставлены с ранее полученными данными для установления субъективных уровней комфортности. Результаты параллельных измерений давления и его восприятия приведены в приложении 5.

Из приложения 5 видно, что под влиянием перераспределения прибавок изменяются инструментальный и субъективный показатели

комфорта. В платьях с разной длиной рукава (длинный, короткий, отсутствует) влияние изменяемых конструктивных параметров носит примерно одинаковый характер. Когда прибавки добавляются преимущественно к спинке (в вариантах 1 и 2), уровень комфортности повышается по сравнению с вариантами 4 и 5, в которых прибавки спроектированы преимущественно на полочке.

В приложении 5 приведены зависимости между долями прибавок и рангами комфортности. Нелинейные зависимости на рис.3.22 показывают изменение давления под влиянием абсолютных составляющих прибавки $P_{СгЗ}$, а именно $P_{Шг}$, $P_{Шпр}$, $P_{Шс}$.

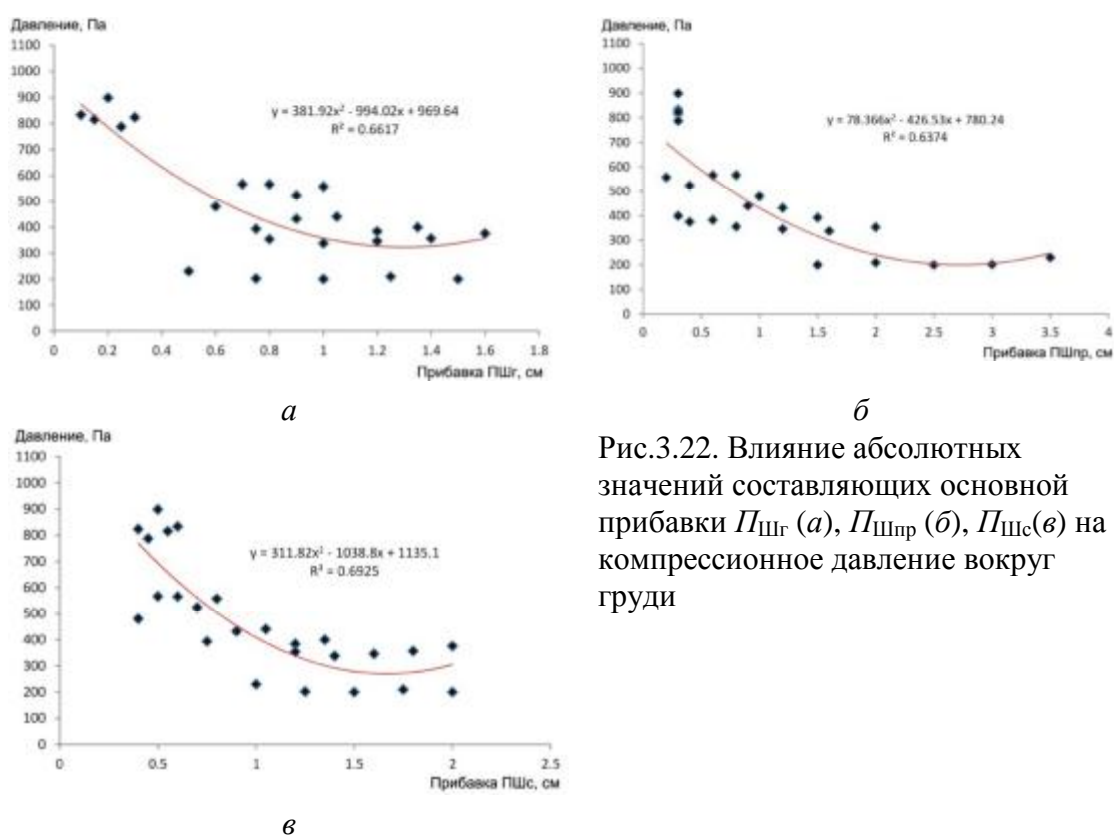


Рис.3.22. Влияние абсолютных значений составляющих основной прибавки $P_{Шг}$ (а), $P_{Шпр}$ (б), $P_{Шс}$ (в) на компрессионное давление вокруг груди

Нелинейный характер влияния каждой прибавки более точно описывает механизм возникновения и стабилизации давления. При малых значениях прибавок давление всегда максимально, а с увеличением прибавок давление снижается, а в дальнейшем стабилизируется. Уравнения имеют вид:

$$P = 381,92 P_{\text{ШГ}}^2 - 994,02 P_{\text{ШГ}} + 969,64 \quad (r = -0,8135), \quad (3.3)$$

$$P = 78,366 P_{\text{ШПР}}^2 - 426,53 P_{\text{ШПР}} + 780,24 \quad (r = -0,7984), \quad (3.4)$$

$$P = 311,82 P_{\text{ШС}}^2 - 1038,8 P_{\text{ШС}} + 1135,1 \quad (r = -0,8322), \quad (3.5)$$

$$P = 6,6 P_{\text{СГЗ}}^2 - 160 P_{\text{СГЗ}} + 1082 \quad (r = -0,96674). \quad (3.6)$$

Из этих графиков вытекает очень важная закономерность: начиная с некоторых значений составляющих прибавок они перестают оказывать влияние на возрастание компрессионного давления, а при их комбинации одежда воспринимается экспертами как комфортная. Такими значениями являются:

$$P_{\text{ШГ}} = 1 \text{ см (22 \%)}, P_{\text{ШПР}} = 2 \text{ см (44 \%)}, P_{\text{ШС}} = 1,5 \text{ см (34 \%)}. \quad (3.7)$$

Такая комбинация прибавок может быть принята в качестве базовой для проектирования комфортных платьев.

Из графиков на рис.3.23 видно, что нахождение соотношений между составляющими основной прибавки с помощью возникающего компрессионного давления является в настоящее время единственным научно-обоснованным способом их оптимизации.

Проверка полученных уравнений была проведена экспериментально путем внесения изменений в конструкцию платьев с рукавами разной длины и без рукавов, построенных по известной методике [165]. В качестве исходных были взяты платья с формой 5 с наиболее низким уровнем комфортности. В качестве альтернативы были выбраны формы 1 и 2. Для обеспечения приемлемого уровня комфорта были рассчитаны прибавки по участкам обхвата груди по уравнениям (3.3 - 3.6). Результаты эксперимента приведены в табл.3.17.

Таблица 3.17

Конструктивные параметры исходных моделей платьев и моделей, конструктивные параметры которых были рассчитаны по уравнениям (3.3-3.6)

Точка	Платье с длинным рукавом (рис.3.23, а)					
	улучшенный вариант (платье 2)			исходный вариант (платье 5) [165]		
	Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)	Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)
$P_{\text{ШГ}}$			$P_{\text{ШПР}}$			$P_{\text{ШС}}$

Окончание таблицы										
<i>P4</i>	<i>U/E</i>	1.4	0.3 (10)	1.2 (40)	1.5 (50)	<i>E</i>	1.2	2.1 (70)	0.9 (30)	0 (0)
<i>P5</i>	<i>U/E</i>	1.6				<i>U/E</i>	1.6			
<i>P6</i>	<i>U/E</i>	1.5				<i>U</i>	1.9			
<i>P7</i>	<i>E</i>	1.2				<i>U/E</i>	1.7			
<i>P8</i>	<i>U/E</i>	1.6				<i>U</i>	1.9			
Среднее значение	<i>U/E</i>	1.46				<i>U</i>	1.66			
Платье с коротким рукавом (рис.3.23, б)										
Точка	улучшенный вариант (платье 2)					исходный вариант (платье 5)				
	Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)			Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)		
			<i>П_{Шгр}</i>	<i>П_{Шпр}</i>	<i>П_{Шс}</i>			<i>П_{Шгр}</i>	<i>П_{Шпр}</i>	<i>П_{Шс}</i>
	<i>P4</i>	<i>E</i>	1.2	0.3 (10)	1.2 (40)	1.5 (50)	<i>E</i>	1	2.1 (70)	0.9 (30)
<i>P5</i>	<i>E/C</i>	0.7	<i>E/C</i>				0.7			
<i>P6</i>	<i>E/C</i>	0.7	<i>U/E</i>				1.3			
<i>P7</i>	<i>E/C</i>	0.5	<i>E</i>				1			
<i>P8</i>	<i>E/C</i>	0.6	<i>E</i>				0.8			
Среднее значение	<i>E/C</i>	0.74	<i>E</i>				0.96			
Платье без рукавов (3.23, в)										
Точка	улучшенный вариант (платье 1)					исходный вариант (платье 5)				
	Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)			Уровень комфорта	Ранг	Конструктивные прибавки по линии груди, см (%)		
			<i>П_{Шгр}</i>	<i>П_{Шпр}</i>	<i>П_{Шс}</i>			<i>П_{Шгр}</i>	<i>П_{Шпр}</i>	<i>П_{Шс}</i>
	<i>P4</i>	<i>E</i>	0.8	0 (0)	0.9 (30)	2.1 (70)	<i>E</i>	0.8	2.1 (70)	0.9 (30)
<i>P5</i>	<i>E/C</i>	0.3	<i>E/C</i>				0.5			
<i>P6</i>	<i>C</i>	0.1	<i>E/C</i>				0.5			
<i>P7</i>	<i>C</i>	0	<i>E/C</i>				0.3			
<i>P8</i>	<i>E/C</i>	0	<i>E/C</i>				0.3			
Среднее значение	<i>C</i>	0.24	<i>E/C</i>				0.48			

Схемы внесения изменений в исходные чертежи показаны на рис.3.23.

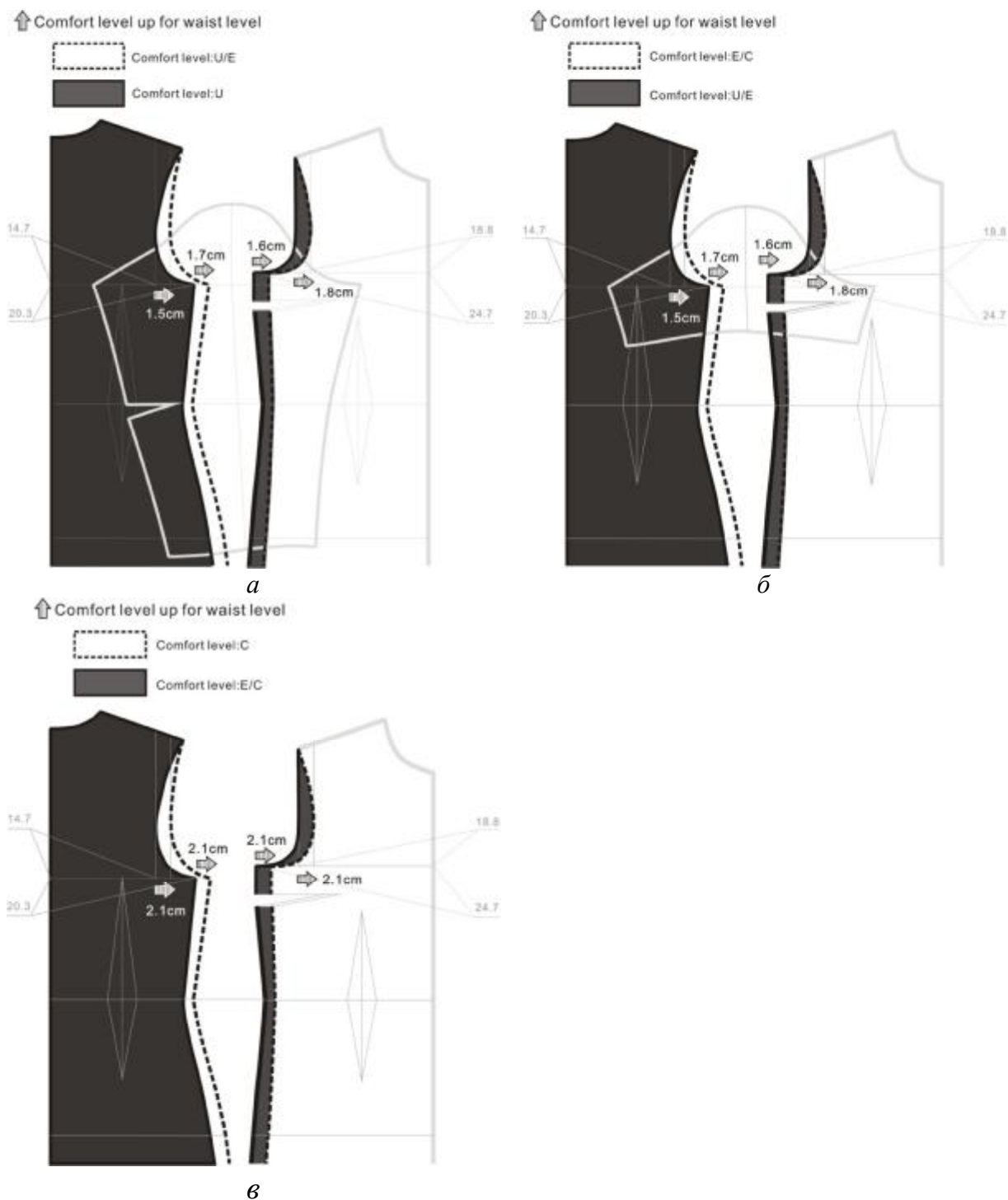


Рис.3.23. Схемы корректировки чертежей платьев для повышения их комфортности: *a* - с длинным рукавом для повышения уровня комфортности с *U* (неудовлетворительного) до *U/E* (неудовлетворительно-удовлетворительного), *б* - с коротким рукавом для повышения уровня комфортности с *U/E* (неудовлетворительно-удовлетворительного) до *E/C* (удовлетворительно-комфортного), *в* - безрукавного платья для повышения уровня комфортности с *E/C* (удовлетворительно-комфортного) до *C* (комфортного)

После измерения давления под платьями, построенными по разным методикам, было подтверждено заметное повышение уровня

комфортности от модифицированных конструкций. После произведенных корректировок в виде перераспределения прибавок по линии груди ранг комфортности повысился в среднем с 1,03 до 0,81, т.е. на 21 %, а именно: для платьев с длинным рукавом - с 1,66 до 1,46, с коротким рукавом - с 0,96 до 0,74, без рукава - с 0,48 до 0,24. Схемы корректировки исходных чертежей, имевших исходный показатель комфорта за счет использования полученных выражений гарантирует повышение комфортности платьев.

Таким образом, показана возможность повышения уровня комфортности женских платьев за счет перераспределения составляющих основной конструктивной прибавки и достижения рационального распределения с использованием разработанных уравнений.

3.4. Разработка комплексных показателей для конструктивных прибавок

Поскольку рассмотрение единичных прибавок затрудняет комплексную оценку их влияния, то нами предложены новые комплексные показатели аккумулирующие совместное действие прибавок на форму и, соответственно, компрессионное давление.

Положение плоскости проймы. С помощью комбинации составляющих основной прибавки можно регулировать положение плоскости, проходящей через пройму, относительно естественной плоскости соединения руки с туловищем. Поэтому мы предлагаем новый показатель – угол положения плоскости проймы платья, равный углу между плоскостью проймы платья и исходной плоскостью, проходящей через передний угол подмышечной впадины параллельно средней саггитальной плоскости. Новый показатель будет зависеть от соотношения между составляющими основной прибавки - $P_{Шг}$, $P_{Шпр}$ и $P_{Шс}$. Например, если $P_{Шг} = 0$ и $P_{Шс} = 0$, то угол плоскости проймы будет равен углу плоскости, проведенной через линию сочленения руки с туловищем. Схема его расчета показана на рис.3.24 для двух моделей платьев 1 и 2.

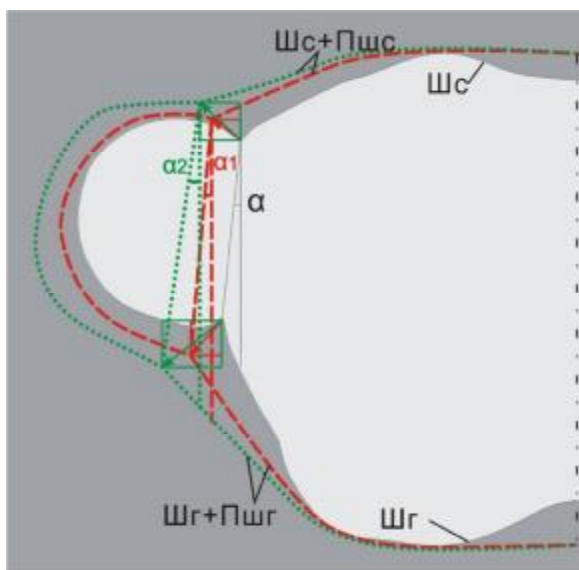


Рис.3.24. Схема вычисления комплексного показателя – положения плоскости проймы относительно вертикали через задний угол подмышечной впадины: красная линия – первая модель платья, зеленый цвет – вторая модель платья; $Ш_c$, $Ш_g$ – соответственно размерные признаки «Ширина груди» и «Ширина спины»; $П_{шг}$, $П_{шс}$ – соответственно составляющие основной прибавки к размерным признакам «Ширина груди» и «Ширина спины»; α , α_1 , α_2 – соответственно углы положения плоскости сочленения руки с туловищем, положения плоскости проймы для первой (красный цвет) и второй моделей (зеленый цвет) платьев

Видно, что каждая модель одежды характеризуется своими численными сочетаниями прибавок $П_{шг}$ и $П_{шс}$, а под их влиянием изменяются углы α .

Угол для фигуры, расположенный между плоскостью, проходящей через передний и задний углы подмышечных впадин, и вертикальной плоскостью, проведенной через передний угол, был определен нами экспериментально по горизонтальным сечениям сканированных фигур. Его среднее значение для исследованного размерного варианта составляет 8 град.

Формула для расчета угла между плоскостью, проходящей через точки на линиях проймы спинки и переда, и вертикальной плоскостью может быть записана в виде:

$$\alpha = \arctg \left[\frac{[(0,5Ш_c + П_{шс}) - (0,5Ш_g + П_{шг})]}{d_{пз} + 0,5 П_{шпр}} \right], \quad (3.8)$$

где α - угол положения плоскости проймы платья, град.; $П_{шс}$, $П_{шг}$, $П_{шпр}$ – соответственно конструктивные прибавки в ширине спины, груди, проймы, см; $Ш_c$ - размерный признак «Ширина спины», см; $Ш_g$ – размерный признак «Ширина груди», см; $d_{пз}$ – размерный признак «Диаметр руки переднезадний» [163], см.

Например, для фигуры, которая была базовой в этом эксперименте ($P = 160$ см, $O_{23} = 84$ см, $O_m = 64$ см, $O_6 = 90$ см), формула имеет частный вид

$$\alpha = \arctg \left[\frac{4,5 + (П_{шс} - П_{шг})}{9,4 + 0,5 П_{шпр}} \right]. \quad (3.9)$$

Результаты вычисления нового комплексного показателя для исследованных форм платьев приведены в табл.3.19. Расчет выполнен для выбранного размерного варианта фигуры со следующими дополнительными размерными признаками, см: переднезадний диаметр руки - 9,4; ширина груди - 15,8; ширина спины - 16,7.

Таблица 3.18

Углы плоскости пройм для исследованных форм платьев

Форма платья	Распределение прибавки $P_{Cr3} = 3$ см			Arctg	Угол плоскости проймы, град
	$P_{Шг}$	$P_{Шпр}$	$P_{Шс}$		
1	0	0.9	2.1	0,6701	33.8
2	0.3	1.2	1.5	0,57	29.7
3	0.75	1.5	0.75	0,4433	23.9
4	1.5	1.2	0.3	0,33	18.2
5	2.1	0.9	0	0,2437	13.7

Видно, что в эксперименте угол изменяли с 13,7 до 33,8 град., т.е. почти в 2,5 раза. Увеличение угла происходит либо из-за уменьшения прибавки $P_{Шс}$ (является самым влиятельным параметром на возникновение давления), либо увеличения прибавки $P_{Шг}$. На рис.3.25 показаны аппроксимированные зависимости влияния положения плоскости проймы на возникающее давление вокруг груди для разных платьев.

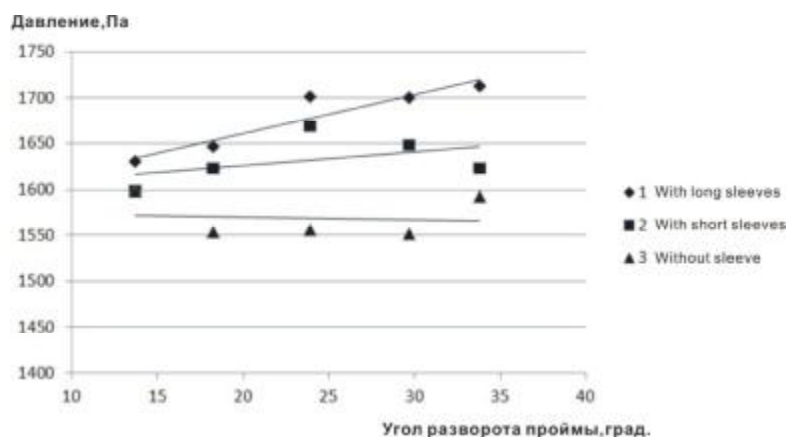


Рис.3.25. Влияние угла плоскости проймы на возникающее давление в области груди для платьев с разными рукавами (с длинными рукавами with long sleeves, с короткими рукавами - with short sleeves, без рукавов - without sleeves)

Из рис.3.25 видно очевидное влияние положения плоскости на возникающее давление. С увеличением угла разворота плоскости проймы давление повышается, естественно, за исключением платьев без рукавов.

Таким образом, новый комплексный показатель также можно использовать для прогнозирования давления.

Объемные конструктивные прибавки. Как было показано выше, линейные конструктивные прибавки, проектируемые в продольных и поперечных направлениях в чертежах конструкций деталей, влияют на объемно-пространственную форму и комфортность платьев. Существующая схема выбора конструктивных прибавок включает рассмотрение следующих исходных факторов:

1) вид фронтального силуэта в области талии, который зависит от степени прилегания бокового контура платья к фигуре на талиевом участке между линиями груди и бедер [166,167];

2) структуру платья (например, наличие горизонтального шва между лифом и юбкой, наличие манжеты по низу рукава);

3) некоторых показателей свойств текстильных материалов (толщина, растяжимость, способность повторять форму участков фигуры и др.) [168];

4) покрой одежды (базовый, реглан или цельнокроеный) [166];

5) направление раскроя деталей;

6) комбинация и существование устойчивых зависимостей между численными значениями прибавок (например, между прибавками к ширине спины и на свободу проймы по глубине) [169];

7) вид проектируемой формы и возможность дальнейшего укладывания готовой одежды на плоскости (платье плоского кроя) или, наоборот, невозможность укладывания (платье с 3D формой).

Целью настоящего раздела стала разработка нового подхода к обоснованному выбору сочетаний значений конструктивных прибавок [170]. Новый подход предназначен для виртуальных 3D технологий проектирования и ориентирован на расширение базы исходных данных. Такой подход позволит соединить факторы, относящиеся к разным базам данных (параметры 2D плоских чертежей деталей, параметры 3D объемной формы одежды, ощущения носчиков) и прогнозировать топографию зон возникновения давления одежды на тело.

Нами предложен новый комплексный показатель - объемная конструктивная прибавка, показывающая способность оболочек из исследованных материалов повторять форму торса фигуры. В качестве модели для первичного исследования был выбран фрагмент системы «фигура-платье», расположенный между линиями обхватов груди третьего и бедер. Объемная конструктивная прибавка будет зависеть от линейных

прибавок и показателей свойств материалов. Общая структура формулы для вычисления объемных прибавок в статическом положении фигуры имеет вид

$$KПV_{i,j} = f(PP_i, PP_j, KP_i, KP_j, TM), \quad (3.10)$$

$$KПV_{i,j} = V_{од i,j} - V_{ф i,j}, \quad (3.11)$$

где $KПV_{i,j}$ - объемная конструктивная прибавка между двумя смежными i и j антропометрическими уровнями, см³; PP_i, PP_j - соответственно размерные признаки фигуры, измеренные на смежных антропометрических i и j уровнях, см; KP_i, KP_j - соответственно линейные конструктивные прибавки к обхватным измерениям, проектируемые на смежных конструктивных i и j уровнях, см; TM - обобщенный показатель свойств текстильных материалов; $V_{од i,j}, V_{ф i,j}$ - соответственно объемы фрагментов торсов стана одежды и фигуры, вычисленные между смежными i и j уровнями, см³.

Объемная конструктивная прибавка учитывает сразу несколько факторов, относящихся к фигуре, одежде и их системе:

- *относящиеся к фигуре*: размерные признаки, пластику поверхности фигуры;

- *относящиеся к одежде*: размеры одежды; структура одежды; используемые приемы формообразования, в частности, распределение талиевых вытчек; показатели свойств текстильных материалов, в частности, способность текстильного материала повторять форму участков фигуры; влияние конструктивных элементов одежды (швов, деталей и др.) на изменение пластики ее поверхности.

- *относящиеся к системе "фигура-одежда"*: разность между обхватными измерениями фигуры и одежды (чертежа) на антропометрическом и конструктивном уровнях;

Например, в проведенном нами исследовании подтверждено, при одних и тех же значениях линейных прибавок площади зазоров между фигурой и платьями из разных материалов будут разными (рис.3.26).

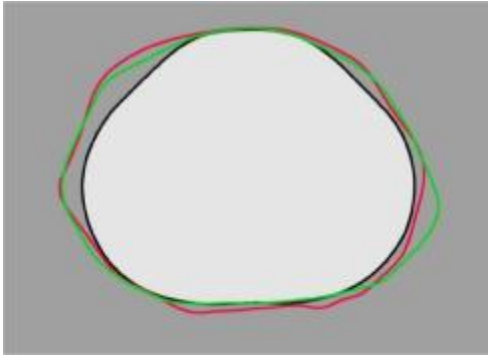


Рис.3.26. Формы горизонтальных сечений систем «фигура-платье» на уровне талии для разных текстильных материалов (материалы обозначены красным и зеленым цветом)

Поскольку площадь зазоров между фигурой и одеждой изменяется, то разными будут и значения объемных прибавок. Для вычисления объемных прибавок мы использовали бодисканер и программу **ScanWorx** (Германия) и разработанную технологию реконструкции виртуальных объектов и 3D программное обеспечение **Rhinoceros** [171,172]. Алгоритм вычисления объемной прибавки был следующим:

1) Были выбраны пять экспертов-волонтеров европейского и азиатского типов с размерными признаками, близкими к типовой фигуре, как отмечено в разд. 3.3.1,

2) Все фигуры были сканированы дважды: сначала с помощью бодисканера белого света “TELMAT” (Франция), а затем – лазерного сканера Human Solution с использованием программы “ScanWorX” (Германия). Затем эти же фигуры были сканированы в платьях. Двойное сканирование позволило минимизировать ошибку при вычислении объемов участков фигур и платьев. Внешний вид сканированных фигур показан на рис.3.27.

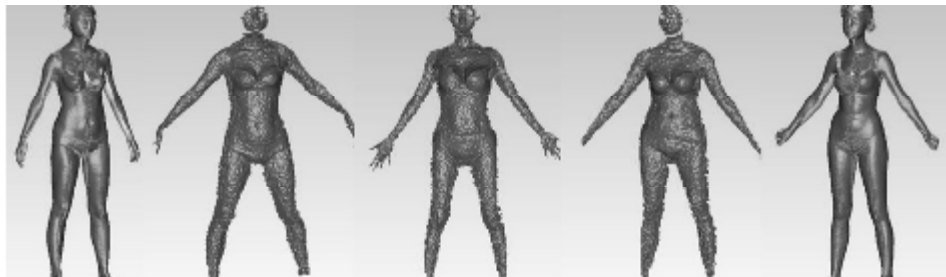


Рис. 3.27. Внешний вид фигур экспертов-волонтеров после сканирования (ScanWorX и TELMAT)

3) Из сканированных объектов – фигур и платьев – генерировали горизонтальные сечения на шести уровнях обхватов: (1) груди третьего $O_{г3}$, (2) груди четвертого $O_{г4}$, (3) талии O_t , (4) бедер O_b , (5) посередине между (2) и (3), (6) посередине (3) и (4). Шесть горизонтальных сечений на этом участке торса достаточны для реконструкции пластики обоих материальных объектов. Одноименные сечения фигуры и платья

совмещали относительно единой оси, проходящей через центр тяжести системы, и получали из них каркасную модель фрагмента стана и торса из 12 сечений. Схема их расположения по высоте торса системы показана на рис.3.28.

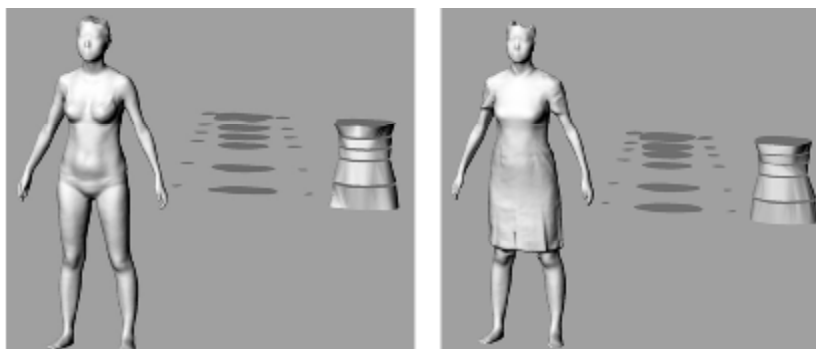


Рис.3.28. Разделение объемов фигуры и платья для вычисления объемной конструктивной прибавки между ними

4) Объемные прибавки вычисляли в программе *Rhinoceros*.

Значения объемных конструктивных прибавок приведены в табл.3.19.

Таблица 3.19

Значения объемных конструктивных прибавок для платьев исследованных форм

Обозначение объемной конструктивной прибавки	Среднее значение объема фрагмента фигуры, см ³	Среднее значение объемной конструктивной прибавки, см ³ , для следующих форм платьев				
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
$KIV_{Or3-Or4}$	2806.5	2.7	93.7	191.6	278.6	402.8
KIV_{Or4-O5}	1729	3,7	72,5	137,3	245,9	341,9
KIV_{O5-Or}	1466.9	4,5	75,2	112,4	209,7	241,6
KIV_{Or-O6}	3584.6	159,2	348,6	485,2	553	711,7
KIV_{O6-O6}	4559.1	811,8	1273,3	1518	1772,8	2009,8
Сумма прибавок	14146.1	981,9	1863,3	2444,5	3060	3707,9

Примечание: объем выборки $n = 25$.

Из табл.3.19 виден характер распределения объемных прибавок на различных уровнях торса системы «фигура-платье» и их очевидную связь с формой платьев. Например, объем воздуха между уровнями талии и бедер ($KIV_{Or-O6} + KIV_{O6-O6}$) значительно больше, чем на вышележащих уровнях. Данные из табл.3.20 помогают сконструировать алгоритм построения согласованных баз данных, относящихся к 3D и 2D объектам и преобразовываемых друг в друга на разных этапах. В дальнейших исследованиях именно этот показатель - объемные конструктивные

прибавки - будет использован для оценки влияния показателей свойств текстильных материалов на возникновение компрессионного давления.

Выводы по главе 3

1. На поверхности женских фигур выделено пять зон с разным уровнем чувствительности к компрессионному давлению, характеризующихся абсолютными значениями давления и его сенсорного восприятия. Для согласования объективных и субъективных показателей комфортности разработаны согласуемые цветные шкалы для взаимного перевода физической величины давления в показатель субъективного восприятия человека и обратно, которые могут быть использованы в САПР.

2. Установлено и количественно описано влияние параметров 2D чертежей - конструктивных прибавок, талиевых выточек и длины рукавов - на возникновение компрессионного давления с возможностью его прогнозирования. Полученные закономерности открывают реальную перспективу качественного обновления существующей базы данных для проектирования моделей с включением показателей комфорта.

3. Предложена совокупность уравнений для прогнозирования величины компрессионного давления по линиям обхватов груди и талии с помощью составляющих основной конструктивной прибавки $P_{Сг3}$.

4. На основе изучения причин возникновения компрессионного давления установлено распределение составляющих основной прибавки по линии груди $P_{Шг}$ (22 ± 2 %) : $P_{Шпр}$ (44 ± 4 %) : $P_{Шс}$ (34 ± 4 %), гарантирующее максимальные показатели комфорта для платьев с любой структурой и объемом.

5. Предложены новые комплексные показатели для согласования конструктивных параметров чертежей с показателями 3D формы системы "фигура-платье" - угол разворота плоскости проймы, зависящий от соотношения между величинами составляющих основной прибавки по линии груди, и объемная конструктивная прибавка, зависящая от проектируемых на смежных уровнях торса конструктивных прибавок по линиям груди, талии и бедер. Оба комплексных показателя могут быть использованы для получения реалистичных виртуальных моделей систем "фигура-платье" в максимальном соответствии с параметрами чертежей и прогнозирования компрессионного давления под платьями.

Глава 4. ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОМПРЕССИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ «ФИГУРА-ПЛАТЬЕ»

Ощущение комфортности в процессе ношения одежды зависит от ее конструктивного устройства, применяемых материалов и показателей их свойств, проявляющихся в одежде именно под влиянием конструктивных решений. В конструировании степень реализации материалом своих показателей (например, растяжимости, драпируемости, способности повторять пластику поверхности фигуры и др.) зависит от опыта проектировщика прогнозировать поведение материалов и проектируемой объемно-силуэтной формы. Предпринимаются активные попытки вычленения влияния и параметризации показателей тех свойств, которые можно было бы использовать в САПР при разработке чертежей одежды и через которые можно влиять на ее комфортность. Предпочтение пока отдают единичным показателям, измеряемым на приборах или непосредственно на участках фигур для определенных видов одежды. Однако база данных, формализующая влияние показателей свойств текстильных материалов и условий, необходимых и достаточных для проявления ими такого влияния в одежде, еще не сформирована. Без нее невозможно качественное и реалистичное виртуальное проектирование трехмерных систем «фигура-одежда».

В главе 3 было исследовано влияние конструктивных параметров и структурного построения женских платьев на степень их комфортности в динамических условиях. Поскольку выбор конструктивных параметров платьев производят с учетом показателей свойств материалов, то вклад последних в обеспечение требуемых показателей комфортности также требует изучения и согласования с другими выявленными факторами. Целью этой части диссертации стал выбор и обоснование тех показателей свойств материалов, которые совместно с конструктивными параметрами влияют на компрессионное давление. В дальнейшем полученная база данных будет использована для виртуального моделирования и отображения физического и психологического взаимодействия между фигурой и платьем в статических и динамических условиях.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы, в одной работе [178].

4.1. Объекты и методы исследований

В качестве измеряемых величин выступали: показатели физико-механических свойств текстильных материалов, показатели объема систем «фигура-платье», давление платья на поверхность тела, органолептическая оценка комфортности платья.

Платья. Исследования были проведены с платьем 1 приталенного силуэта малообъемной формы с короткими рукавами, в котором основные линейные конструктивные прибавки имели минимально-возможные значения, см: $P_{Сг3} = 1$, $P_{Ст} = 1$, $P_{Сб} = 1$, $P_{Оп} = 7$. На наш взгляд, такие значения прибавок позволят выбранным материалам полностью реализовать свои возможности в создании компрессионного давления. Платья были изготовлены из двух видов тканей ($M1$, $M2$) и одного трикотажного полотна ($M3$). Из каждого материала было изготовлено по пять платьев для получения достоверных результатов.

Материалы. Почти все тонкие текстильные материалы можно использовать для изготовления повседневных женских платьев. Для нашего исследования мы выбрали наиболее популярные материалы – две хлопчатобумажные ткани, включая одну отбеленную, и одно синтетическое трикотажное полотно. В качестве основных характеристик материалов были выбраны показатели физико-механических свойств, измеренные на плоских пробах.

Текстильные материалы [173] тестировали с помощью двух групп приборов: разрывной машины РТ-250 (завод «Точприбор», г. Иваново) и устройства релаксометр-стойка для измерения деформации растяжения (рис.4.1) и автоматического комплекса Kawabata KES-F [174] (рис.4.2). Целью параллельного использования приборов двух групп был выбор лучшего измерительного комплекса.



Рис.4.1. Приборы первой группы для измерения одноцикловых неразрывных и разрывных характеристик растяжения (релаксометр-стойка, РТ-250)

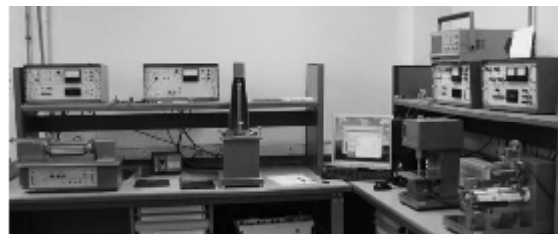


Рис.4.2. Приборы второй группы. входящие в измерительный комплекс Kawabata (KES-FB-1, KES-FB-2, KES-FB-3, KES-FB-4)

В перечень показателей, измеряемых на приборах первой группы, были включены одноцикловые характеристики растяжения по основе, утку и под углом 45 град.: разрывные (усилие разрыва, Н; разрывное удлинение, %) и неразрывные (линейность кривой разрыва «нагрузка-удлинение», усл. ед.; доля упругой деформации, %). Во вторую группу были включены показатели изгиба, сдвига, растяжения и сжатия, измеренные на комплексе Kawabata (см.разд.1.4). На комплексе Kawabata были измерены 11 показателей растяжения, сдвига и чистого изгиба. Испытание каждого из 11 показателей проводили по пять раз при стандартных условиях. Численные значения показателей приведены в табл.4.1. Для каждого показателя был рассчитан коэффициент вариабельности, который показывает значимость различий между выбранными для исследования текстильными материалами по целому ряду свойств.

Таблица 4.1

Показатели физико-механических свойств исследованных материалов

Характеристика или показатель свойства	№	Основа, вдоль пробы (о)/ уток, поперек пробы (у)	Значение показателя для материалов			C _v
			M1	M2	M3	
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
Содержание волокон, %	1	-	Хл 100	Хл 100	ПЭФ85 , Хл15	-
Поверхностная плотность, г/м ² [175]	2	-	88	92	165	0,76
Переплетение	3		полот няное	полот няное	rib	
1. Показатели первой группы, измеренные на отечественных приборах						
Доля упругой деформации растяжения, %	4	о	100.5	102.5	121.5	0.194
	5	у	107.5	111.5	132.5	0.213
	6	45 град.	120	125	127.5	0.06
Разрывная нагрузка, даН	7	о	14	20.8	14.2	0,42
	8	у	10.2	7	11.2	0,44
	9	45 град.	10.8	7	9	0,43
2. Показатели второй группы, измеренные на комплексе KES-F						
СДВИГ (прибор KES-FB-1)						

Окончание таблицы						
Жесткость при сдвиге на 8 град., $G, \text{сН/см}\cdot\text{град}$	10	о	0,722	1,072	0,626	0,55
	11	у	0,726	0,926	0,6	0,43
Гистерезис усилия сдвига при нагружении и релаксации при угле $\pm 0,5$ град., $2HG, \text{сН/см}$	12	о	0,982	1,332	1,276	0,25
	13	у	1,262	1,482	1,436	1,39
Гистерезис усилия сдвига при нагружении и релаксации при угле ± 5 град., $2HG5, \text{сН/см}$	14	о	2,958	4,232	1,296	0,13
	15	у	3,242	4,166	1,418	0,62
РАСТЯЖЕНИЕ(прибор KES-FB-1)						
Линейность кривой «нагрузка – растяжение/отдых» LT	16	о	0,823	0,82	0,611	0,28
	17	у	0,674	0,714	0,567	0,23
Работа растяжения под нагрузкой 500 сН, $WT, \text{сН}\cdot\text{см/см}^2$	18	о	3,7	3,49	24,663	1,99
	19	у	20,3	25,85	43,525	0,78
Доля упругой деформации, $RT, \%$	20	о	57,78	60,3	45,55	0,27
	21	у	21,09	22,98	43,86	0,78
Нагрузка, необходимая для удлинения на 0,5 %, $F, \text{сН}$	22	о	293,7	288,3	2,32	1,5
	23	у	12,08	13,95	0,94	1,45
Деформация удлинения под нагрузкой 500 сН, $EMT, \%$	24	о	1,782	1,704	16,15	2,21
	25	у	12,06	14,46	30,74	0,98
ИЗГИБ (прибор KES-FB-2)						
Жесткость при изгибе $B, \text{сН}\cdot\text{см}^2/\text{см}$	26	о	0,404	0,108	0,008	2,29
	27	у	0,04	0,039	0,01	1
СЖАТИЕ (прибор KES-FB-3)						
Работа сжатия $WC, \text{сН}\cdot\text{см/см}^2$	28	-	0,126	0,157	0,169	0,28
Доля упругой деформации $RT, \%$	29	-	57,27	48,86	64,27	0,12

Примечание: C_v = коэффициент вариации.

Для показателей растяжения, измеренных на комплексе KES-F, средний коэффициент вариации для показателей 16-25 составляет 1,05, а для приборов первой группы (показатели 4-6) лишь 0,138, т.е. на порядок ниже. Это свидетельствует о более тонкой дифференциации с помощью KES-F исследуемых материалов. Особенно существенны различия между материалами для показателей растяжения и изгиба WT, EMT и B .

Фигуры. Для изучения комфортности платьев были выбраны пять женских фигур примерно одного соматического типа и цвета кожи с размерными признаками, близкими к типовой фигуре, см: $P = 160, O_{г3} = 84, O_T = 64, O_6 = 90$. Давление измеряли в 13 точках (рис.4.3).

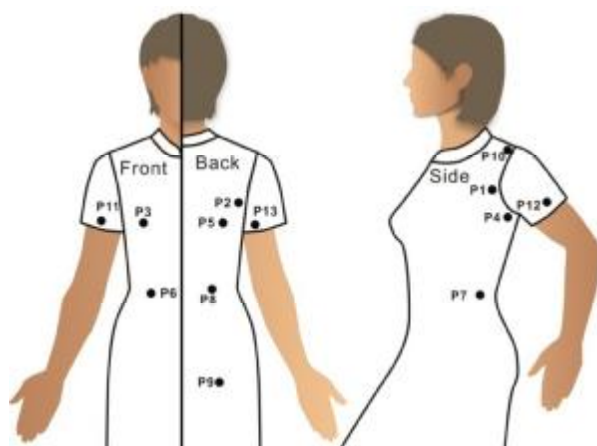


Рис.4.3. Схема расположения точек для измерения давления платья на поверхность тела (*front* - вид спереди, *back* - вид сзади): *P1* – передний угол подмышечной впадины, *P2* – задний угол подмышечной впадины, *P3* - выступающая точка грудных желез, *P4* – точка в подмышечной впадине, *P5* - точка ниже лопаточной точки на уровне обхвата груди третьего, *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

4.2. Прогнозирование объемной формы платьев с помощью показателей Kawabata [170]

Форму платьев из разных материалов оценивали по объему воздушного зазора в системе «торс женской фигуры - платье». В качестве комплексных показателей объема платьев были взяты три объемные конструктивные прибавки (*KIV*), учитывающие возможное влияние морфологии фигур на формообразование текстильной оболочки и показывающие объем воздуха в пододежном пространстве. Схема формирования *KIV* показана на рис.4.4, а измеряли их следующим образом:

- прибавку $KIV_{Oг3-Oг4}$ непосредственно под верхней опорной поверхностью фигуры, как испытывающую влияние ее пластики,
- объединенные прибавки $KIV_{Oг4-O5}$, $KIV_{O5-Oг}$, $KIV_{Oг-O6}$, расположенные между верхней и нижней опорными поверхностями,
- прибавку KIV_{O6-O6} непосредственно над нижней опорной поверхностью.

Прибавки равны разностям объемов платьев и фигуры между перечисленными сечениями.

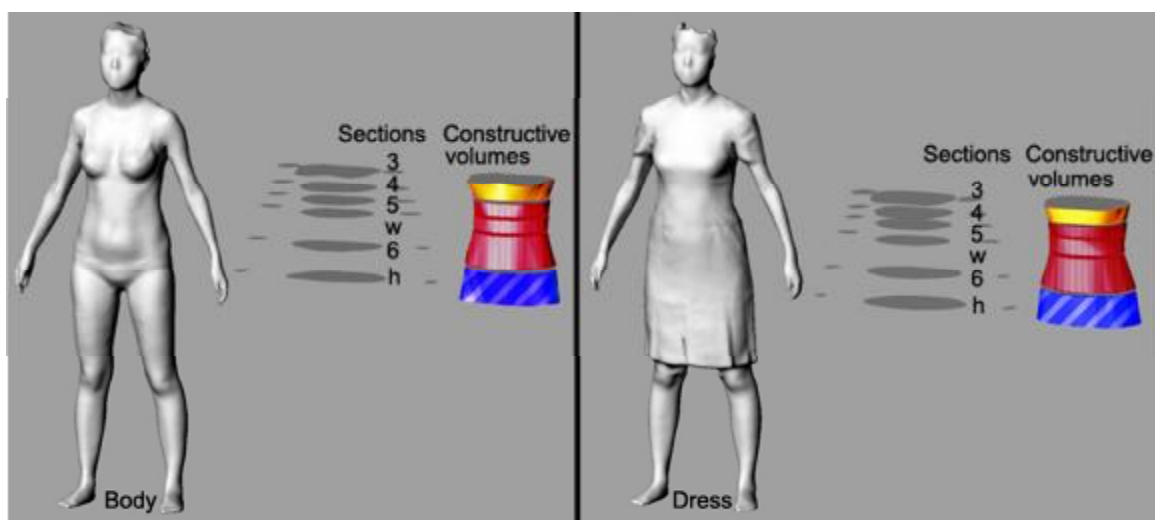


Рис. 4.4. Схема объединения фрагментов платья в объемные конструктивные прибавки, полученные в программе Rhinoceros из сканированных систем «фигура-платье»:
сечения (sections) 3 – обхват груди $O_{г3}$, 4 – обхват под грудью (обхват груди четвертый $O_{г4}$), w – обхват талии $O_{т}$, h – обхват бедер $O_{б}$, 5 – обхват торса O_5 между 4 и w , b – обхват торса O_6 посередине между w и h

В табл.4.2 приведены значения объемных конструктивных прибавок для исследованных платьев из разных материалов.

Таблица 4.2

Значения объемных конструктивных прибавок в системах «фигура-платье»

Объемные конструктивные прибавки	Среднее значение объемной конструктивной прибавки, вычисленное для пяти систем «фигура-платье», см ³ , из разных материалов			Коэффициент вариации
	$M1$	$M2$	$M3$	
Под верхней опорной поверхностью				
$KIV_{O_{г3}-O_{г4}}$	71,6	22,2	14	1,6
Между верхней и нижней опорными поверхностями				
$KIV_{O_{г4}-O_5}$	89,3	147,8	70,4	
$KIV_{O_5-O_{т}}$	197,9	228,4	197,2	
$KIV_{O_{т}-O_6}$	358,3	314,9	186,4	
Сумма $KIV_{O_{г4}-O_6}$	645,5	691,1	454,3	0,4
Над нижней опорной поверхностью				
$KIV_{O_6-O_6}$	1617,9	1417,5	1417	0,14
Суммарная прибавка				
$KIV_{O_{г3}-O_6}$	2335	2130,8	1885	0,21

Примечания. 1. $O_{г3}$ – обхват груди третий, $O_{т}$ – обхват талии, O_6 – обхват бедер, O_5 – обхват туловища посередине между уровнями $O_{г4}$ и $O_{т}$, O_6 – обхват туловища посередине между уровнями $O_{т}$ и O_6 . 2. Объем выборки $n = 5$.

Значения объемных прибавок в этой таблице показывают особенности формирования текстильных оболочек из разных материалов вокруг фигуры. Например, прибавка $KIV_{Or3-Or4}$, вычисляемая непосредственно под опорной поверхностью фигуры, имеет наименьшее абсолютное значение для всех материалов из-за плотного контакта оболочек с поверхностью фигуры; однако, коэффициент вариации в этой зоне имеет максимальное значение ($C_v = 1,6$), что свидетельствует о явно выраженном влиянии материалов на форму оболочки. Ниже этой зоны влияние показателей свойств материалов становится менее явным, но значения объемных прибавок, естественно, возрастают.

Парные связи между величинами объемных конструктивных прибавок и показателями свойств материалов исследовали с применением метода корреляционно-регрессионного анализа. Поскольку некоторые показатели KES-F могут иметь корреляцию друг с другом, то важно выбрать независимые показатели. Для отбора независимых показателей, влияющих на форму платьев, мы использовали следующий трехступенчатый алгоритм [176]:

- первичный отбор - проведение корреляционного анализа между всеми показателями KES-F для выявления независимых факторов;
- вторичный отбор - сравнение влияния независимых факторов в направлении основы (вдоль полотна) и утка (поперек полотна) на показатели формы и давления: если подтверждалось аналогичное влияние в обоих направлениях, то фактор принимался; если влияние подтверждалось только в одном направлении, то фактор отклонялся;
- окончательный отбор независимых факторов по результатам предыдущих этапов.

По такому алгоритму были проанализированы все парные связи между показателями KES-F и значениями суммарной KIV . Корреляционная матрица приведена в табл.4.3.

Таблица 4.3

Коэффициенты линейной парной корреляции между показателями свойств материалов и объемной конструктивной прибавкой

Показатель и направление измерения		Коэффициент корреляции	Показатель и направление измерения		Коэффициент корреляции
G	основа	0.1557	B	основа	0.591072
	уток	0.265463		уток	0.5625
$2HG$	основа	-0.46909	$2HB$	основа	0.5925
	уток	-0.44795		уток	0.5975

Окончание таблицы					
<i>2HG5</i>	основа	0.3725	<i>LC</i>	-	-0.56228
	уток	0.425	<i>WC</i>	-	-0.5975
<i>LT</i>	основа	0.5575	<i>RT</i>	-	-0.30866
	уток	0.4591	<i>TO</i>	-	-0.4475
<i>WT</i>	основа	-0.5515	<i>TM</i>	-	-0.52488
	уток	-0.60484	<i>MIU</i>	основа	-0.5575
<i>RT</i>	основа	-0.501186		уток	0.2775
	<i>EMT</i>	уток	-0.575	<i>MMD</i>	основа
основа		-0.55264	уток		0.6225
<i>INT</i>	уток	-0.58396	<i>SMD</i>	основа	0.585839
	основа	-0.5515		уток	0.614119
<i>B-INT</i>	уток	-0.60484	КФ Kawabata	-	-0.60944
	основа	-0.55508	КФ Lindberg	-	0.598413
<i>F0.5</i>	уток	-0.58006			
	основа	0.558515			
	уток	0.510998			

Примечание: критический коэффициент корреляции (для $n = 15, p = 90\%$) составляет $r_{крит} = 0.412$)

После проверки значимости связей, существующих между показателями из табл.4.1, адекватности действия показателей вдоль основы и утка на объем платьев был сформирован следующий ряд из наиболее важных показателей (в порядке убывания их влияния на объем платьев по среднему значению коэффициента корреляции для основы и утка):

WC (-0,5975) – *2NB* (0,595) – *B* (0,5763) – *RT* (-0,5375) – *LT* (0,5087) (A)
[– *2HG5* (0,3988)].

В окончательную модель для прогнозирования величин *KIV* включены те показатели, схемы измерения которых при испытаниях на приборах KES-F 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, показывающая равномерность 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 и тем больше будет компрессионное давление под ней;

- из группы показателей изгиба – жесткость при изгибе B в виде среднего значения по основе и утку, показывающая способность текстильной оболочки сопротивляться изгибу вокруг фигуры. Чем выше значение B , тем труднее изгибается материал, и тем больше будет компрессионное давление под ним.

Уравнения для расчета объемных конструктивных прибавок на разных уровнях торса имеют вид (статистическая значимость уравнений проверена по критериям Фишера ($F_{\text{крит}} = 2,4$) и Стьюдента, а также по коэффициенту множественной корреляции) для $n = 15$, $p = 95\%$:

уровни измерения прибавки	уравнения и критерии Фишера	
$O_{r3} - O_{r4}$	$KПВ_{O_{r3}-O_{r4}} = 323,77 B,$	(4.1)
	$F = 2,58,$	
$O_{r4} - O_6$	$KПВ_{O_{r4}-O_6} = 1381,2 LT - 358,34,$	(4.2)
	$F = 19,64,$	
$O_6 - O_{r6}$	$KПВ_{O_6-O_{r6}} = 1680 + 1291,4 B,$	(4.3)
	$F = 4,33,$	
$O_{r3} - O_6$	$KПВ_{O_{r3}-O_6} = 1374 + 844,4 LT + 1480 B,$	(4.4)
	$F = 14,85,$	

где $KПВ$ – объемная конструктивная прибавка, см^3 ; LT – среднее значение линейности кривой «нагрузка – растяжение/отдых» по основе и утку при нагрузке 500 сН/см , %; B – среднее значение жесткости при изгибе по основе и утку, $\text{сН}\cdot\text{см}^2/\text{см}$.

Из уравнений (4.1-4.4) видно, что оба отобранных показателя увеличивают объем платья, что подтверждает правильность предположения об их влиянии на форму платья.

Таким образом, обоснован механизм прогнозирования объема фрагментов формы женских платьев с помощью показателей физико-механических свойств тканей, измеренных на приборах KES-F.

4.3. Прогнозирование давления в системе "фигура-платье"

Комфортность платьев оценивали с использованием объективных и субъективных показателей: инструментально, измеряя давление в выбранных антропометрических точках, и экспертным путем, предлагая

носчикам ранжировать свои ощущения от платьев 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 прежнюю шкалу: некомфортно «U» -2 балла, удовлетворительно «E»- 1 балл, комфортно «С»– 0.

Результаты измерения давления и ранги субъективных ощущений приведены в табл.4.4.

Таблица 4.4

Компрессионное давление и его субъективная оценка

Антропометрическая точка (см. рис.4.3)	Среднее значение давления P , Па, вычисленное в шести позах и для пяти систем «фигура-платье» для разных материалов			Усредненные субъективные ранги степени комфортности CP для разных материалов		
	$M1$	$M2$	$M3$	$M1$	$M2$	$M3$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>P1</i>	669.4	612.4	427.6	0.9	0.6	0
<i>P2</i>	898.8	780.2	616.8	0.6	0.3	0
<i>P3</i>	210.8	177.3	120	0.1	0	0
<i>P4</i>	1197.7	1033	788.6	0.6	0.4	0
<i>P5</i>	851.9	500.8	338	0.2	0.2	0
<i>P6</i>	495.3	450.4	339.1	0.6	0.4	0
<i>P7</i>	465.7	419.3	276.8	0.8	0.3	0
<i>P8</i>	452.7	406	232.2	0.8	0.2	0
<i>P9</i>	417.8	340.3	205.4	0	0	0
<i>P10</i>	548.6	498.4	393.6	0	0	0
<i>P11</i>	367.2	348.1	287.6	1.1	0.8	0.2
<i>P12</i>	596.5	565.1	458.5	1.1	0.8	0.04
<i>P13</i>	148	132.3	113.2	0.04	0.04	0
Среднее арифметическое значение	563.1	481.8	353.6	1,1	0,7	0,1

Примечание: объем выборки $n = 25$.

Из табл.4.4 видно, что влияние материалов на физические показатели и сенсорные ощущения носчиков довольно существенно: для выбранной формы платья замена материала $M1$ на $M3$ снижает возникающее давление с 563,1 до 353,8 Па (на 37 %) и повышает ранг комфортности с 1,1 до 0,1 (почти на 100 %). Такое сравнение ткани и трикотажного полотна подтверждает исключительно высокий вклад материалов в комфортность.

Видно, что значения давления и ранги комфортности при сравнении материалов коррелируют между собой. Уменьшение давления приводит к

повышению степени удовлетворенности, поэтому эти два показателя – объективный и субъективный – можно использовать параллельно и для оценки влияния материалов (выше в гл.3 мы их использовали для изучения влияния конструктивных параметров). Однако устойчивой зависимости между ними при сопоставлении данных для разных антропометрических точек не существует по причине разных интервалов и точности измерения физического давления (интервал 113...1197,7 Па) и субъективной оценки (интервал 0...2).

Прогнозирование давления по стандартизированным показателям растяжимости и жесткости материалов. После подтверждения влияния выбранных материалов на комфортность платьев необходимо выбрать те показатели свойств, которые ответственны за возникновение компрессионного давления и сенсорные ощущения. Поскольку мы имели две группы приборов (рис.4.1 и 4.2), то для каждой группы мы использовали собственные показатели.

С помощью показателей свойств материалов из *первой группы* получены следующие уравнения для прогнозирования давления и показателя комфортности:

$$P = 1.1 KIV - 49.5 S_o + 50.6 S_y - 2335 (F=1,477), \quad (4.5)$$

$$CP = 0.0006 KIV - 0.03 S_o + 0.03 S_y - 1.7 (F=9,629), \quad (4.6)$$

где S_o , S_y – доля упругой деформации растяжения соответственно вдоль основы (S_o) и утка (S_y), %; P – компрессионное давление под одеждой, Па; CP – субъективный показатель комфорта; KIV – объемная конструктивная прибавка, см³. Критерий Фишера указан в скобках.

Установлено, что показатели *из первой группы* не гарантируют высокой адекватности уравнений для прогнозирования показателей объема платьев и их комфортности по причине несовпадения условий испытания проб и взаимодействия одежды с фигурой.

Для отбора значимых показателей свойств материалов *из второй группы* (табл.4.1) были исследованы корреляционные связи между ними, отобраны действительно независимые показатели для каждого свойства, проверены связи между ними для основы и утка с объективными и субъективными показателями комфорта. Значения коэффициентов корреляции приведены в табл.4.5 для физического давления P (Па) и сенсорного восприятия CP (ранги).

Таблица 4.5

Коэффициенты линейной парной корреляции между показателями свойств материалов KES-F и давления в системе «фигура-платье»

Показатель и направление измерения	Коэффициент корреляции		Показатель и направление измерения	Коэффициент корреляции			
	<i>P</i>	<i>CP</i>		<i>P</i>	<i>CP</i>		
<i>G</i>	основа	0.1223	0.129	<i>B</i>	основа	0.367	0.6904
	уток	0.1904	0.2574		уток	0.367	0.6196
<i>2HG</i>	основа	-0.2814	-0.5683	<i>2HB</i>	основа	0.3674	0.6909
	уток	-0.2671	-0.5461		уток	0.3862	0.6682
<i>2HG5</i>	основа	0.2576	0.3883	<i>LC</i>	-	-0.37	-0.62
	уток	0.2893	0.4521	<i>WC</i>	-	-0.3711	-0.6953
<i>LT</i>	основа	0.3644	0.6135	<i>RC</i>	-	-0.2169	-0.3085
	уток	0.3076	0.4898	<i>TO</i>	-	-0.2999	-0.4738
<i>WT</i>	основа	-0.3611	-0.6058	<i>TM</i>	-	-0.35	-0.57
	уток	-0.3895	-0.6778	<i>MIU</i>	основа	-0.36	-0.61
<i>RT</i>	основа	0.3323	0.5419		уток	0.196	0.268
	уток	-0.3734	-0.635	<i>MMD</i>	основа	-0.156	-0.3648
<i>EMT</i>	основа	-0.3617	-0.6072		уток	0.3961	0.7046
	уток	-0.3788	-0.6486	<i>SMD</i>	основа	0.3798	0.6512
<i>INT</i>	основа	-0.361	-0.606		уток	0.3851	0.7094
	уток	-0.4	-0.7	КФ Kawa bata	-	-0.3916	-0.6847
<i>B-INT</i>	основа	-0.36	-0.61	КФ Lindberg	-	0.3726	0.6969
	уток	-0.38	-0.64				1
<i>F0.5</i>	основа	0.365	0.6149				
	уток	0.338	0.5542				

Примечания. 1. КФ - коэффициент формуемости, рассчитанный по формуле из табл.1.4.2. Критический коэффициент корреляции $r_{крит} = 0,3151$ при $n = 27$.

По влиянию на комфортность 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) - *2HB* (0,53) – *B* (0,5125) – *RT* (-0,47) – *LT* (0,4425) - (*B*) *2HG5* (0,3475).

Достойна внимания абсолютная адекватность последовательности ранжированных показателей в рядах (А) и (В) для объема и давления. Это

свидетельствует о существовании единого механизма для обоих изучаемых явлений – формообразования одежды и ее давлении на поверхность тела.

На основании анализа и установленных ограничений окончательно выбраны два показателя из разных групп:

жесткость при изгибе B ,

линейность кривой «нагрузка – растяжение/отдых» LT (как более независимый показатель по сравнению с RT).

Показатели свойств материалов из *второй группы* включены в следующие уравнения для прогнозирования давления и комфортности ($n=27$, $p=95\%$, $F_{крит}=1,91$):

$$P = 24.55 + 577.4 LT + 775.56 B (F=2.23), \quad (4.7)$$

$$CP = -0.07 + 0.12 LT + 0.31 B (F=12.43), \quad (4.8)$$

где P – давление, Па; CP – субъективный ранг степени комфортности; LT – среднее значение линейности кривой «нагрузка – растяжение/отдых» по основе и утку при нагрузке 500 сН/см, %; B – среднее значение жесткости при изгибе по основе и утку, сН·см²/см.

Важно, что мы сохранили в уравнениях для прогнозирования объема платьев (4.1-4.4) и давления под ними (4.7-4.8) те же факторы.

Ошибка прогнозирования абсолютного давления и его субъективного восприятия с помощью показателей, измеренных на приборах KES-F (4.7) и (4.8), становится существенно ниже, чем в уравнениях (4.5) и (4.6), благодаря схожести процессов деформирования при испытаниях проб и одежды в системе «фигура-платье».

Прогнозирование давления по объему платьев. В дальнейшем мы рассматривали совместно влияние на комфортность платьев показателей свойств материалов и объема платьев с использованием метода корреляционного анализа. Для этого изучили влияние на показатели комфортности показателей из двух групп: измеренных на плоских пробах и измеренных в системе "фигура-платье" (табл.4.6).

Таблица 4.6

Корреляционная матрица

Выходные факторы, относящиеся к системе «фигура-одежда»	Коэффициент корреляции для следующих входных факторов, относящихся к показателям свойств материалов и объему платьев							
	в плоском состоянии				в объемном состоянии			
	жесткость при изгибе по основе B_0	жесткость при изгибе по утку B_y	линейность кривой по основе LT_0	линейность кривой по утку LT_y	Полная KIV_{Or3-06}	Под верхней опорной поверхностью KIV_{Or3-06}	Между верхней и нижней опорными поверхностями KIV_{Or4-06}	Над нижней опорной поверхностью KIV_{Or3-06}
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Давление $P(U_1)$, Па	<u>0,37</u> (3)	<u>0,37</u> (3)	<u>0,36</u> (4)	<u>0,31</u> (5)	<u>0,3956</u> (2)	0,345	<u>0,858</u> (1)	0,78
Ранг комфортности $CP(U_2)$, баллов	<u>0,69</u> (2)	<u>0,62</u> (4)	<u>0,61</u> (5)	<u>0,49</u> (6)	<u>0,7112</u> (1)	0,411 1 (7)	<u>0,6267</u> (3)	0,9687
Объем выборки	39	39	39	39	39	9	9	3
Критический коэффициент корреляции [177]	0,236				0,5822			0,9877
Среднее арифметическое значение значимых коэффициентов корреляции и его ранг	0,53 (3)	0,485 (4)	0,485 (4)	0,4 (5)	0,5534 (2)	-	0,7424 (1)	-

По силе влияния на компрессионное давление P показатели образуют следующий ряд

$$KIV_{Or4-06} - KIV_{Or3-06} - B_0 - B_y - LT_0 - LT_y. \quad (C)$$

По силе влияния на субъективный ранг комфортности CP показатели располагаются в порядке убывания

$$KПV_{Or3-06} - B_o - KПV_{Or4-06} - B_y - LT_o - LT_y. \quad (D)$$

Наиболее сильное влияние на изменение давления (коэффициент корреляции $r = 0,858$) и вызываемое им субъективное ощущение ($r = 0,6267$) оказывает объемная конструктивная прибавка $KПV_{Or4-06}$ 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 $KПV$, 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.

Из последовательностей (С) и (D) следует исключительно важный вывод для разработки методологии прогнозирования комфортности одежды: влияние показателей свойств материалов, измеренных на пробах, усиливается в несколько раз в условиях пространственного формообразования текстильной оболочки вокруг фигуры. Это подтверждают проранжированные в порядке убывания показатели, ранги которых были рассчитаны по средним значениям коэффициентов корреляции для P и CP

$$KПV_{Or4-06} - KПV_{Or3-06} - B_o - B_y - LT_o - LT_y. \quad (E)$$

Данные табл.4.6 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, возникающее под одеждой, может быть выражено следующим образом:

$$P(CP)_{ij} = f [KПV, \lim TM], \quad (4.9)$$

где $P(CP)_{ij}$ – давление (субъективный ранг комфортности) в i -той антропометрической точке в определенной динамической j -той позе, Па (балл); $KПV$ - объемная конструктивная прибавка, см³; TM – единичный или комплексный показатель свойства текстильного материала.

Поскольку была подтверждена зависимость $KПВ$ от самых значимых показателей B и LT , то их можно исключить из уравнения (4.9), а в модель для прогнозирования давления включить только $KПВ$. Влияние объемных конструктивных прибавок – полной X_5 и локализованной между верхней и нижней опорными поверхностями X_7 – показано на рис.4.5, подтверждающим наличие прямо пропорциональных связей между показателями комфорта и значениями объемных конструктивных прибавок.

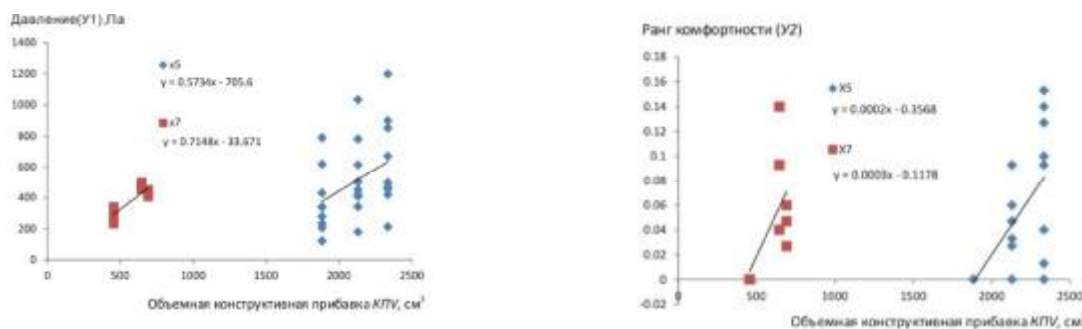


Рис.4.5. Влияние объемных конструктивных прибавок на давление, оцениваемое инструментально (давление U_1) и по субъективным ощущениям (ранг комфортности U_2)

Уравнения для прогнозирования величины давления и его субъективного восприятия в зависимости от величин объемных прибавок в женских платьях с положительными значениями конструктивных прибавок имеют вид:

$$P = 0,5734 KПВ_{Ог3-О6} - 705,6, \quad (4.10)$$

$$P = 0,7148 KПВ_{Ог4-О6} - 33,7, \quad (4.11)$$

$$CP = 0,0002 KПВ_{Ог3-О6} - 0,357, \quad (4.12)$$

$$CP = 0,0003 KПВ_{Ог4-О6} - 0,118, \quad (4.13)$$

где P – давление, Па, CP - ранг комфортности, баллов, $KПВ_{Ог3-О6}$, $KПВ_{Ог4-О6}$ - объемная конструктивная прибавка соответственно полная и расположенная между верхней и нижней опорными поверхностями, $см^3$.

Совместное решение уравнений (4-10)...(4-13) создает основу для единого механизма прогнозирования объема формы платьев и давления, оказываемого ими, учитывающего конструктивные параметры 2D чертежей и показатели свойств материалов.

Прогнозирование давления по адаптированным показателям растяжимости [178]. Уравнение для прогнозирования давления (4.7) включает показатель LT , измеренный под нагрузкой 500 сН/см. Такие

нагрузки не всегда характерны для бытовой одежды свободной формы. Для плотнооблегающей или антропоморфной форм женских платьев из трикотажных и стретчевых материалов растяжимость последних будет определяющим фактором в возникновении давления по сравнению с жесткостью. Поэтому мы предлагаем использовать для таких платьев показатели, измеренные при малых нагрузках на приборе KES-FB-1 и названные нами адаптированными. Предложенный нами **алгоритм** выбора адаптированных показателей и их использования для описания реальных процессов в одежде включает следующие шаги (возможно изменение последовательности шагов и их содержания в зависимости от объема имеющейся информации):

1) экспериментальное исследование систем «фигура-одежда» для установления следующих параметров: условий деформирования текстильной оболочки (например, направления действия и величин усилий, величин растяжения материала L , углов перекоса между основой и утком и др.); компрессионного давления P , оказываемого текстильной оболочкой на мягкие ткани тела при их плотном контакте; эффекта смещения мягких тканей под влиянием оболочки (*push-up*). Плотный контакт и растяжение материала оболочки являются результатом действия следующих факторов:

в одежде свободной формы – невозможность перемещения одежды по поверхности фигуры и возрастание компрессионное давление под одеждой;

в малообъемной одежде – отрицательные конструктивные прибавки к размерным признакам фигуры;

2) экспериментальные исследования текстильных материалов на приборе KES-FB-1 и нахождение по диаграммам «усилие-растяжение» величин усилий F , необходимых для растяжения текстильных материалов в реальных системах «фигура-одежда» L ;

3) разработка математических моделей для прогнозирования компрессионного давления текстильных оболочек на мягкие ткани тела или эффектов коррекции мягких тканей в виде

$$P = f(F, L), \quad \Delta K = f(F, L), \quad (4.13)$$

где P , ΔK – соответственно компрессионное давление текстильной оболочки или эффект коррекции мягких тканей тела в виде их целенаправленного смещения, измеренные в системе «фигура-одежда», Па

или см; F , L – соответственно усилие растяжения и удлинение текстильного материала, измеренные на приборе KES-FB-1, сН/см или %.

В качестве объектов исследований были взяты женские платья, изготовленные из разных материалов (табл.4.1) и имеющие положительные величины конструктивных прибавок к обхватам груди (1,8...9,8 см), талии (1,8... 5,8 см) и бедер (2,3...10,3 см). Для платьев были использованы те же ткани ($M1$, $M2$) и трикотажное полотно ($M3$).

На *первом этапе* материалы исследовали на приборе KES-FB-1 для определения их базовых стандартизированных и адаптированных показателей:

1) относящиеся к растяжению пробы:

LT - линейность кривой «усилие-растяжение», равная отношению площади под кривой к общей площади прямоугольного треугольника со сторонами, равными наибольшей нагрузке и наибольшему удлинению;

WT - энергия (работа) растяжения, равная площади диаграммы под кривой растяжения, сН·см/см²;

EMT – *относительная* деформация удлинения под нагрузкой 500 сН, %;

F - усилие, необходимое для относительного удлинения пробы на 0,3...10 %. Величина относительного удлинения равнозначна отрицательным конструктивным прибавкам;

2) относящиеся к релаксации растянутой пробы:

RT - доля упругой деформации, равная отношению площади диаграммы под кривой релаксации к работе растяжения, %.

Адаптированный под условия реального деформирования в одежде показатель – усилие растяжения, необходимое для удлинения проб на малую величину – вычисляли по диаграммам «усилие - растяжение».

Для сравнения особенностей растяжения, выбора интервалов удлинения и необходимых для этого усилий были совмещены начальные участки кривых растяжения всех материалов. Значения базовых стандартизированных и дополнительных адаптированных показателей приведены в табл.4.7.

Из табл.4.7 видно, что удлинение EMT имеет значение 1,782...30,743 %. Полученные общие интервалы по основе (0,3...1,5 %) и утку (2...10 %) были разбиты на пять участков и на каждом участке определено усилие растяжения (см. рис.4.6).

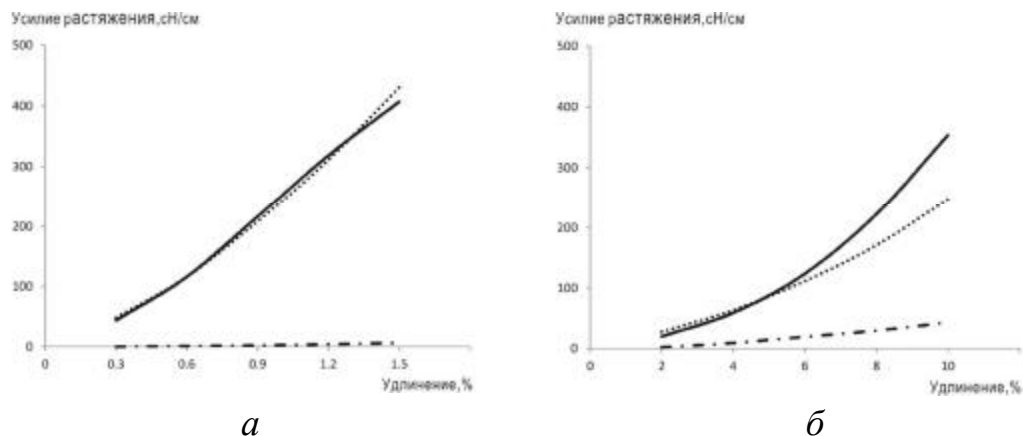


Рис.4.6. Совмещенные начальные участки кривых «усилие растяжения - удлинение» по основе (а) и утку (б) для исследованных материалов. Условные обозначения материалов: сплошная линия – M1, пунктирная линия – M2, штрих-пунктирная - M3

Таблица 4.7

Показатели материалов для платьев, измеренные на приборе KES-FB-1

№	Показатель	Основа или вдоль полотна (o)/уток или поперек полотна (y)	Среднее значение показателя для материалов			Cv
			M1	M2	M3	
1	2	3	4	5	6	7
1. Базовые стандартизированные показатели (из табл.4.1)						
1	LT	o	0,823	0,82	0,611	0,28
2		y	0,674	0,714	0,567	0,23
3	WT	o	3,7	3,49	24,663	2
4		y	20,3	25,85	43,525	0,78
5	RT	o	57,782	60,3	45,55	0,27
6		y	21,088	22,976	43,858	0,78
7	EMT	o	1,782	1,704	16,148	2,21
8		y	12,062	14,464	30,743	0,98
2. Адаптированные показатели						
Усилие растяжения, F(L), сН/см, необходимое для относительного удлинения пробы на величину L						
9	F(0,3)	o	43,5	48,3	0	1,58
10		y	0	2,4	0	1
11	F(0,6)	o	116,2	116,2	1,2	1,48
12		y	2,1	6,5	0	2,26
11	F(0,9)	o	216,8	208,6	2,2	1,24
13		y	4,6	10,8	0	2,11
12	F(1,2)	o	318,5	311,3	4,2	1,49
14		y	8,8	13,5	0,8	1,65
14	F(1,5)	o	407,1	430,7	6,3	2,52
15		y	12,4	19,2	1,3	1,63
16	F(2)	y	19,8	27,2	2	1,54

Окончание таблицы						
17	$F(4)$	y	58,8	63,3	9	43,7
18	$F(6)$	y	123,6	111,3	19,2	1,23
19	$F(8)$	y	222,3	170,8	29,5	1,37
20	$F(10)$	y	353,7	247,7	43	1,45

Из табл.4.7 видно, что коэффициенты вариации для адаптированных показателей составляют 1...43,7; это значительно выше, чем для базовых стандартизированных показателей 0,23...2,2 и свидетельствует о большей изменчивости первых.

На *втором этапе* было измерено давление под платьями в 13 антропометрических точках фигуры во время выполнения разных движений, сопровождавшихся растяжением материалов и появлением компрессионного давления под ними [170]. Интервал значений давления составил 0,12...1,2 кПа. На рис.4.7 показаны экспериментальные зависимости, отражающие влияние состояния материалов - приложенной нагрузки и удлинения - на компрессионное давление под ними.

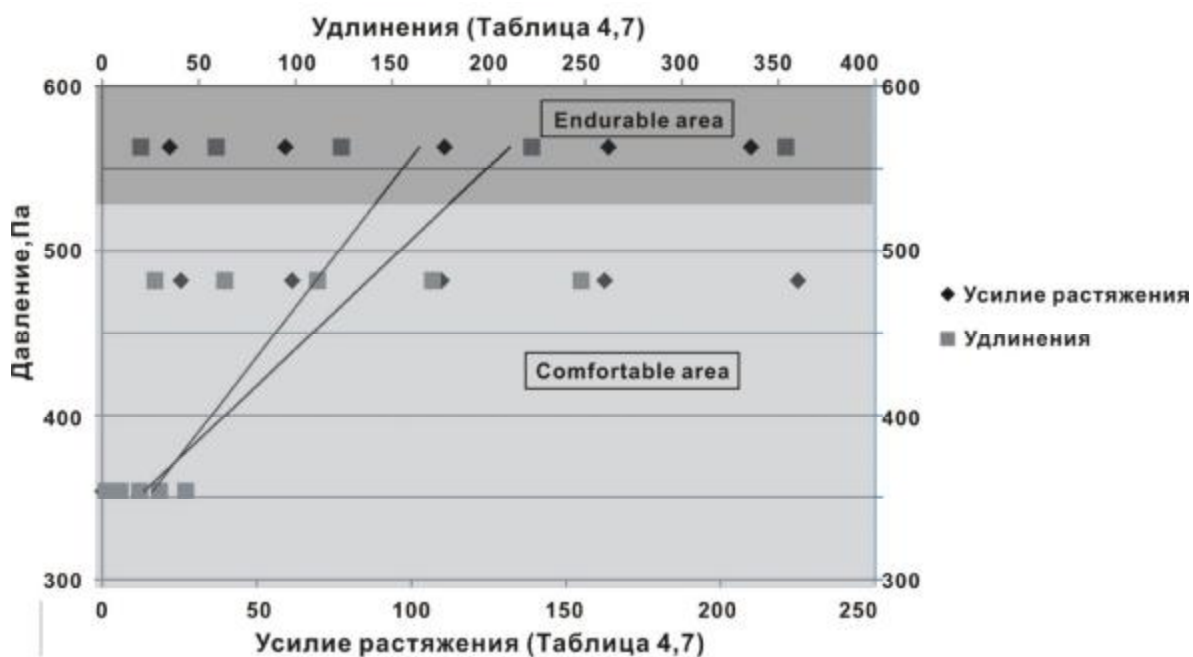


Рис.4.7. Влияние удлинения (отрицательной конструктивной прибавки) и усилия, необходимого для его достижения, на компрессионное давление под одеждой

На *третьем этапе* был проведен корреляционный анализ между показателями свойств материалов из табл.4.1 и компрессионным давлением, измеренным под платьями из этих же материалов. Коэффициенты корреляции приведены в табл.4.8.

Видно, что тесные связи компрессионного давления существует со следующими показателями, которые образуют следующий ряд в порядке убывания силы связей:

$$[F(10)_y - F(8)_y - WT_y - EMT_y - F(6)_y] - [F(0,9)_o - F(1,2)_o - LT_o - F(0,6)_o (F - EMT_o - WT_o)].$$

Самые тесные связи существуют с адаптированными показателями, измеренными при растяжении по утку на 6...10 %. Меньшие значения усилий растяжения оказывают не столь выраженное влияние на компрессионное давление. С увеличением усилия, прикладываемого для растяжения материала в одежде, ее давление на мягкие ткани тела пропорционально возрастает.

Таблица 4.8

Коэффициенты парной корреляции между показателями растяжения материалов и компрессионным давлением платьев на мягкие ткани

Группа показателей	Показатель	Коэффициенты парной корреляции	
		основа (вдоль полотна)	уток (поперек полотна)
Базовые	<i>LT</i>	0,9198	0,7763
	<i>WT</i>	-0,9113	-0,983
	<i>EMT</i>	-0,913	-0,9561
	<i>RT</i>	0,8387	-0,9424
Адаптированные	<i>F(0,3)</i>	0,8747	0
	<i>F(0,6)</i>	0,9149	0,4169
	<i>F(0,9)</i>	0,928	0,5194
	<i>F(1,2)</i>	0,9228	0,7036
	<i>F(1,5)</i>	0,8938	0,6957
	<i>F(2)</i>	-	0,7574
	<i>F(4)</i>	-	0,8822
	<i>F(6)</i>	-	0,953
	<i>F(8)</i>	-	0,988
	<i>F(10)</i>	-	0,9973

Примечание: критическое значение коэффициента корреляции составляет 0,8054 для доверительной вероятности 95 % и $n=3$.

Базовые показатели *EMT*, измеренные под нагрузкой 500 сН/см, и *LT* не имеют таких тесных связей с компрессионным давлением, как адаптированные.

Таким образом, корреляционный анализ подтвердил целесообразность использования не стандартизированных показателей KES-F, а их адаптированных к реальным условиям эксплуатации аналогов, измеренных при малых нагрузках. Прямая зависимость между

удлинением материала и возникающем в нем напряжении, с одной стороны, и компрессионным давлением под ним, с другой стороны, позволяет целенаправленно управлять комфортностью на этапах проектирования при выборе отрицательных конструктивных прибавок.

Модель с наивысшей адекватностью для прогнозирования компрессионного давления платьев на фигуру имеет вид

$$P = 0,8 F(10)_y + 330, (F=12,4), \quad (4.14)$$

где P – компрессионное давление под напряженной текстильной оболочкой, Па; $F(10)_y$ – усилие, необходимое для растяжения текстильного материала по утку (поперек полотна) на 10 %, сН/см.

По сравнению с уравнением (4.7) выражение (4.14) обладает большей адекватностью.

Таким образом, показана эффективность применения нового показателя для выбранных форм платьев и использованных материалов – усилия растяжения материалов, равного $214,7 \pm 91$ сН/см и необходимого для их удлинения на 6...10 % – для прогнозирования компрессионного давления платьев на мягкие ткани тела.

Выводы по главе 4

1. Показана и доказана целесообразность использования комплекса KES-F для измерения показателей свойств текстильных материалов, которые можно использовать в целях прогнозирования объема формы платьев и возникающего под ними компрессионного давления на мягкие ткани. Подтвержден единый механизм для двух процессов - формообразования платьев вокруг фигуры и создаваемого им давления, инициируемый одними и теми же показателями свойств текстильных материалов при их растяжении и изгибе.

2. Подтверждено существование устойчивых зависимостей между показателями свойств текстильных материалов, измеренными на комплексе KES-F и возникающим под оболочками в системе «фигура-одежда» компрессионном давлении.

3. Получены две группы математических уравнений для прогнозирования компрессионного давления платьев на мягкие ткани тела в зависимости от объема платья и показателей свойств текстильных

материалов: измеренных при стандартизированных условиях под нагрузкой 500 сН/см и при действии малых по величине растягивающих усилий, достаточных для растяжения материалов на 6...10 %. Для женских платьев с положительными значениями основных конструктивных прибавок к обхватам по линиям груди, талии и бедер разработаны универсальные модели для прогнозирования физического давления и его субъективного восприятия на основе объемных конструктивных прибавок, величина которых зависит от показателей растяжимости и чистого изгиба. Для женских платьев с малообъемной или антропоморфной формами разработаны модели для прогнозирования давления и его субъективного восприятия на основе адаптированного показателя - усилия растяжения материала на малую величину. Установлено, что условиями для наиболее точного прогнозирования компрессионного давления в этом случае являются следующие условия испытания - усилие растяжения $214,7 \pm 91$ сН/см и относительное удлинение 6-10 %.

ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЖЕНСКАЯ ФИГУРА - ПЛАТЬЕ» С ЭЛЕМЕНТАМИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОМФОРТНОСТИ

Данная глава посвящена разработке архитектуры системы виртуального проектирования систем «женская фигура - платье» с использованием результатов исследований, изложенных в предыдущих главах.

Основные результаты, содержащиеся в этой главе, отражены в пяти публикациях [179,180-183].

5.1. Основные элементы разрабатываемой архитектуры САПР [179]

Результатом новой гуманистической САПР является виртуальная внешняя симуляция одежды на фигуре и протекающих в ней внутренних процессов, отличительными признаками которой являются:

- прогнозирование ощущений потребителя в одежде, в частности компрессионного давления, и испытываемого им ощущений комфорта или дискомфорта;

- возможность адаптации виртуальных систем под морфологические особенности фигур, в частности, динамические позы и целенаправленное регулирование уровня комфортности за счет изменения конструктивных параметров чертежей и выбора материалов с определенными показателями свойств.

Новые модули, реализующие перечисленные функции, базируются на созданных нами базах данных. Гуманистическое проектирование базируется на более глубоких знаниях о формировании системы «фигура-одежда» и возникновении компрессионного давления в ней под влиянием конструктивных параметров 2D чертежей, показателей свойств текстильных материалов и субъективном их восприятии на сенсорном уровне.

Для реализации нового алгоритма нами сформированы базы данных, включающие:

- 1) комплекс показателей свойств текстильных материалов, измеренных в плоском (на пробах) и объемном статическом и динамическом состояниях (в одежде) (глава 4);

- 2) закономерности возникновения давления под платьями разного

конструктивного устройства, отличающиеся объемно-силуэтной формой (глава 3);

3) ранжированные субъективные ощущения и значения допустимых значений давления, воспринимаемых потребителями как допустимые или недопустимые (глава 3). Такие базы данных позволили реализовать логичный алгоритм виртуальной симуляции комфорта в системе «фигура-платье», что расширило возможности и повысило реалистичность виртуальных примерок.

5.2. Алгоритм виртуальной симуляции [180-182]

Алгоритм включает следующие этапы, основанные на использовании компонентов созданных баз данных и программных продуктов:

- *генерирование исходной информации о системе «фигура-платье»:*

1) разработка аватаров женских фигур в разных динамических позах в программе MAYA,

2) выбор текстильного материала,

3) измерение базовых и адаптированных показателей свойств материала в плоском состоянии на измерительном комплексе KES-F,

4) выбор конструктивных параметров для построения чертежа и получения желаемой формы платья,

5) измерение объемных конструктивных прибавок,

- *генерирование информации о давлении в системе «фигура-платье»:*

6) измерение показателей напряженного состояния текстильного материала (усилие, растяжение) и давления в выбранных антропометрических точках и разных статических и динамических позах с параллельной оценкой субъективных ощущений,

7) разработка цветных шкал, согласовывающих значения давления и его субъективного восприятия,

- *компьютерная симуляция комфортного состояния:*

8) расчет компрессионного давления;

9) компьютерное моделирование систем «фигура-платье» в статике;

10) компьютерное моделирование систем «фигура-платье» в динамике;

11) выделение на поверхности платья зон с примерно одинаковым механизмом возникновения давления под действием одежды,

12) идентификация границ зон на поверхности платья в статике и

динамике в программе “Marvellous Designer”;

-корректировка чертежей и использование других текстильных материалов для достижения более комфортного состояния виртуальной системы.

Структура интерфейса для введения данных, обеспечивающих достижение гуманистической составляющей в результатах виртуального проектирования, показана на рис.5.1. Ниже приведены иллюстрации и пояснения к некоторым этапам алгоритма.

a

б

в

Рис.5.1. Структура интерфейса для задания исходных данных и получения результатов виртуального проектирования с гуманистическими и реалистичными эффектами: *a* - конструктивные параметры в виде прибавок (ease allowance indexes), талиевых выточек (darts design), длина рукава (sleeves), *б* - показатели свойств материалов, *в* - объемные конструктивные прибавки (volumetric ease)

На рис.5.2, *а* показаны примеры трансформации реальной фигуры в виртуальный динамический аватар и виртуальных систем «фигура-платье».

На основе виртуальных динамических манекенов с помощью программы 3DCLO моделируют системы «фигура-платье». Используя ранее полученные результаты (величины объемных конструктивных прибавок, показатели свойств материалов, зависимости между давлением в разных точках, с одной стороны, и конструктивными параметрами) и показателями свойств материалов, с другой стороны, и выбирая такую же или близкую динамическую позу, моделируют картину распределения давления. Зонами с примерно одинаковым механизмом восприятия давления являются: вокруг линии сочленения руки с туловищем, по линии обхвата бицепса, вокруг обхвата груди, вокруг обхвата талии. На рис.5.2, *б* показан конечный результат алгоритма симуляции в виде схемы зон разной степени комфортности, возникающих под действием давления.

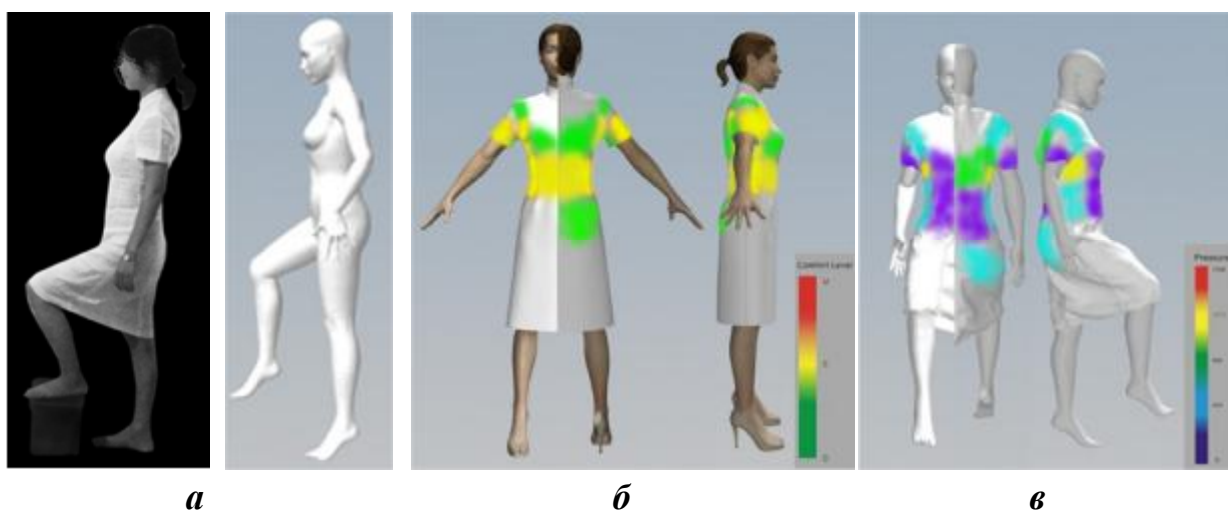


Рис.5.2. Примеры реальной фигуры и ее виртуального аналога в динамической позе (*а*), виртуальной системы «фигура-платье» и схем симуляции субъективного восприятия давления (*б*) и схема фактического распределения давления (*в*)

Результаты, отображаемые в HFCAD: влияние конструктивных прибавок. При виртуальной примерке оба показателя, относящиеся к давлению – физическая величина и его субъективная интерпретация в каждой выбранной антропометрической точке - отображаются на дисплее, чтобы оценить максимальное давление, которое можно приложить к этой точке. Для этого реализован новый подход к отображению результирующего давления, основанный на двух взаимно согласованных шкалах, показанных на рис.5.3.

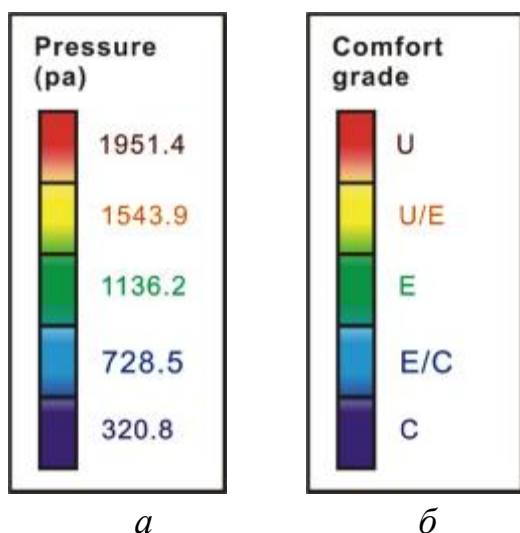


Рис.5.3. Примеры согласованных шкал компрессионного давления под одеждой «Давление Па (Pressure, Pa)» (а) и его субъективным восприятием потребителем “Уровень комфорта (Comfort grade)” (б)

Разработанные шкалы предназначены для идентификации давления и его восприятия на разных визуальных образах:

- на поверхности виртуальной системы,
- на ее горизонтальных сечениях.

Пример такой идентификации на горизонтальных сечениях системы «фигура – одежда» на уровнях груди (bust), талии (waist), обхвата плеча (arm) показан на рис.5.4.

В качестве примера приведены сечения на разных антропометрических уровнях для вариантов платьев с разными прибавками и объемами (в порядке увеличения объема сечения расположены слева направо). Такие сечения отображают топографию и группировку зон с одинаковым восприятием давления. Они идентифицированы разным цветом согласно разработанной цветовой шкале на рис.5.4.

Как видно из рис.5.4, а, реализованный алгоритм позволяет достаточно четко отобразить влияние конструктивных прибавок на топографию распределения фактического давления вокруг участков фигуры. Например, на горизонтальных сечениях по линии груди видно, что при малых значениях прибавки $P_{Cг3}$ (первые два сечения) высокое компрессионное давление существует по всему периметру обхвата, а с увеличением прибавки его значение уменьшается неравномерно и локализуется в разных зонах.

Если использовать только такую схему отображения фактического давления, то можно сделать ошибочные выводы о комфортности виртуальной системы. Параллельное использование шкалы субъективного восприятия давления (рис.5.4, б) позволяет дифференцировать зоны с

разной степенью комфортности. Например, для самого малообъемного платья потребитель испытывает комфорт в области подмышечных впадин, а зоны дискомфорта расположены спереди и на спине. Очевидны различия между чисто механическим отображением давления и его субъективным восприятием. Использование единой цветовой гаммы для обеих шкал позволяет увидеть явные различия между ними.

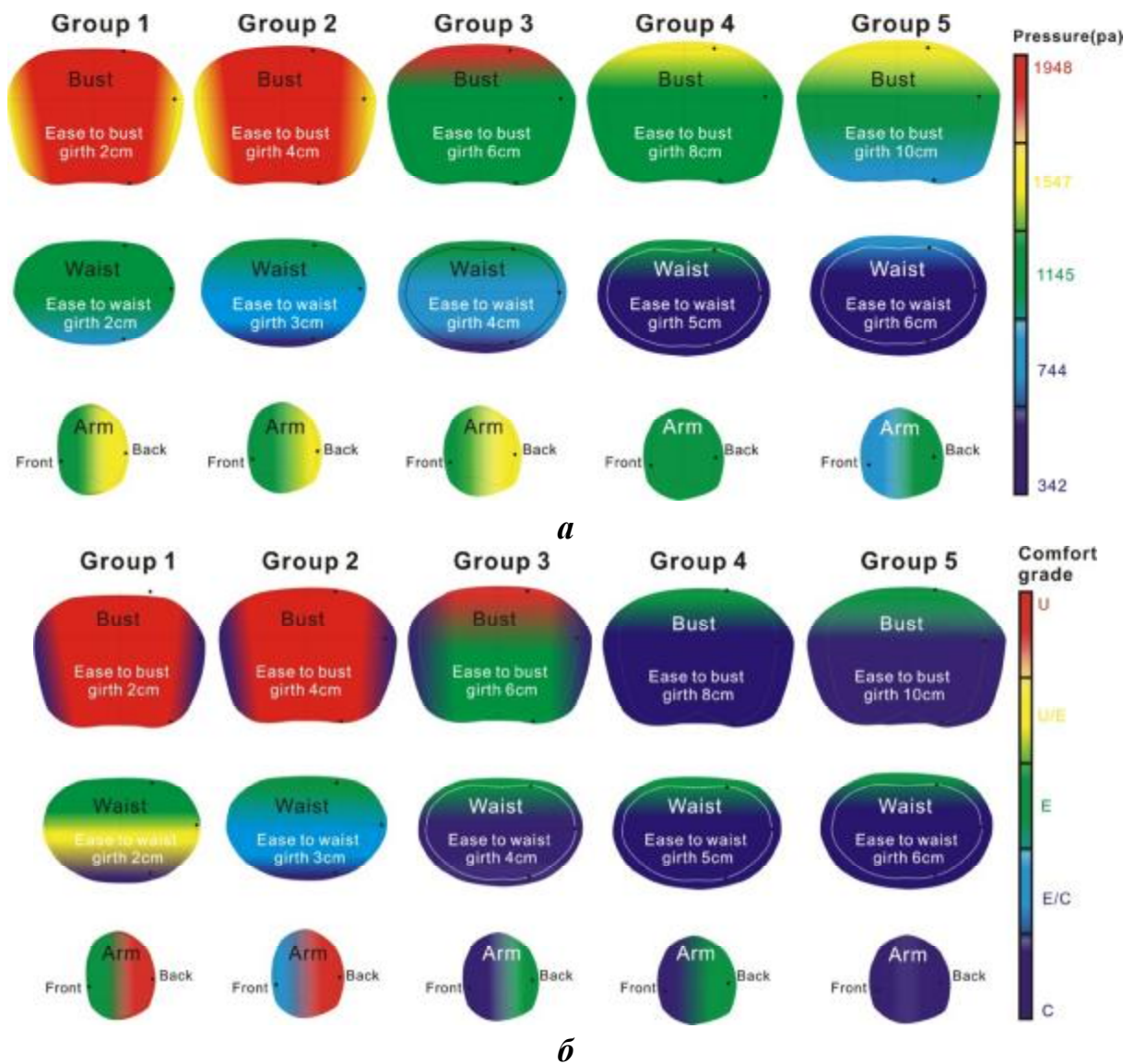


Рис.5.4. Примеры отображения распределения компрессионного давления (а) и его субъективного восприятия (б) внутри горизонтальных сечений систем «фигура-платье» с разным сочетанием конструктивных прибавок на уровнях обхватов груди, талии и плеча (прибавки указаны непосредственно внутри сечений), см: Group 1 - $P_{Cr3} = 2$, $P_{CrT} = 2$, Group 2 - $P_{Cr3} = 4$, $P_{CrT} = 3$, Group 3 - $P_{Cr3} = 6$, $P_{CrT} = 4$, Group 4 - $P_{Cr3} = 8$, $P_{CrT} = 5$, Group 5 - $P_{Cr3} = 10$, $P_{CrT} = 6$

Алгоритм позволяет отобразить компрессионное давление в виртуальной системе "фигура-одежда" и его восприятие на видах спереди, сзади и сбоку, как показано на рис.5.5.

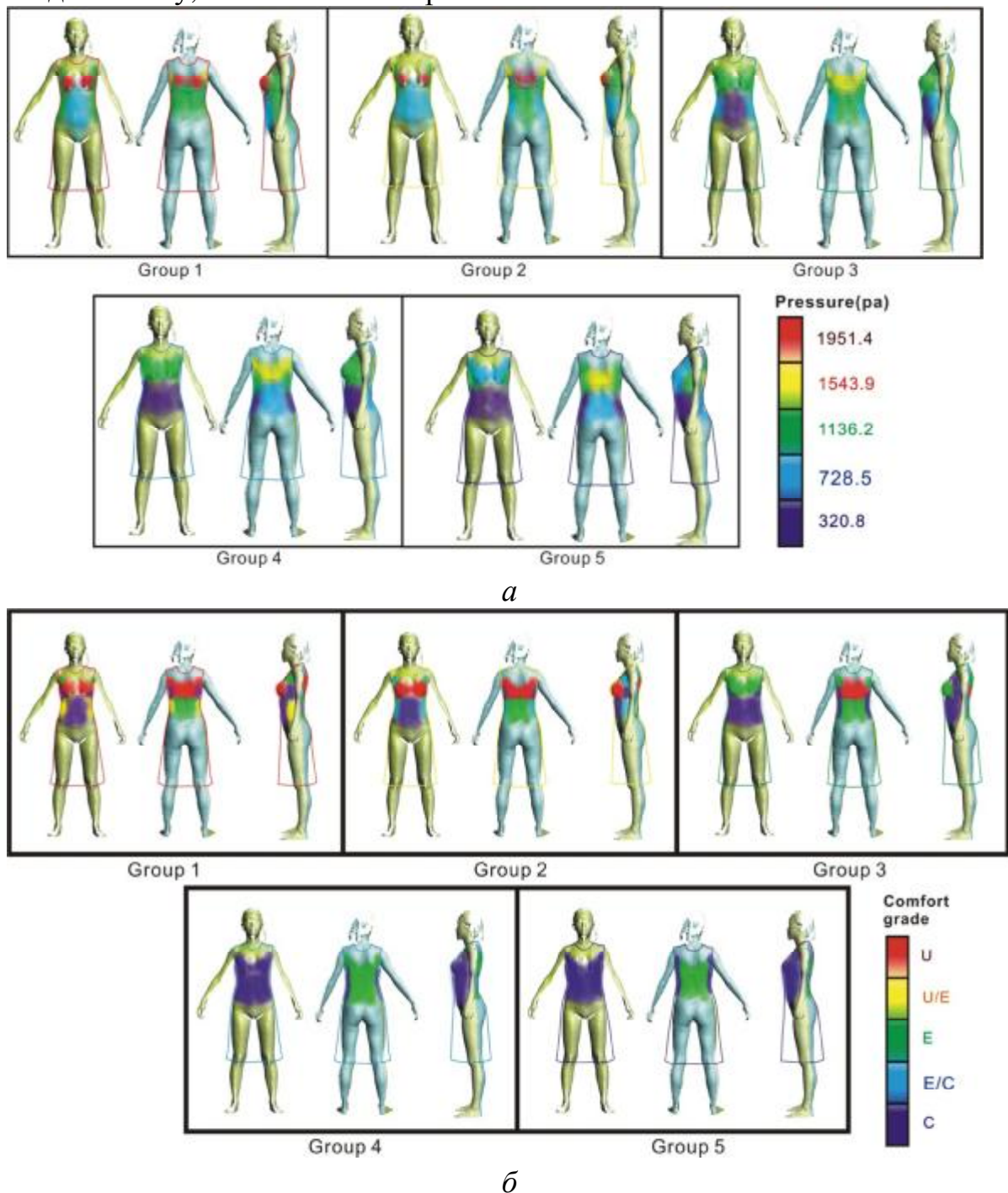


Рис.5.5. Примеры распределения компрессионного давления (*a*) и его субъективного восприятия (*б*) на поверхности систем «фигура-платье» с разным сочетанием конструктивных прибавок на уровнях обхватов груди и талии, см: Group 1 – $P_{Cr3} = 2$, $P_{CrT} = 2$, Group 2 - $P_{Cr3} = 4$, $P_{CrT} = 3$, Group 3 - $P_{Cr3} = 6$, $P_{CrT} = 4$, Group 4 - $P_{Cr3} = 8$, $P_{CrT} = 5$, Group 5 - $P_{Cr3} = 10$, $P_{CrT} = 6$

Такой способ презентации позволяет увидеть границы зон с одинаковым давлением и его восприятием.

Результаты, отображаемые в HF CAD: влияние структуры платьев. Варианты отображения влияния структуры платьев, в частности наличия рукавов с разной длиной, показаны в приложении 6. Удлинение рукава шаг за шагом сопровождается иллюстрацией его влияния.

Результаты, отображаемые в HF CAD: влияние текстильных материалов. Как было отмечено выше, существующие 3D системы виртуальной примерки способны отобразить некую топографическую карту распределения давления на поверхности одежды. Чтобы понять различия между существующими и разработанной системой, в приложении 7 приведены примеры симуляции компрессионного давления, полученные с применением программы *Marvelous Designer* для ткани *M1* и различных динамических поз аватара, имеющим размерные признаки типовой фигуры. Видно, что результат симуляции неудовлетворительный, что становится особенным очевидно после сравнения с реальными ситуациями. Например, для позы 3(приложение 7), прогнозируемое давление для верхней части торса намного меньше, чем в реальной ситуации, воспроизведенной нами, особенно для боковой и задней поверхностей на уровне обхвата груди. Такая нереальная ситуация генерируется комплексом важных факторов, включающих нереальность аватара, ошибками преобразования 2D параметров чертежей в параметры 3D формы, неучтенным влиянием некоторых показателей свойств текстильных материалов, ошибками в формировании оболочек из материалов и др. Этот пример, выполненный нами для проверки, показывает направления совершенствования таких систем.

Результаты симуляции реалистично задаваемого и реалистично воспринимаемого компрессионного давления, полученные с использованием всех созданных баз данных, приведены в приложении 8. Очевидна реалистичность всех виртуальных систем.

Таким образом, результаты, полученные в диссертационной работе, позволили разработать работающий алгоритм виртуальной симуляции систем «фигура-платье» с воспроизведением значений компрессионного давления и его субъективного восприятия.

Выводы по главе 5

1. Разработана структура баз данных и архитектура алгоритма для автоматизированного проектирования одежды с виртуальной симуляцией систем «фигура-платье» и возникающего в них компрессионного давления под влиянием конструктивных параметров чертежей, показателей свойств материалов и структурного решения платьев.

2. Разработаны взаимосогласованные шкалы для отображения в виртуальных системах объективных показателей компрессионного давления и его субъективного восприятия потребителем.

3. Разработаны интерфейсы для отображения на виртуальных системах содержания баз данных, относящихся к чертежам конструкций в части структуры платьев, конструктивных прибавок и параметров талиевых выточек и показателям свойств текстильных материалов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании анализа существующих баз данных, алгоритмов и интерфейсов, относящихся к традиционным и компьютеризированным методам проектирования одежды, установлено, что перечень исходных данных не включает показатели комфортности проектируемой одежды, а сочетания конструктивных параметров и показателей свойств текстильных материалов ориентированы исключительно на получение ограниченного количества объемно-пространственных форм.

2. Определены критериальные значения давления, возникающего под воздействием платьев различного конструктивного и структурного устройства, и установлены зоны его распределения на поверхности женской фигуры в виде интервалов физических значений и рангов субъективных ощущений.

3. Впервые установлены закономерности возникновения и распределения давления в системе «фигура-платье» под влиянием различных динамических поз, значений конструктивных прибавок и их распределением между участками фигуры, параметров талиевых выточек, длины рукава, объемной формы женских платьев.

4. Впервые обоснован единый механизм, описывающий пространственное формообразование платьев, возникновения давления под ними на основных участках торса женской фигуры, с использованием информации, полученной на инструментальном комплексе Kawabata Evaluation System и базирующийся на применении единой номенклатуры показателей растяжения и жесткости текстильных материалов.

5. Предложены и обоснованы новые комплексные показатели – объемная конструктивная прибавка и положение плоскости проймы, синтезирующие единичные показатели, относящиеся к чертежам конструкций, размерным признакам фигур и показателям свойств текстильных материалов. Эти показатели необходимы для проектирования реалистичной одежды и прогнозирования комфортности сочетаний конструктивных прибавок.

6. Разработан метод проектирования чертежей конструкций женских платьев, включающий системы математических уравнений для прогнозирования объемно-пространственной формы и вызываемого ею давлением в системе «фигура-одежда».

7. Разработан алгоритм симуляции давления в системе «фигура-

платье», который может быть реализован при виртуальных примерках и прогнозирования комфортности женских платьев в статических и динамических условиях.

8. Результаты работы рекомендуется использовать для совершенствования традиционных и автоматизированных систем конструирования одежды, разработки программных модулей для САПР с элементами гуманизации результатов проектирования, в учебном процессе высших учебных заведений Российской Федерации и Китайской Народной Республики при обучении бакалавров и магистров по направлению подготовки «Конструирование изделий легкой промышленности».

Библиографический список

1. Broun, P.J. Consumer choices clothing ideas for people with special need / P.J. Broun // Iowa State University Extension, 2003, 196 p.
2. Connel, L.J. Body scan analysis for fit models based on body shape and posture analysis /L.J.Connel, P. Ulrich, A. Knox, et al. // National Textile Center Research Briefs-Management Systems Competency, 2004, 84 p.
3. Kohn, I.L. Using video capture and image analysis to quantify apparel fit / Kohn I.L., Ashdown P.S. //Textile Research Journal, 68 (1998), pp. 17-26.
4. Schofield, N.A. Improving ant fit for woman 55 and older through an exploration of two pant shapes / SchofieldN.A., Ashdown S.P., Hethorn J.,LaBat K., Salusso C.J.// Clothing and Textiles Research Journal, 24 (2006), pp. 147-160.
5. ShenL. Bodice pattern development using somatographic and physical data / L. Shen, Janice H. //International Journal of Clothing Science and Technology, 1993, Vol. 5, pp. 6-11.
6. Myers-Mcdevitt, P.J. Complete Guide to Size Specification and Technical Design. / P.J. Myers-Mcdevitt. Fairchild Publications, Inc., New York, 2004, 224 p.
7. Reich, N. Clothing and Dressing Needs of people with arthritis / N. Reich, P. Otten// Clothing and Textile Research Journal, 1991, Vol. 9, No.4, pp. 34-40.
8. Liu, Y. Brand women's dress structure design principle and pattern making /Y. Liu, Liu H. Yu, Q. Liu // Chinese Textile Publication, Beijin, China, 2006,148 p.
9. Sungmin, K. Basic garment pattern generation using geometric modelling method /K. Sungmin, K.P. Chang// International Journal of Clothing Science and Technology,2007,Vol. 19, pp. 7-17.
10. Jin,W.Customer participating 3D garment design for mass personalization/W. Jin, L. Guodong// Textile Research Journal,2011, January, pp.187-204.
11. Li, Y. Development of the methodology of the recognition of the models of the female heated jackets /Y. Li, V.E. Kuzmichev// Young scientists - to development of textile and light industry (ПООИСК 2004): graduate students and students, Ivanovo, Vol.2004, pp.202-204.
12. Li, Y.Garment Industry oriented clothes shape classifying by cluster / Y.Lie, V. Kuzmichev, etal. // 2010 2nd International conference on industrial mechatronics and automation(ICIMA), 2010, pp. 472-475

13. Shishoo, R.L. Importance of Mechanical and Physical Properties of Fabrics in the Clothing Manufacturing Process /R.L.Shishoo// International Journal of Clothing Science and Technology, 1995, Vol. 7, No. 2/3, pp. 35-42.
14. Muralidhara, J.S. Fabric Properties & Garment Handle / J.S. Muralidhara, K.B.Ravindra// The Indian Textile Journal, 1996, pp. 46-47.
15. Yamakawa, M. Method for Predicting the Shape of Flared Skirts from Paper Patterns and Mechanical Characteristics of Fabrics using Multiple Regression Analysis /M. Yamakawa, T. Akiyama // Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 1996, Vol. 49, No. 9, pp. 69-75.
16. Au, C.K. Effect of Fabric Properties on Cloth Draping Modeling /K.C.Au, Z. Wu, F.M.Yuen// IEEE, 2000, pp. 69-76.
17. Krzywinski, S. Links between Design, Pattern Development and Fabric Behavior for Clothing and Technical Textiles / S. Krzywinski, H. Rode, A. Schenk // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 2001, Vol. 1, No. 4, pp.1-8.
18. Takaya, K. Analysis of Clothing Pressure on the human body / K. Takaya, O. Shuya, S. Masami // 2011 SIMULIA Customer Conference, pp. 1-15
19. Denton, M. J. Fit, stretch and comfort /M. J. Denton // Textiles, 1972; 3, pp 12-17
20. Zhang, X. Modern Dermatology Foundation./X. Zhang, etc. // People's Health publishing, 2001: 302 p.
21. Pratt, J. Pressure garments: a manual on their design and fabrication /J. Pratt,G. West // Bath, UK: Bath Press, 1995.
22. Ikuta, N. Hygienic studies of foundation garments effects on subjective observations clothing climate and clothing observation /N. Ikuta// Japanese Journal of Hygiene, 1970, 25(4), 344-349.
23. Makabe, H. A study of clothing pressure by the girdle /H. Makabe, H. Momana, K. Ueda// Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses, 1991, 32: 416-423.
24. Miyuki, N. Influence of pressure and comfortable feeling in front and back shank /N. Miyuki, etc// Fiber product consumption Science, 1999, vol. 40: 49-55
25. Tae, J. K. Development of a tool to evaluate the comfort of a baseball cap from objective pressure measurement: (1) holding power and pressure distribution /J.K.Tae, P.H.Chung, etc. // Textile Research Journal, 2007 (7): pp. 653-660.

26. Liu, H. A study of the relationship between clothing pressure and garment bust strain, and Young's modulus of fabric, based on a finite element model /H. Liu, D. Chen, etc.// Textile Research Journal, 2012(2): 1307-1319
27. Li, D. Progress in the research on pressure comfort of garment /D. Li, T. Xia, J. LI, // China Textile Leader, 2007(11), pp.98-100
28. Dan, R. Advances and research on distribution and prediction of clothing pressure /R. DAN, D. CHEN, etc. // Journal of Textile Research, 2010 (4): P 140
29. Kirk W, Fundamental relationship of extensibility to anthropometric requirements and garment performance /W. Kirk, M.S.IBRAHIM // Textile Research Journal, 1996, 57: P 37-47
30. Zhang, W. Apparel somatology./W. Zhang, F. Fang // Dong Hua University Pub., 2008, P183, 71, 66
31. Jin, Z. Analysis of the Traditional Chinese medicine /Z. Jin // Traditional Chinese medicine Press, 2007: pp. 168-169
32. Shen, X. Meridians and Acupoints /X. Shen// Traditional Chinese medicine Press, 2002: 10-11
33. Wu, Y.Y. An investigation on the validity of 3D clothing simulation for garment fit evaluation/Y.Y. Wu, P.Y.Mok, et, al. // Proceedings of the IMProVe 2011, International conference on Innovative methods in Product Design, June 15th-17th, 2011, Venice, Italy, pp.463-468.
34. Кузьмичев, В.Е. Бодисканеры и одежда: новые технологии проектирования одежды: монография / В.Е. Кузьмичев //LAMBERTAcademicPublishing, 2012.
35. Yan, Y. An investigation on the reliability of 3D clothing simulation for garment fit evaluation /Y.Yan, C. Wai// A Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of bachelor of arts (Honors) in Fashion & Textiles, The Hong KONG Polytechnic University.
36. Lee, S.E. Mass-customization, methodology for an apparel industry with a future /S.E. Lee, C. Chen, et al. // Journal of Industrial Technology, Vol. 16, No. 1
37. Fan, J. Clothing appearance and fit, Science and Technology/J. Fan, W. Yu, L. Hunter //Woodhead Publishing Limited and The Textile Institute, 2004
38. Meng, Y. Interactive virtual try-on clothing design systems /Y. Meng, P.Y.Mok, X. Jin// Computer-Aided-Design, Vol. 42(2010), No.1, pp. 310-321
39. Stylios, G.K. Modeling the dynamic drape of garments on synthetic humans in a virtual fashion show /G.K.Stylios, T.R.Wan, N.J.Powell//

International journal of clothing science the technology, Vol. 8(1996), No. 3, pp. 95-112

40. Breen, D. A physical-based particle model of woven cloth /D. Breen, D. House, P. Getto// Visual computer 1992; 8:264-277.

41. Provot, X. Deformation constraints in a mass-spring model to describe rigid cloth behavior/X. Provot // Proceedings of Graphic Interface. Canadian Computer-Human communications Society, 1995, pp.147-154.

42. Xiu, Y. Cloth 3D simulation based on mass-rod model /Y. Xiu, C-F. Li // China Textile Journal 2007; 28 (10): 112-116.

43. Jin, F. A spring-mass model-based approach for wrapping cloth patterns on 3D objects /F. Jin, W. Qinfu, C. Shiang-Fong, et al. // Visualization Computer Animation, 1998; pp.215-27.

44. Wang, C. Freeform surface flattening based on fitting a woven mesh model /C. Wang, K. Tang, B. Yeung// Computer-aided design 2005; 37:799-814.

45. Daanen, H. Whole body scanners, Displays /H. Daanen, G.J. Water// Elsevier Science, Vol. 19 (1998) No. 3, pp. 111-20.

46. Lu, J.M. Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners /J.M. Lu, M. Wang// International Journal: Expert Systems with Application, Vol. 35 (2008), No. 1-2, pp. 407-14.

47. Daanen, H. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans /H. Daanen, S. Hong // International Journal of Clothing Science & Technology, Vol. 20 (2008), No. 1, pp. 15-25.

48. Chen, C. Fit evaluation within the made-to-measure process /C. Chen// International Journal of Clothing Science & Technology, Vol. 19 (2007), No. 2, pp.131-44.

49. Loker, S. Size-specific analysis of body scan data to improve apparel fit /S. Loker, S. Ashdown, K. Schoenfelder// Journal of Textile and Apparel Technology and Management, Vol. 4(2005), No. 3, pp.1-15.

50. Shin, S.H. Pattern data format standardization between apparel CAD and 3D body scan with Extensible Markup Language /S.H. Shin, C. Istook// Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Vol. 5 (2006), No. 1, pp. 1-15.

51. Griffey, J. Development of an automated process for the creation of a basic skirt block pattern from 3D body scan data /J. Griffey, S. Ashdown // Clothing and Textile Research Journal, Vol. 24 (2006), No. 2, pp. 112-20.

52. Ashdown, S. Automated side-seam placement from 3D body scan data /S. Ashdown, M.S. Choi, E. Milke// International Journal of Clothing Science & Technology, Vol.20 (2008), No.4, pp. 199-213

53. Istook, C. Enabling mass customization: computer-driven alteration methods /C. Istook// International Journal of Clothing Science & Technology, Vol. 14(2002), No. 1, pp. 61-76.

54. Simmons, K. Female figure identification technique (FFIT) for apparel. Part 2: development of shape sorting software /K. Simmons, C. Istook, P. Devarajan // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Vol. 4(2004), No. 1, pp. 1-15.

55. Connell, L.J. Body shape assessment scale: instrument development for analyzing female figures /L.J.Connell, V.P. Ulrich, et al.// Clothing and Textiles Research Journal, Vol. 24 (2006), No. 2, pp. 80-95.

56. Ashdown, S.P.Using 3D scans for fit analysis /S.P.Ashdown, S.Loker,K.Schoenfelder, L.Lyman-Clarke// Journal of Textile and Apparel, Technology and Management 4, 1 (2004)

57. Nam,J.Fit analysis of liquid cooled vest prototypes using 3D body scanning technology /J.Nam, D.H.Branson, H.Cao, et al.// Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 2005 4, 3

58. Bye, E. Fit analysis using live and 3D scan models /E. Bye, E. McKinney // International Journal of Clothing Science and Technology, 2010, 22, pp. 88-100.

59. Magnenat-Thalmann, N. Modeling of bodies and clothes for virtual environments /N. Magnenat-Thalmann, F. Cordier, et al. // Proceedings of International Conference of Cyberworlds, CW 2004, November 18th – 24th 2004, Tokyo, pp. 201-208.

60. Volino, P. From early virtual garment simulation to interactive fashion design /P. Volino, F. Cordier, N. Magnenat – Thalmann// Computer-aided design, 2005, 37, 5 pp. 593-608.

61. Lim, H.S. Three Dimensional Virtual Try-on Technologies in the Achievement and Testing of Fit for Mass Customization /H.S.Lim// North Carolina State University, PhD Thesis (2009).

62 Lee, J. Fit evaluation of 3D virtual garment/J. Lee, Y. Nam, M.H.Cui, et al. // Proceedings of 2nd International Conference on Usability and Internationalization, Part 1, HCII 2007, LNCS 4559, July 22nd – 27th, 2007, Beijing, pp.550-558.

63. Kim, D. Apparel fit based on viewing of three-dimensional virtual models and live models /D. Kim // University of Minnesota, PhD Thesis (2009).

64. Volino, P. Accurate Garment Prototyping and Simulation /P. Volino, N. Magnenat-Thalmann// Computer-aided desing& applications, 2005, Vol. 2, No. 5, pp. 645-654.

65. Eberhardt, B. Fast, Flexible, Particle-System Model for Cloth Draping, *Computer Graphics in Textiles and Apparel* /B. Eberhardt, A. Weber, W. Strasser, // IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE Press, 1996, pp. 52-59.
66. Eischen, J.W. Finite-Element Modeling and Control of Flexible Fabric Parts /J.W. Eischen, S. Deng, et al. // *Computer Graphics in Textiles and Apparel (IEEE) Computer Graphics and Applications*, IEEE Press, 1996, pp. 71-80.
67. Terzopoulos, D. Elastically Deformable Models, SIGGRAPH '87 /D. Terzopoulos, J. Platt, A. Barr, K. Fleischer // *Proceedings of the 14th annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM, 1987, pp. 205-214.
68. Breen, D.E. Predicting the Drape of Woven Cloth using Interacting Particles /D.E. Breen, D.H. House, M.J. Wozny // *Computer Graphics (SIGGRAPH'94 proceedings)*, Glassner, 1994, pp. 365-372.
69. Volino, P. Versatile and Efficient Techniques for Simulating Cloth and Other Deformable Objects /P. Volino, M. Courchesne, et al. // *Computer Graphics (SIGGRAPH'95 proceedings)*, Addison-Wesley, 1995, pp. 137-144.
70. Eberhardt, B. A fast Flexible Particle System Model for Cloth Draping /B. Eberhardt, A. Weber, et al. // *Computer Graphics and Applications*, IEEE, Vol. 16, Issue 5, pp. 52-59.
71. Volino, P. Efficient Self-Collision Detection on Smoothly Discretised Surface Animation Using Geometrical Shape Regularity. /P. Volino, N. Magnenat-Thalmann // *Computer Graphics Forum (Eurographics'94 proceedings)*, Blackwell Publishers, 1994, Vol. 13, Issue 3, pp. 155-166.
72. Baraff, D. Large Steps in Cloth Simulation /D. Baraff, A. Witkin // *Computer Graphics (SIGGRAPH'98 proceedings)*, ACM Press, 1998, pp. 43-54.
73. Ying-ying, Wu. Intelligent Pattern Design System for Skirt Pattern Making /W. Ying-ying, P. Tracy et al. // *The Institution of Textile and Clothing*, The Hong Kong Polytechnic University.
74. Ng, H.N. Computer Graphics Techniques for Modeling Cloth /H.N. Ng, R.L. Grimsdale // *IEEE Computer Graphics & Applications*, 1996, 16 (5), pp. 28-41
75. Chen, B. A physically Based Model of Fabric Drape Using Flexible Shell Theory /B. Chen, M. Govindaraj // *Textile Research Journal*, 1995, 65 (6), pp. 324-330.

76. Feng, J. Three-dimensional Garment Simulation Based on a Mass-Spring System /J. Feng, L. Ruqin, Q. Yiping // Textile Research Journal, 2006, Vol 76 (1): pp.12-17.
77. Lafleur, B. Cloth Animation with Self-collision Detection /B. Lafleur, N.M.Thalmann, D. Thalmann // Modeling in Computer Graphics, Springer-Verlag, Tokyo, 1991, pp. 179-187.
78. Xiaogang, W. A Garment simulating method based on scanning technology/W. Xiaogang, V. Kuzmichev, et al. // 2010 2nd International conference on computer and communication technologies in agriculture engineering (CCTAE) 2010, pp. 412-415
79. Tsang, W.H. The evaluation of pressure and tactile comfort of girdles/W.H.Tsang// BA (Hons) Scheme in Fashion and Textiles, Institute of textiles & clothing, The Hong Kong Polytechnic University, 2013
80. Crowley, J. The Invention of Comfort/J. Crowley // 2001: Johns Hopkins University Press.
81. Slater, K. Comfort properties of textiles /K. Slater // Textile Progress, 1977, 9 (4): pp. 1-91
82. Slater, K. Assessment of comfort /K. Slater // Journal of the Textile Institute, 1986, 77(3): pp. 157-171.
83. Potter, P.A. Basic nursing a critical thinking approach/P.A.Potter, A.G.Perry//ed. S. Epstein. 1999: Mosby Inc.
84. Кричевский, Г.Е. Технический, защитный и медицинский текстиль / Кричевский Г.Е. // Швейная промышленность, 2014, № 2, с.10-12
85. Li, Y. The science of clothing comfort, Textile Progress /Y. Li // J. Textile Inst., 2001, 31 (1/2): pp. 1-135.
86. Gransworthy, R.K. Identification of the Physical Stimulus and the Neural Basis of Fabric-evoked Prickle /R.K.Gransworthy, R. Gully, et al.// J. Neurophysiology, 1988, 59, pp. 1083-1097.
87. Li, Y. The objective Assessment of Comfort of knitted sportswear in relation to psycho-physiological sensory studies /Li. Y. // Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, UK, 1988, Ph. D Thesis.
88. Elder, H.M. Psychological Scale for Fabric Stiffness /H.M.Elder, S. Fisher et al.// Journal Textile Institute, 1984, 76, p. 442
89. Peirce, F.T. The Handle of Cloth as a Measureable Quantity /F.T.Peirce// Journal Textile Institute, 1930, 21, p. T377
90. Howorth, W.S. The Handle of Suiting, Lingerie, and Dress Fabric /W.S.Howorth// Journal Textile Institute, 1964, 55, p.T251-260.

91. Elder, H.M. Fabric Softness, Handle and Compression /H.M.Elder, S. Fisher et al.// Journal Textile Institute, 1984, 75, pp. 37-46.
92. Chen, D. Clothing hygiene/D. Chen // Beijing: Textile press of China, 2000.
93. Zhang,J.Waterproof and breathable principles of fabric and laminated fabric production technology/J. Zhang, J. Huang, X. He // Beijing: Textile press of China, 2003.
94. Huang, J. Clothing comfort. /J. Huang // Beijing: Science press, 2008.
95. Ou, Y. Clothing hygiene./Y. Ou // Beijing: People's medical press.
96. McCullough, E.A.A comprehensive data base for estimating clothing insulation /E.A.McCullough, W.B. Jones, J. Ruck // ASHRAE Transactions, 1985, 91 (2): pp.29-47.
97. Gong, X. Clothing Hygiene /X. Gong // Beijing: Textile press of China, 1984.
98. Havenith, G. Resultant clothing insulation: a function of body movement, posture, wind, clothing fit and ensemble thickness /G. Havenith, R. Heus, W.A.Lotens// Ergonomics, 1990, 33 (1): pp. 67-84.
99. Chen, Y.S. Effects of garment fit on thermal insulation and evaporative resistance /Y.S.Chen, J. Fan, X. Qian, et al.// Textile Research Journal, 2004, 74(8): pp. 742-748.
100. Cheng, X. Clothing environmental studies /X. Cheng // Beijing: Textile press of China, 1999.
101. Wei, R.Thermal environment /R. Wei, W. Xu // Shang Hai: Tongji University Press, 1994.
102. GB/T 15453-1997. People's Republic of China National Standard "Textiles - Determination of fabric air permeability".
103. Makabe, H. Effect of covered area at the waist on clothing pressure /H. Makabe, et al. // SeniGakkaishi, 1993, 49, pp. 513-521.
104. Shimizu, H. Dynamic Measurement of Clothing Pressure on the Body in a Brassiere /H. Shimizu // SeniGakkaishi, 1993, 49, 1, pp. 57-62.
105. Makabe, H. A Study of Clothing Pressure Developed by the Brassiere /H. Makabe, H. Motnota// Japan Res. Assoc. for Te.txt. End-uses, 1991, 32, pp. 416-423
106. You, F. Garment's pressure sensation (2): the psychophysical mechanism for the sensation /F. You, et al.// International Journal of Clothing Science and Technology, 2002, 14(2002), 5, pp. 317-327.
107. Ito, N. The relation among the biaxial extension properties of Girdle clothes and wearing comfort and clothing pressure of girdles /N. Ito, M. Inoue,

et al.// Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, 1995, 36, No. 1, pp. 102-8.

108. Chan, A.P. Effect of clothing pressure on the tightness sensation of girdles /A.P.Chan, J. Fan // International Journal of Clothing Science and Technology, 2002, 14, pp. 100-110.

109. Okabe, K. Dimensional change and oppression feeling caused by wearing body suits /K. Okabe, N. Yamana// Journal of the Japanese Research Association for Textile End-Uses, 1991, 32, pp. 72-79.

110. Hu, J.Y. Fabric Touch Tester: Integrated evaluation of thermal-mechanical sensory properties of polymeric materials /J.Y.Hu, L. Hes, et al.// Polymer Testing, 2006, 25, pp. 1081-1090.

111. Yejin, L. Development of indirect method for clothing pressure measurement using three-dimensional images /L. Yejin, H. Kyunghi// Textile Research Journal, 2013, 83(15), pp. 1594-1605.

112. Сурикова, Г.И. Исследование свойств полотна для конструирования трикотажных изделий с учетом их растяжения в носке/Г.И.Сурикова: дис. насоиск. уч. ст. канд. техн.наук по специальности 05.19.04 «Технология швейного производства». Москва, МТИЛП, 1971, 141 с.

113. Костин, Ю.А. Простроение разверток деталей детской одежды по объемной поверхности, разработанной на основе макетно-модельного метода: текст лекций /Ю.А.Костин, М.В.Стебельский, Б.П.Куликов // Иваново: ИвТИ, 1993. - 112 с.

114. Taya, Y. Evaluation method of clothing fitness with body – part 4: Evaluation by waveform spacing between body and clothing /Y. Taya, A. Shibuya, T. Nakajima // Journal Textile Machinery Society of Japan, 1995, 48(11): pp. 261-269.

115. Liu, Y.J. Survey on CAD Methods in 3D Garment Design /Y.J.Liu, et al.// Computers in Industry, 2010, 61, pp. 576-593.

116. <http://apparelorb.com/software/>

117. Zhang, X. Numerical simulation of 3D dynamic garment pressure /X. Zhang, K.W.Yeung, Y. Li // Textile Research Journal, 2002, 72 (3): pp. 245-252.

118. Apeageyi, P. Usability of Pattern Customising Technology in the Achievement and Testing of Fit for Mass Customization /P. Apeageyi, R.Otieno // Journal of Fashion Marketing and Management, 2007, 11(3),: pp. 349-365.

119. Петросова, И.А. Разработка методологии проектирования внешней формы одежды на основе трехмерного сканирования/И.А.Петросова//Диссертациянасоисканиеученойстепенидокт

оратехнических наук, специальность 05.19.04 Технология швейных изделий.

120. Zvereva, J.S. Identification of textile materials properties in “Body-clothes” scanned systems / J.S.Zvereva, V.E.Kuzmichev // 3rd International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, 16-17 October, 2012, pp. 335-342.

121. Wang, F. Fabric Performance Design / F. Wang // Dong Hua university press, 2000.

122. Kawabata, S. The standardization and analysis of hand evaluation /S. Kawabata // 2nd ed. Osaka: The Textile Machinery Society of Japan, 1980.

123. CSIRO Australia. Fast Instruction Manual, 1994.

124. HouXiu-liang, Development of Kawabata evaluation system – fabric (KES-F) /X. Hou, W. GAO // Wool Technology, 2005, 3: pp. 46-48.

125. Harwood, R.J. The use of the Kawabata Evaluation System for product development and quality control /R.J.Harwood, P.J.Weedall, C. Carr // Coloration: The demands of the 90’s held at the University of Leeds. 14-16 September 1988, p.

126. Niwa, M. Recent developments in Research Correlating Basic Fabric Mechanical Properties and the Appearance of Men’s Suits /M. Niwa, S. Kawabata, K. Ishizuka // Objective Evaluation of Apparel Fabrics, The Textile Machinery Society of Japan, Osaka, 1983, pp. 67-82.

127. Lady boutique, Tokyo, Boutique, Inc. (1987-2013)

128. Female, Taiwan, Taiwan English magazine distributor (1989-2013)

129. Shanghai style, Shanghai: Shanghai Science and Technology Press (1987-2013)

130. Style book, Tokyo: Japanese Cultural Affairs (1997-2013)

131. Xu, L. The costume history of China and foreign countries/L. Xu, W. Hou//Textbook of 12th 5-Year Plan Period planning for Art and design subject in 21st Century colleges and universities. - Nan Jing University Press, 2011,1.

132. Кузьмичев, В.Е. Два в одном //ProFashion, 2013, ноябрь, № 19, с. 40-43.

133. Китайский стандарт GB/T 1335-1997: Garment size

134. Японский стандарт JIS L 4005-1997: Adult female clothing size system

135. Стандарт США ASTM Committee on Standard, ASTM D5585-11e1: Standard tables of body measurements for adult female misses figure type, size range 00-20.

136. Стандарт Франции NF G03-001-2-2003: Size designation of clothes – part 2: primary and secondary dimensions.

137. ОСТ 17-326-81. Размерные признаки типовых фигур женщин.
138. Стандарт Германии DIN EN 13402-3: Size designation of clothes – Part 3: Body measurements and intervals standard by DIN-adopted European standard
139. Стандарт Британии BS EN 13402-3:2013: Size designation of clothes: Body measurements and intervals, Standard by British-adopted European standard.
140. Стандарт Италии UNI EN 13402-2-2002: Size designation of clothes, Primary and secondary dimensions
141. Guo, M. Параметризация талиевых вытачек в женских платьях / М. Guo, В. Е. Кузьмичев // Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2011): сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов. Часть 1. - Иваново: ИГТА, 2011, с. 191-193.
142. Guo, M. Влияние конструктивных параметров на силуэты женских платьев / М. Guo, В. Е. Кузьмичев // Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2007): сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов. - Иваново: ИГТА, 2007, с. 191-193
143. Guo, M. Влияние конструктивных параметров вытачек на силуэты женских платьев / М. Guo, В. Е. Кузьмичев // Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2011): сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов. Часть 1. - Иваново: ИГТА, 2011, с. 193-194
144. Hai, Y. Analysis of Woman dress darts in common types and the influence of the silhouettes / Y. Hai // Provincial Department of culture, HuNan, - China. Pp. 124-125. Vol. 209. Dec. 2010. Changsha, 132 p.
145. Wang, Y. , Zhang Peihua. Garment pressure measurement and its sensor technology / Y. Wang // Apparel Technology, 2008, 7: pp. 154-155.
146. АМІ 3707 (Япония)
147. <http://www.tekscan.com/ess301-announcement>
148. Ito, N. The relation among the biaxial extension properties of Girdle clothes and wearing comfort and clothing pressure of girdles / N. Ito, M. Inoue, et al., // Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, 36(1995), No. 1, pp. 102-8.
149. Yongrong, W. A smart mannequin system for the pressure performance evaluation of compression garments / W. Yongrong, C. Yinhua, et al. // Textile Research Journal, 81(2011), pp. 1113-1123

150. Джонсон, Н., Лион Ф.
Статистика и планирование экспериментов в технике и науке.
Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион // М.: Мир, 1980.
151. Zhang, W. *Apparelsomatology* /W. Zhang, F. Fang // DongHuaUniversityPub., 2008, P183, 71, 66
152. Cardello, A. Predicting the handle and comfort of military clothing fabrics from sensory and instrumental data: development and application of new psychophysical methods /A. Cardello, C. Winterhalter, H. Schutz // *Textile Research Journal*, 2003; 73: pp. 221-237.
153. Yik, K.L. Subjective and objective evaluation of Men's shirting fabrics /K.L. Yik, K. Cheng, et al.// *Int. J Cloth Sci Technol.*, 1995; 7(4): pp 17-29.
154. Ciesielska-Wrobel, I.-L. The hand of textiles – definitions, achievements, perspectives – a review /I.-L. Ciesielska-Wrobel, L.V. Langenhove// *Textile Research Journal*, 2012, 82(14), pp. 1457-1468.
155. Koblyakova, E.B. Designing clothes with CAD elements/E.B. Koblyakova, G.S. Ivleva// Light Industry publishing, 5-7088-0239-1, Moscow, (1980)
156. Zhongze, Yu. Human body and garment /Y. Zhongze // Chinese Textile Publication, 2000: 8,78
157. <http://www.autodesk.com/products/maya/overview>
158. Guo, M. Pressure and comfort perception in the system “female body-dress” /M. Guo, V.E. Kuzmichev// *AUTEX Research Journal*, 2013, September, vol. 13, №. 3, pp. 71-78.
159. Guo, M. How human body feel pressure with woman dress in medical aspect / M. Guo, V.E. Kuzmichev // *Advanced Materials Research (Switzerland)*, 2013, Vol.718-720, pp. 586-592.
160. Pan, B. Industry clothing pattern /B. Pan // Textile publication of China, 2000
161. Wang, H. Garment pattern and sizing /H. Wang, B. Zhou // Textile publication of China, 1998, 5, pp.6-12.
162. Guo, M. Определение минимально-необходимых конструктивных прибавок в женских платьях / М. Guo, В. Е. Кузьмичев: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС-2013): Сборник материалов межд. науч.-техн. конф.. Часть 2. - Иваново, Текстильный институт ИВГПУ, 2013, с.18-20

163. Го, М., Кузьмичев В.Е. Прогнозирование давления платьев на поверхность женских фигур (часть 2) / М. Го, В.Е.Кузьмичев // Швейная промышленность, 2014, № 2, с. 37-40.
- 164.Го М., Кузьмичев В.Е. Согласование конструктивных параметров женских платьев с ощущениями комфорта / М.Го, В.Е.Кузьмичев // Инновации и перспективы сервиса: Сборник научных статей заочной X Международной научно-практической конференции, 7 декабря 2013 г. Часть I. Уфа. 2013 г. 196 с.
165. Liu, R. Female pattern making and sewing /R. Liu // Textile publication of China, 1996, 12, p.151.
166. Янчевская, Е.А. Конструирование верхней женской одежды /Е.А.Янчевская // М.: Легкая индустрия, 1977,144 с.
167. Матузова, Е. Мода и крой / Е.Матузова, Р.Соколова, Н.Гончарук // М.: АНОО «Институт индустрии моды», 2001, 192 с.
168. Сурикова, О.В.Проектирование рациональной конструкции деталей одежды на основе компьютерных технологий /О.В.Сурикова// дисс. насоиск. уч. ст. канд.техн.наук. – Иваново, ИГТА, 2004
169. Кузьмичев, В.Е. Основы проектирования одежды: учебное пособие / В.Е.Кузьмичев, Н.И.Ахмедулова, Л.П.Юдина // Иваново, ИГТА, 2011, 278 с.: ил.
170. Го, М. Влияние объемных конструктивных прибавок на комфортность женских платьев (часть 1) /М.Го, В.Е.Кузьмичев// Швейная промышленность, 2014, № 1, с. 28-32.
- 171.Guo, M. Исследование трехмерного формообразования женского платья/М. Guo, В.Е.Кузьмичев// Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2012): сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов. Часть 1. – Иваново: ИГТА, 2012. – С. 153-154.
172. Guo, M.Research about 3Dwomendressshaping /M. Guo, V. Kuzmichev //Bookofproceedings, 12th AUTEX World Textile Conference, Innovative Textile for high future demands. Volume 1. - Zadar, 2012, с. 1011-1016.
173. ГОСТ Р 20566-75.Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб
174. http://english.keskato.co.jp/search_sample/fabric.php
175. ГОСТ Р 3811-72.Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей

176. Кузьмичев, В.Е. Инструментальное обоснование допустимой кривизны конструктивных линий внутреннего членения в одежде/ В.Е.Кузьмичев, Д.С. Адольф, Л. Шашер, С. Раноу, А. Колет// Швейная промышленность, 2013, № 6. – С.

177. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н.Большев, Н.В.Смирнов. // М., Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 416 с.

178. Го, М. Прогнозирование объема и комфортности систем «фигура-платье» из разных материалов /М. Го, В.Е.Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2014, № 1, с.

179. Guo, M. Human-friendly design of virtual systems “femalebody - dress” /M. Guo, V.E. Kuzmichev, D.C. Adolphe// AUTEXResearchJournal, 2015, March, vol. 15, №. 1, pp. 19-29.

180. Го, М. Виртуальная симуляция давления, вызванного одеждой из разных материалов, во время примерок /М.Го, В.Е.Кузьмичев // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2014): сборник материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов с межд. участием. Ч.1. – Иваново: ИВГПУ, 2014, с. 106-107.

181. Кузьмичев, В.Е. Виртуальное проектирование одежды с идентификацией уровня ее комфортности / В.Е.Кузьмичев, М.Го // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А.Фукина посвящается». Часть 2. – М.: МГУДТ, 2014, с.196-205.

182. Guo, M.Complex approach to designing of comfortable system “female body-dress” /M. Guo, V. Kuzmichev, D.C. Adolphe // 14th AUTEX World Textile Conference. Book of abstracts. – Bursa, Turkey, 2014, p. 45.

183. Kuzmichev, V.E. Realistic virtual system "Female body - Dress" based on scanning technologies /V.E.Kuzmichev, M.Guo // Proceeding of 5th International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzeland, 21-22 October 2014, p.196-204.

Приложение 1

Результаты геометрического анализа фотографических изображений женских платьев (к разд. 2.2)

Геометрические параметры силуэта	Математические статистики для параметров				
	Значения для выборки			Размах	Коэффициент вариабельности
	среднее	мин.	макс.		
1	2	3	4	5	6
1987					
1. Ширина плечевого ската	18.06	19.85	15.5	4.35	0.24
2. Ширина груди	46.81	57.5	42.6	14.9	0.31
3. Ширина талии	39.91	53.5	33.2	20.3	0.51
4. Ширина бедер	56.41	88.4	46	42.4	0.75
5. Ширина низа	73.79	143	54	89	1.21
6. Длина	108.3	114.8	103.7	11.1	0.1
1988					
1. Ширина плечевого ската	22.6	31.5	17	14.5	0.64
2. Ширина груди	50.6	57	46	11	0.22
3. Ширина талии	41	46	35	11	0.27
4. Ширина бедер	79.2	108	47	61	0.77
5. Ширина низа	111	217.8	43	174.8	1.57
6. Длина	115	119	107	12	0.1
1989					
1. Ширина плечевого ската	19.82	22.4	15	7.4	0.37
2. Ширина груди	49.58	56	45.5	10.5	0.21
3. Ширина талии	40.42	47.8	36	11.8	0.29
4. Ширина бедер	52.26	84.6	45	39.6	0.76
5. Ширина низа	73.17	253.3	43	210.3	2.87
6. Длина	106.1	112.9	93	19.9	0.19
1990					
1. Ширина плечевого ската	20.54	26	17	9	0.44
2. Ширина груди	49.38	52	45	7	0.14
3. Ширина талии	38.91	47.3	32.6	14.7	0.38
4. Ширина бедер	56.32	77.5	48	29.5	0.52
5. Ширина низа	78.36	132.1	45.5	86.6	1.11
6. Длина	111.92	130.9	97.5	33.4	0.30
1991					
1. Ширина плечевого ската	19.43	24	16.25	7.75	0.40
2. Ширина груди	46.5	53	42	11	0.24
3. Ширина талии	38.68	45.7	35.9	9.8	0.25
4. Ширина бедер	62.37	105	47	58	0.93
5. Ширина низа	94.5	301.4	43	258.4	2.73
6. Длина	110.65	123	101	22	0.20
1992					
1. Ширина плечевого ската	19.6	32.6	9	23.6	1.2
2. Ширина груди	50.2	60	44	16	0.32
3. Ширина талии	50.9	68	35	33	0.65
4. Ширина бедер	61.9	101	48	53	0.86

Окончание таблицы					
5. Ширина низа	72.1	161	54	107	1.48
6. Длина	102.5	108	91	17	0.17
1993					
1. Ширина плечевого ската	21.85	33.47	17.3	16.17	0.74
2. Ширина груди	48.48	54.1	44.6	9.5	0.20
3. Ширина талии	38.7	42.1	34.3	7.8	0.20
4. Ширина бедер	67.95	127	51	76	1.12
5. Ширина низа	91.5	157.5	45.5	112	1.22
6. Длина	93.68	111.9	83.8	28.1	0.30
1994					
1. Ширина плечевого ската	20.9	28	15.4	12.6	0.6
2. Ширина груди	50.5	63	44	19	0.38
3. Ширина талии	42	55	34	21	0.5
4. Ширина бедер	61.1	95.5	46.5	49	0.8
5. Ширина низа	82.8	153.3	42	111.3	1.34
6. Длина	104.2	143	85	58	0.56
1995					
1. Ширина плечевого ската	21	33.5	9	24.5	1.16
2. Ширина груди	50.7	57.5	47	10.5	0.21
3. Ширина талии	43	56	34	22	0.51
4. Ширина бедер	64.1	110	49	61	0.95
5. Ширина низа	84.2	139	47	92	1.1
6. Длина	107.5	129	78	51	0.47
1996					
1. Ширина плечевого ската	20.45	27.65	16.85	10.8	0.53
2. Ширина груди	49.45	56.6	45.6	11	0.22
3. Ширина талии	40.18	45.5	36	9.5	0.24
4. Ширина бедер	56.79	84.4	46.9	37.5	0.66
5. Ширина низа	95.78	124.5	63.5	61	0.64
6. Длина	113.74	129	90.6	38.4	0.34
1997					
1. Ширина плечевого ската	19.2	25.6	17.2	8.4	0.44
2. Ширина груди	47.3	50	45.5	4.5	0.1
3. Ширина талии	42.2	47.5	38	9.5	0.22
4. Ширина бедер	51.1	59	46	13	0.25
5. Ширина низа	65.2	120	54	66	1.01
6. Длина	97.7	120	76.5	43.5	0.45
1998					
1. Ширина плечевого ската	17.28	18.8	12.3	6.5	0.38
2. Ширина груди	44.38	49	43	6	0.14
3. Ширина талии	36.38	45	34	11	0.30
4. Ширина бедер	51.03	85	44.6	40.4	0.79
5. Ширина низа	60.47	85	46.1	38.9	0.64
6. Длина	106.92	119.5	89	30.5	0.29
1999					
1. Ширина плечевого ската	20.90	29.35	15.45	13.9	0.67
2. Ширина груди	48.73	55.5	45	10.5	0.22
3. Ширина талии	43.42	51.1	39	12.1	0.28




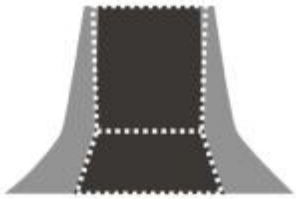








Окончание таблицы					
4. Ширина бедер	50.42	55.1	48.5	6.6	0.13
5. Ширина низа	63.83	91.7	51	40.7	0.64
6. Длина	117.75	129.4	91	38.4	0.33
2000					
1. Ширина плечевого ската	18.44	20.5	16	4.5	0.24
2. Ширина груди	48.05	52.5	44	8.5	0.18
3. Ширина талии	44.41	50	37.5	12.5	0.28
4. Ширина бедер	50.83	55	46.5	8.5	0.17
5. Ширина низа	60.51	78.8	48	30.8	0.51
6. Длина	112.21	128.8	87.9	40.9	0.36
2001					
1. Ширина плечевого ската	20.9	22.5	20	2.5	0.12
2. Ширина груди	48	48	48	0	0
3. Ширина талии	42.9	45.5	40	5.5	0.13
4. Ширина бедер	48	48	48	0	0
5. Ширина низа	44	44	44	0	0
6. Длина	118.3	140	90	50	0.42
2002					
1. Ширина плечевого ската	18.5	25.5	15.2	10.3	0.56
2. Ширина груди	47.72	51	44	7	0.15
3. Ширина талии	42.13	53.6	32.5	21.1	0.5
4. Ширина бедер	50.69	57.4	46	11.4	0.22
5. Ширина низа	62.84	76.9	49	27.9	0.44
6. Длина	110.27	130	94	36	0.33
2003					
1. Ширина плечевого ската	19.4	20	18.5	1.5	0.08
2. Ширина груди	46.2	48	44	4	0.09
3. Ширина талии	37.5	40	36.5	3.5	0.09
4. Ширина бедер	48	49	47	2	0.04
5. Ширина низа	41.4	52	34	18	0.43
6. Длина	118	140	85	55	0.47
2004					
1. Ширина плечевого ската	18.6	20	17.5	2.5	0.13
2. Ширина груди	47.9	52	44	8	0.17
3. Ширина талии	38.8	48	36	12	0.31
4. Ширина бедер	53.1	66.5	45	11.5	0.22
5. Ширина низа	79.7	133.1	38	95.1	1.19
6. Длина	107.6	115	100	15	0.14
2005					
1. Ширина плечевого ската	16.4	20	12	8	0.49
2. Ширина груди	45.6	47	43	4	0.09
3. Ширина талии	37.9	44.5	34.5	10	0.26
4. Ширина бедер	47.9	49.5	45	4.5	0.09
5. Ширина низа	60.4	74.5	44.5	30	0.5
6. Длина	111.9	120	90	30	0.27
2006					
1. Ширина плечевого ската	18.77	22	17.1	4.9	0.26
2. Ширина груди	47.86	50.1	44.8	5.3	0.11

Окончание таблицы					
3. Ширина талии	43.37	52.7	37.9	14.8	0.34
4. Ширина бедер	51.8	58.9	46	12.9	0.25
5. Ширина низа	71.01	96	61	35	0.49
6. Длина	110.45	120.8	102	18.8	0.17
2007					
1. Ширина плечевого ската	15.91	30.7	16.75	13.95	0.88
2. Ширина груди	45.8	50.5	42.5	8	0.17
3. Ширина талии	38.1	45	33	12	0.32
4. Ширина бедер	60.9	92	46	46	0.76
5. Ширина низа	96.5	161.6	47.5	114.1	1.18
6. Длина	98.7	117	79	38	0.39
2008					
1. Ширина плечевого ската	18.4	19.7	15.5	4.2	0.23
2. Ширина груди	47.53	52.1	44.5	7.6	0.16
3. Ширина талии	41.78	50.2	37.6	12.6	0.30
4. Ширина бедер	51.57	57.5	48	9.5	0.18
5. Ширина низа	72.2	121.4	47.9	73.5	1.02
6. Длина	104.12	121.5	86.5	35	0.34
2009					
1. Ширина плечевого ската	18	20.7	15.3	5.4	0.3
2. Ширина груди	50.54	64	46.2	17.8	0.35
3. Ширина талии	47.23	67.6	37.9	29.7	0.63
4. Ширина бедер	59.21	84.5	50.5	34	0.57
5. Ширина низа	72.48	93.6	59	34.6	0.48
6. Длина	94.24	112.5	78	34.5	0.37
2010					
1. Ширина плечевого ската	18.18	19.3	15.4	3.9	0.21
2. Ширина груди	48.35	55.1	42.1	13	0.27
3. Ширина талии	45.46	65.5	32.5	33	0.73
4. Ширина бедер	63.83	79.9	49.5	30.4	0.48
5. Ширина низа	81.74	126.1	56	70.1	0.86
6. Длина	102.77	119	87.7	31.3	0.30
2011					
1. Ширина плечевого ската	17.6	22.2	15.45	6.75	0.38
2. Ширина груди	48.86	57.8	42.4	15.4	0.31
3. Ширина талии	48.37	64.7	38.7	26	0.54
4. Ширина бедер	62.11	78.5	48	30.5	0.49
5. Ширина низа	73.07	102.9	50.5	52.4	0.72
6. Длина	91.61	102.7	78.4	24.3	0.27
2012					
1. Ширина плечевого ската	19.6	32.5	15.8	16.7	0.85
2. Ширина груди	48.2	60	45	15	0.31
3. Ширина талии	47.6	65	36	29	0.61
4. Ширина бедер	68.7	126	47	79	1.15
5. Ширина низа	78.7	126	47	79	1
6. Длина	97	106.9	90	16.9	0.17
2013					
1. Ширина плечевого ската	18.5	25.3	15.5	9.8	0.53

Окончание таблицы					
2. Ширина груди	48.6	53	44	9	0.19
3. Ширина талии	47.9	65	38	27	0.56
4. Ширина бедер	62	114.2	47	67.2	1.08
5. Ширина низа	74.1	122.5	54	68.5	0.92
6. Длина	96.8	125.5	50.5	75	0.77

Приложение 2

Результаты графоаналитического анализа фотографических изображений и чертежей конструкций женских платьев (к разд. 2.2)

Результаты графоаналитического анализа массивов фотографических изображений и чертежей конструкций			
Силуэт	Проекция системы «фигура-платье»	Фотографии типичных моделей платьев	Условные силуэты, построенные по минимальным и максимальным значениям конструктивных параметров
1	2	3	4
1987			
			
1988			
			
1989			
			

1990



1991



1992



1993



1994



1995



1996



1997



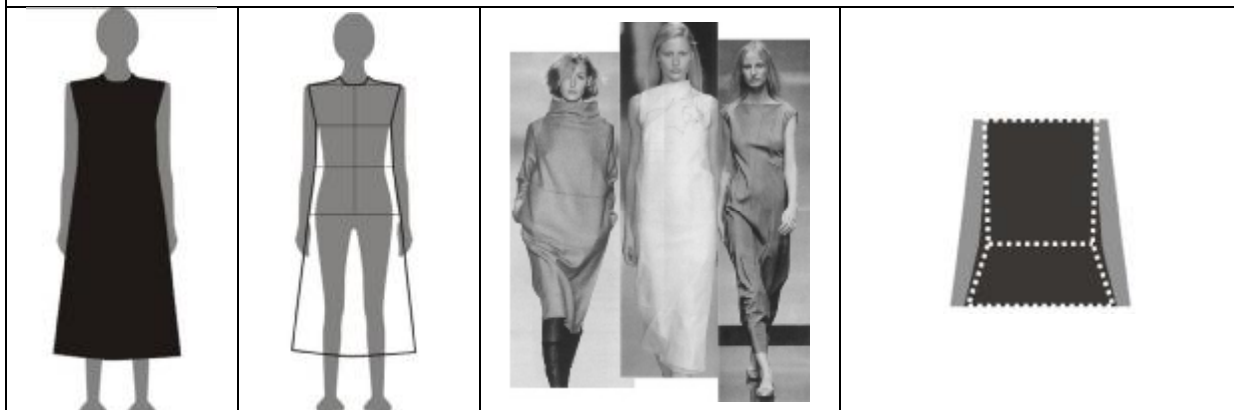
1998



1999



2000



2001



2002



2003



2004



2005



2006



2007



2008



2009



2010



2011



2012



2013



Приложение 3

Конструктивные параметры чертежей

Постоянные конструктивные параметры - Длина платья 100 см, Раствор нагрудной вытачки 10 град., $P_{\text{шт}} = 0$, $P_{\text{влт}} = 0$, Длина талиевых вытачек $W7 = 13$ см, $W11 = 8$ см, $W1 = 17$ см, $W10 = 11$ см

Номер моделей платьев	Прибавки, см, и их распределение между участками обхватов, %							Положение талиевых вытачек $W9=W3$, см	Распределение талиевых вытачек (w4/w2/w8)
	К обхвату груди третьему			К обхвату талии		К обхвату бедер			
	перед	пройма	спинка	перед	спинка	перед	спинка		
	Ebwf	Eaw	Ebwb	Ewgf	Ewgb	Ehgf	Ehgb		
	2cm			2cm		2cm			
1-1	10	30	60	15	85	15	85	10.5	(1/3/3)
1-2	15	30	55	25	75	25	75	10	(1/2.5/2.5)
1-3	20	30	50	35	65	35	65	9.5	(0.5/3.5/3.5)
1-4	25	30	45	45	55	45	55	9	(0.5/3/3)
1-5	30	30	40	55	45	55	45	8.5	(0.5/2.5/2.5)
	4 cm			3 cm		4 cm			
2-1	50	10	40	35	65	35	65	10.5	(1/3.5/3.5)
2-2	45	20	35	45	55	45	55	10	(1/3/3)
2-3	40	30	30	55	45	55	45	9.5	(0.5/3.5/3.5)
2-4	35	40	25	65	35	65	35	9	(0.5/3/3)
2-5	30	50	20	75	25	75	25	8.5	(0.5/2.5/2.5)
	6 cm			4cm		6cm			
3-1	45	10	45	30	70	30	70	10.5	(1.5/3/3)
3-2	40	20	40	40	60	40	60	10	(1/3/3)
3-3	35	30	35	50	50	50	50	9.5	(1/2.5/2.5)
3-4	30	40	30	60	40	60	40	9	(0.5/3.5/3.5)
3-5	25	50	25	70	30	70	30	8.5	(0.5/3/3)

Окончание таблицы									
	8 cm			5 cm		8 cm			
4-1	40	10	50	25	75	25	75	10.5	(1.5/3/3)
4-2	35	20	45	35	65	35	65	10	(1/3.5/3.5)
4-3	30	30	40	45	55	45	55	9.5	(1/3/3)
4-4	25	40	35	55	45	55	45	9	(0.5/3.5/3.5)
4-5	20	50	30	65	35	65	35	8.5	(0.5/3/3)
	10 cm			6 cm		10 cm			
5-1	10	70	20	20	80	20	80	10.5	(2/3/3)
5-2	15	60	25	30	70	30	70	10	(1.5/3.5/3.5)
5-3	20	50	30	40	60	40	60	9.5	(1.5/3/3)
5-4	25	40	35	50	50	50	50	9	(1/3.5/3.5)
5-5	30	30	40	60	40	60	40	8.5	(1/3/3)

Приложение 4

Результаты измерения давления для системы «фигура-платье с коротким рукавом»

Точка (показана на рис.3.12)	Поза (показана на рис.3.5)	Значение давления, кПа, для разных форм платьев					Среднее значение давления в каждой точке, Па
		I	II	III	IV	V	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P1</i>	0	144.6	171.7	137.3	89	9.3	453 ± 463.4
	1	377.3	254.6	161.1	94.8	53	
	2	1632	875	773.6	602.1	469.8	
	3	1840.9	1090.7	854.6	836	758.9	
	4	1255.6	694.1	358.1	538.5	437.1	
	5	281.4	188.6	152.8	78.4	38.6	
	6	192.1	121.8	109.1	68.9	18.9	
<i>P2</i>	0	136.7	116	342.3	131.7	4.2	492.6 ± 470
	1	745.1	546.6	295	124.7	80.2	
	2	1527.1	926	800.1	684.9	352.1	
	3	1559.8	1025.6	872.4	663	257.5	
	4	1612.4	1138.5	881	815.1	415	
	5	187.8	210.2	122.9	74.2	6.8	
	6	150.9	187	94.9	145.8	6.6	
<i>P3</i>	0	293.1	194.1	207.7	196.7	159.6	323.1 ± 162.2
	1	546.9	349.5	329.9	273.3	211.2	
	2	557.7	337.9	245.9	187.9	181.3	
	3	663.5	300	343	214.3	203.2	
	4	806.7	612	590.7	330	239.9	
	5	520.4	289	287.9	215.5	168.6	
	6	341.5	198.7	271.3	233.2	206.4	
<i>P4</i>	0	1321.6	1337.2	902.8	896	584.8	1203.6 ± 470
	1	2114.8	1829.4	1598.4	1318.4	1126.1	
	2	2312.4	1743.4	1352.4	1335.7	1124.1	
	3	1204.1	1196.5	1031	637	213.6	
	4	1276.2	1120.4	1046.8	735.2	166.6	
	5	1778.9	1787.5	1243.7	1205.5	1115.4	
	6	1482.7	1375.5	1167.2	832.4	611.5	
<i>P5</i>	0	625.8	645.7	373.7	126.7	63.4	724.8 ± 500.4
	1	942.1	883.6	878.2	473.8	203.8	
	2	1801.5	1654.5	1395.9	1239.5	1205.2	
	3	939.6	939	791.2	645.9	511.5	
	4	275.4	232.3	159.3	44.2	38.9	
	5	1423	1264.3	1345.6	1272.4	654.4	
	6	868.6	711.8	562.2	143.8	31.6	

Окончание таблицы							
P6	0	221.5	198.6	134.2	108.3	78.2	565 ± 511
	1	813.2	762.7	554.5	267.5	172.3	
	2	2299.4	1174.5	896.9	879.5	818.8	
	3	54.2	98.5	72.7	67	52.7	
	4	939.3	972.6	660	326.1	197.5	
	5	1383	1200.1	1046.7	998.8	972.2	
	6	444.1	426.5	396.5	72.4	14.8	
P7	0	195.5	199.1	104.4	97.1	67.9	513.4 ± 450.3
	1	774.1	638	518.7	374.7	210.6	
	2	1583.2	1202.2	1062.4	1000.9	840.1	
	3	305.9	300.7	142	93.5	43	
	4	533.4	488.5	355.3	102.3	61.5	
	5	1458.2	1243.6	1057.5	1000.5	906.3	
	6	361.5	266.5	248.7	125.7	7.1	
P8	0	145.1	161.9	97.6	44	6.8	405.2 ± 423.1
	1	932.7	827.2	630.6	203	126	
	2	1111.4	1182.2	1049	964.5	838.4	
	3	149.2	109.7	108.6	68.1	31.9	
	4	222.8	191.1	141.4	61.8	3.2	
	5	1350	1200.5	628.5	570.4	384.1	
	6	196.9	179.3	171.3	88.4	6.1	
P9	0	159.9	182.2	163.6	165.2	77	281.3 ± 261.2
	1	166.9	168.8	167.4	149.9	98.8	
	2	534.2	559.4	483.3	342.9	106.5	
	3	169.8	154.4	158.3	141.4	94.2	
	4	147.9	136.5	164.3	128.4	109.8	
	5	1046.5	896.9	868.5	770.5	520.7	
	6	266.8	219.1	187.8	132.5	6.1	
Среднее значение давления в системе «фигура-форма платья»		820.7	664.9	545.2	426.2	298.1	

Примечание: интервал значений случайной погрешности после пятикратных измерений давления составил $\pm (3,6 \dots 313,7)$ кПа

Приложение 5

Результаты измерения давления и его субъективного восприятия для платьев с разными рукавами и различным распределением прибавок

Уровень	Антропометрические точки	Компрессионное давление, Па, для разных платьев					Субъективное восприятие давления (U=дискомфортно; E=удовлетворительно; C=комфортно)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Платье с длинными рукавами											
Уровень груди	<i>P1</i> Передний угол подмышечной впадины	1383	1502.9	1472.9	1347.2	1341.2	U/E	U/E	U/E	U/E	U/E
	<i>P2</i> Задний угол подмышечной впадины	2925.5	2936.1	2765.8	2505.2	2723.3	U	U	U	U	U
	<i>P3</i> Выступающая точка грудных желез	687.6	732.6	788.3	509.6	473.3	C	C	C	C	C
	<i>P4</i> Точка в подмышечной впадине	1852.6	1812.7	1834.9	1737.2	1714.9	U/E	U/E	U/E	E	E
	<i>P5</i> Точка ниже лопаточной точки на уровне обхвата груди третьего	1571.3	1585.5	1565.9	1553.1	1543.2	U/E	U/E	U/E	U/E	U/E
	<i>Среднее значение</i>	<i>1684</i>	<i>1714</i>	<i>1685,6</i>	<i>1530</i>	<i>1559</i>					
Уровень талии	<i>P6</i> Точка спереди на уровне талии	1286.8	1283.6	1342.6	1433.5	1451.4	U/E	U/E	U/E	U	U
	<i>P7</i> Точка сбоку на уровне талии	1343	1246.6	1315.6	1206.4	1395	U/E	E	U/E	E	U/E
	<i>P8</i> Точка сзади на уровне талии	1217.2	1255.8	1290.2	1265.3	1263.5	U/E	U/E	U	U	U
	<i>Среднее значение</i>	<i>1282</i>	<i>1262</i>	<i>1316</i>	<i>1302</i>	<i>1370</i>					
Уровень бедер	<i>P9</i> Выступающая точка ягодиц	265	224.7	191	271.8	287.1	C	C	C	C	C

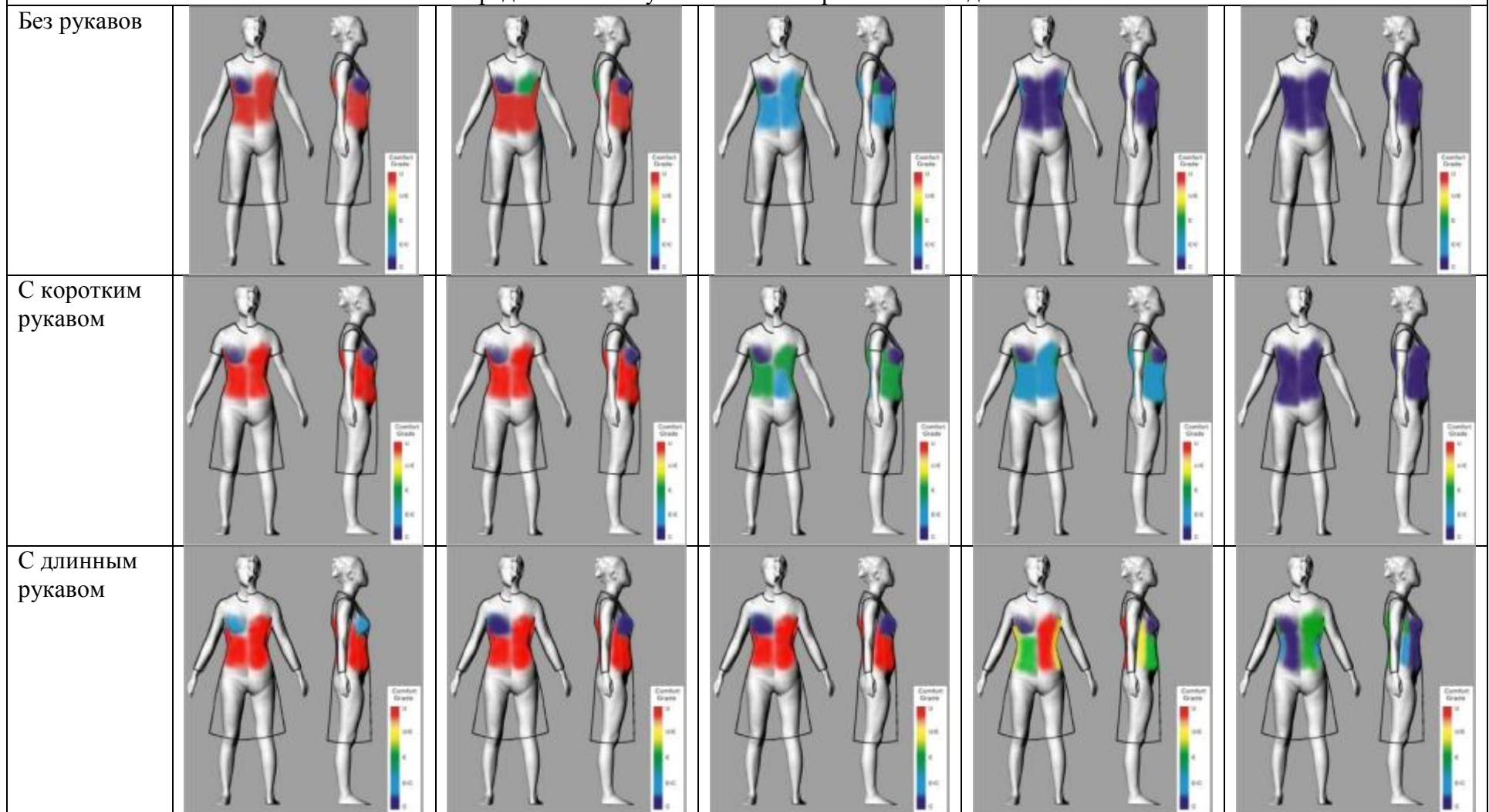
Окончание таблицы											
Плечевой пояс	<i>P10</i> Плечевая точка	274	249.7	301.4	265.7	301.2	С	С	С	С	С
Уровень обхвата плеча	<i>P11</i> Точка на уровне обхвата плеча спереди	3210.1	2871.8	2833.5	3285.7	3345.1	U	U	U	U	U
	<i>P12</i> Точка на уровне обхвата плеча сбоку	2101	2161.2	2445.8	2302.7	2293	U	U	U	U	U
	<i>P13</i> Точка на уровне обхвата плеча сзади	36.8	22.8	25.3	31.5	30.7	С	С	С	С	С
2. Платье с короткими рукавами											
Уровень груди	<i>P1</i> Передний угол подмышечной впадины	449	401.4	410	373.9	433.6	С	С	С	С	С
	<i>P2</i> Задний угол подмышечной впадины	1255.6	1187.6	1151.5	1303.2	1298.6	Е	Е	Е/С	Е	Е
	<i>P3</i> Выступающая точка грудных желез	557.4	586	550.3	509.6	481.1	С	С	С	С	С
	<i>P4</i> Точка в подмышечной впадине	1642	1723.9	1752.8	1743.4	1672.5	Е	Е	Е	Е	Е
	<i>P5</i> Точка ниже лопаточной точки на уровне обхвата груди третьего	1602.8	1572.2	1584.4	1502.4	1524.5	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С
	<i>Среднее значение</i>	1056	1043	1043	1041	1032					
Уровень талии	<i>P6</i> Точка спереди на уровне талии	1108.9	1143.9	1242.5	1279.2	1302	Е/С	Е/С	Е/С	U/E	U/E
	<i>P7</i> Точка сбоку на уровне талии	1066.6	1002.9	1012.3	1060	1086.9	Е	Е/С	Е	Е	Е
	<i>P8</i> Точка сзади на уровне талии	933.5	942.3	1009.3	1048.3	1127	Е/С	Е/С	Е/С	Е	Е
	<i>Среднее значение</i>	1036,7	1029,7	1088	1129	1172					
Уровень бедер	<i>P9</i> Выступающая точка ягодиц	284	287.9	206.6	276.8	216.6	С	С	С	С	С
Плечевой пояс	<i>P10</i> Плечевая точка	268.5	191	225.7	243.7	264	С	С	С	С	С

Окончание таблицы											
Уровень обхвата плеча	<i>P11</i> Точка на уровне обхвата плеча спереди	1731.9	1801.6	1701.5	1725.9	1645.8	Е	Е	Е	Е	Е
	<i>P12</i> Точка на уровне обхвата плеча сбоку	1192.4	1285.1	1248.5	1240.3	1320	С	Е/С	Е/С	С	Е/С
	<i>P13</i> Точка на уровне обхвата плеча сзади	21	24.9	16.4	16.7	10.4	С	С	С	С	С
3. Платье без рукавов											
Уровень груди	<i>P1</i> Передний угол подмышечной впадины	412.7	382.8	408.7	402.2	432.7	С	С	С	С	С
	<i>P2</i> Задний угол подмышечной впадины	1022.1	1005.2	998.1	1010	1073.3	С	С	С	С	С
	<i>P3</i> Выступающая точка грудных желез	593.3	586	575.1	579.9	579.1	С	С	С	С	С
	<i>P4</i> Точка в подмышечной впадине	1709.5	1672.2	1669.2	1671.5	1787.9	Е	Е	Е	Е	Е
	<i>P5</i> Точка ниже лопаточной точки на уровне обхвата груди третьего	1473.4	1429.3	1440.3	1434.5	1406.5	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С
	<i>Среднее значение</i>	1042	1015	1018	1020	1056					
Уровень тали	<i>P6</i> Точка спереди на уровне талии	808.2	834.7	886.5	954.6	992	С	С	С	Е/С	Е/С
	<i>P7</i> Точка сбоку на уровне талии	944.9	1003.5	1001	987.6	1007.1	С	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С
	<i>P8</i> Точка сзади на уровне талии	943.9	912.7	874.4	879.5	981.5	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С	Е/С
	<i>Среднее значение</i>	899	917	920,7	941	993,7					
Уровень бедер	<i>P9</i> Выступающая точка ягодиц	219.5	207	291.8	288.3	230.6	С	С	С	С	С

Влияние структуры и конструкции платьев на распределение давления

1	Прибавка к полуобхватам груди третьему/талии, см				
	1/1	2/1,5	3/2	4/2,5	5/3
2	3	4	5	6	
Распределение зон фактического давления					
Без рукавов					
С коротким рукавом					
С длинным рукавом					

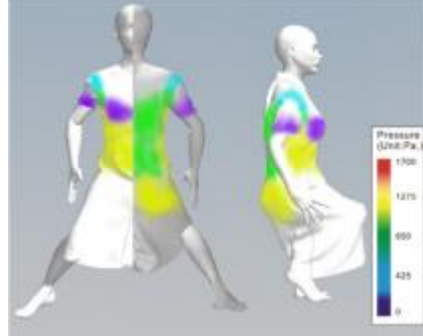
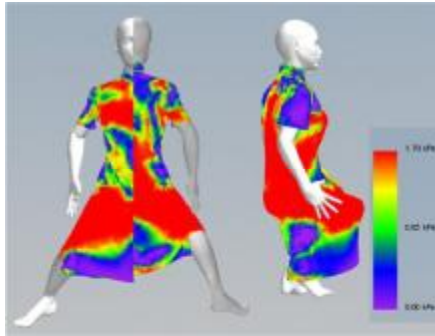
Распределение зон субъективно воспринимаемого давления



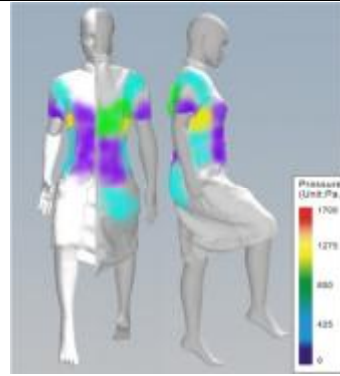
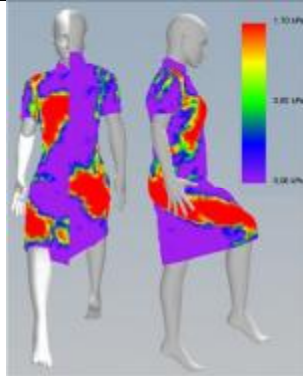
Топографии визуальной симуляции давления в MarvelousDesigner и его фактического распределения

Позы	Результат симуляции в программе MarvelousDesigner	Результат реального измерения давления
1	2	3
Поза 1		
Поза 2		
Поза 3		
Поза 4		

Поза 5

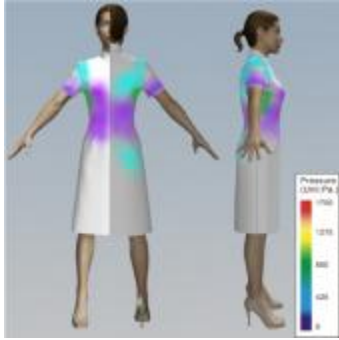
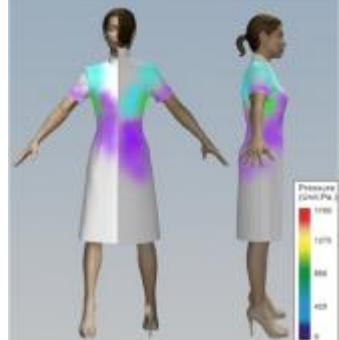
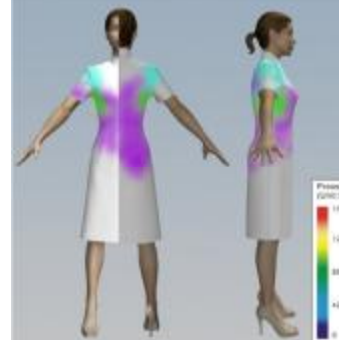
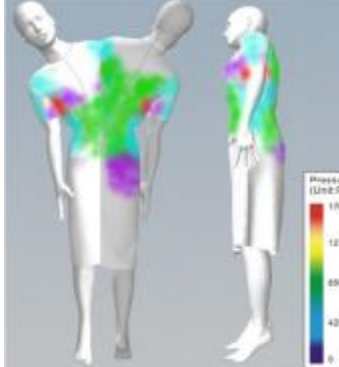
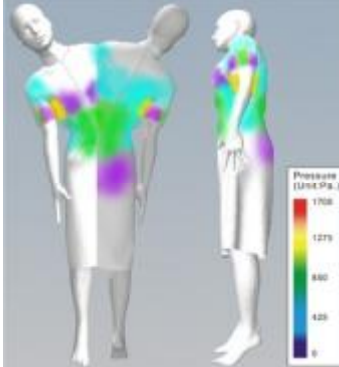
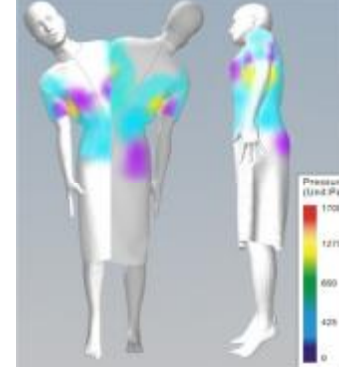
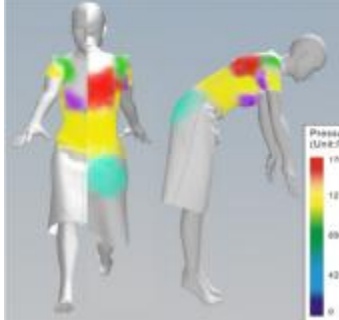
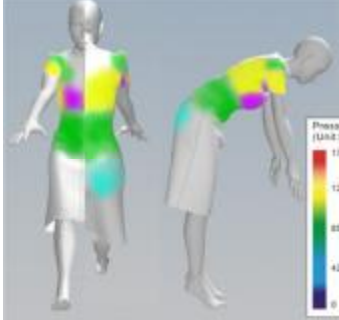
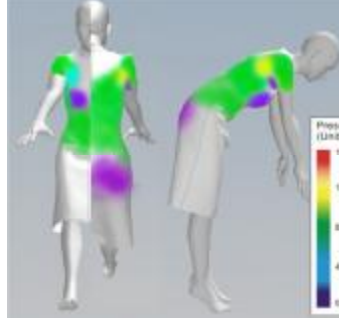
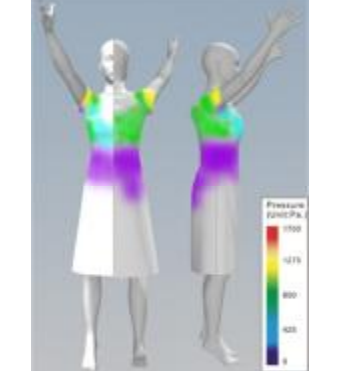
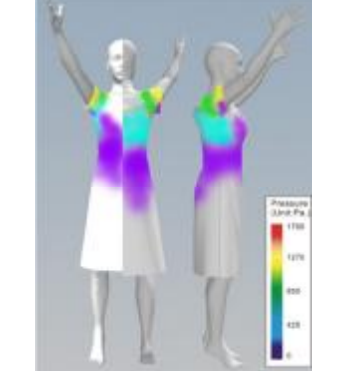
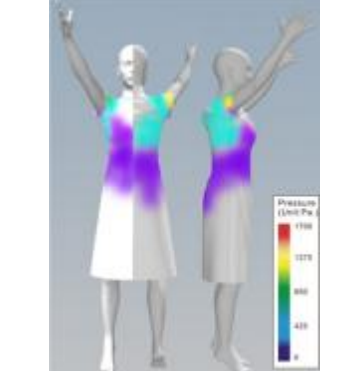


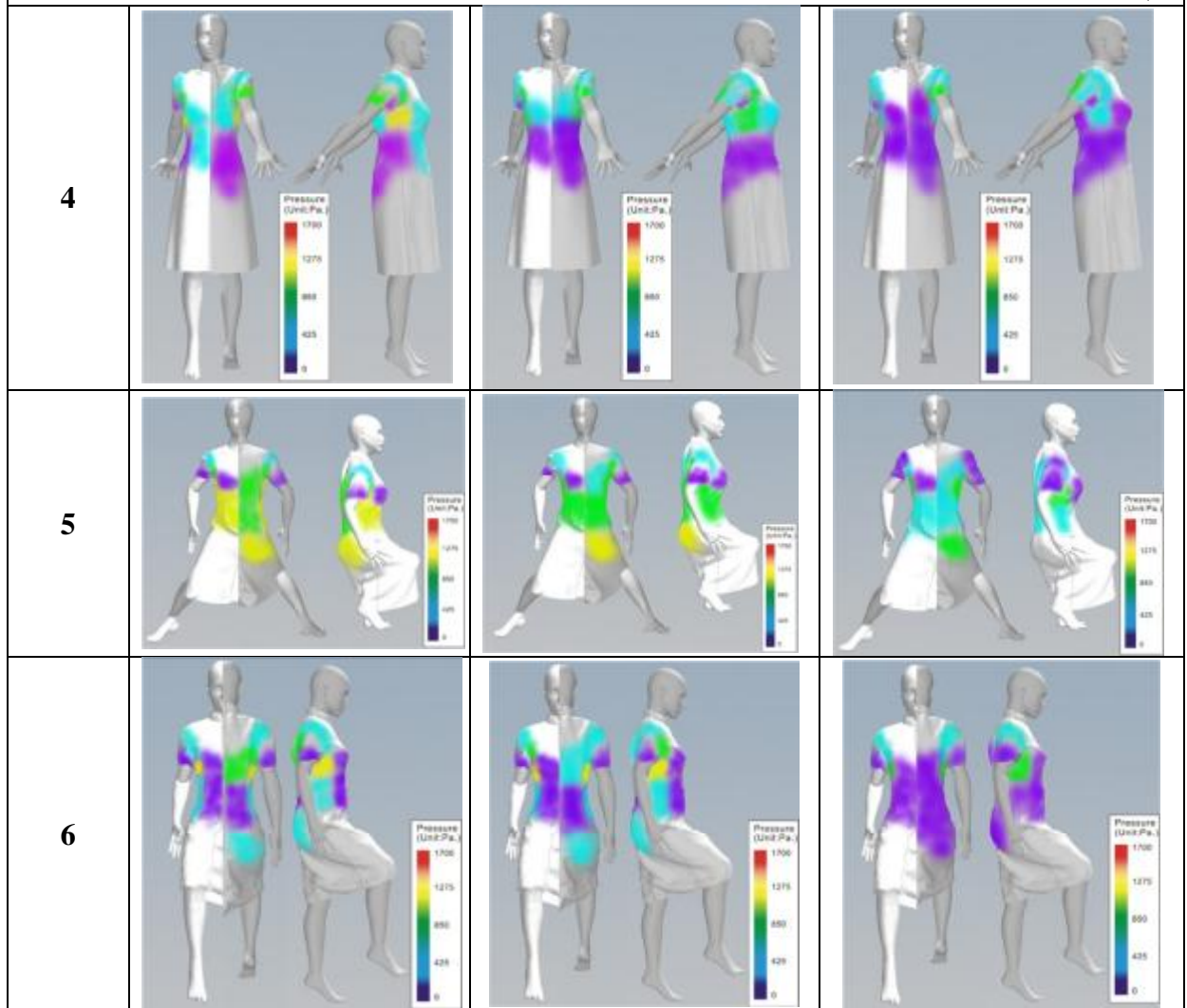
Поза 6



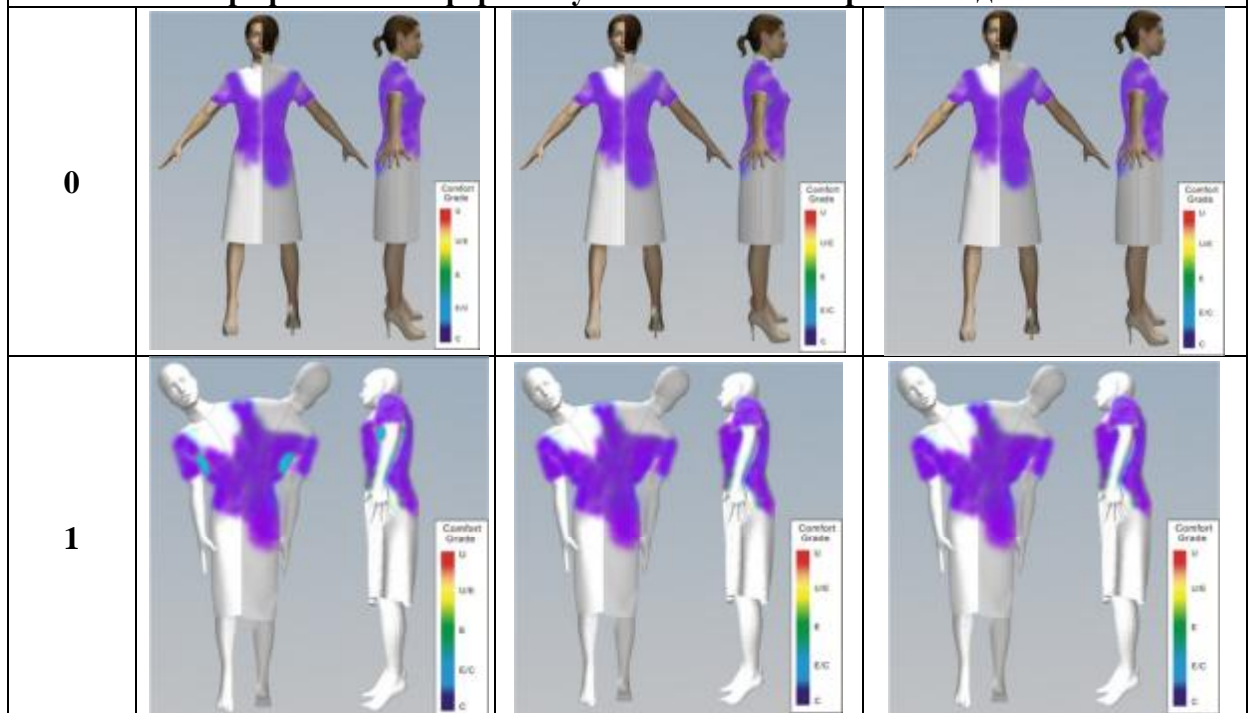
Приложение 8

Топографии распределения давления в системе «фигура-платье», отображаемые в HFCAD под влиянием разных текстильных материалов

Номер позы	Материал I	Материал II	Материал III
1	2	3	4
Топография распределения фактического давления			
0			
1			
2			
3			



Топография зон комфорта с субъективным восприятием давления



2			
3			
4			
5			
6			