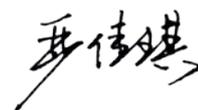


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи



Янь Цзяци

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЖСКИХ СОРОЧЕК  
С ПРОГНОЗИРУЕМЫМ УРОВНЕМ КАЧЕСТВА ПОСАДКИ**

Научная специальность 05.19.04 – Технология швейных изделий

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель -  
доктор технических наук, профессор  
Кузьмичев Виктор Евгеньевич

Иваново – 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ</b> .....	5
<b>СПИСОК ТАБЛИЦ</b> .....	9
<b>СПИСОК РИСУНКОВ</b> .....	11
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	16
<b>ВСТУПЛЕНИЕ</b> .....	23
<b>1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ</b> .....	25
<b>1.1. Кастомизация как основная тенденция в швейной индустрии</b> .....	26
1.1.1. Разница между RtW, MtM и bespoke .....	26
1.1.2. Тенденции кастомизации .....	28
1.1.3. Современные методы кастомизации одежды .....	29
<b>1.2. Морфология и антропометрия мужских фигур</b> .....	36
1.2.1. Основные морфологические особенности мужской фигуры ..	37
1.2.2. Существующие размерные признаки, отражающие морфологию мужской фигуры .....	43
1.2.3. Применение технологии 3D сканирования .....	47
<b>1.3. Мужская сорочка и ее конструирование</b> .....	54
1.3.1. Мужская сорочка и ее форма .....	55
1.3.2. Современные методы построения чертежей .....	56
1.3.3. Методы адаптации чертежа к морфологии фигуры .....	61
<b>1.4. Методы достижения и оценки посадки одежды</b> .....	64
1.4.1. Факторы, влияющие на посадку одежды .....	64
1.4.2. Оценка и критерии посадки одежды .....	67
<b>1.5. САПР для дизайна одежды</b> .....	78
1.5.1. 2D САПР .....	78
1.5.2. 3D САПР .....	80
<b>1.6. Основные цели и этапы исследования</b> .....	89
<b>2. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ МУЖСКОГО ТОРСА</b> .....	93
<b>2.1. Методы исследования</b> .....	93
2.1.1. Инструменты и программное обеспечение .....	93
2.1.2. Получение виртуальных клонов мужских фигур .....	94
2.1.3. Метод получения размерных признаков в Rhinoceros .....	95
2.1.4. Статистическая валидация размерных признаков .....	97
<b>2.2. Морфологические особенности мужских торсов</b> .....	100
2.2.1. Пропорции переднезаднего основного торса .....	101
2.2.2. Пространственные формы линии шеи .....	104
2.2.3. Пространственное расположение линии плеча .....	106
2.2.4. Морфология руки .....	108
<b>2.3. Новые размерные признаки</b> .....	108

2.3.1. Прямые новые размерные признаки . . . . .	109
2.3.2. Преобразованные чертеж-ориентированный размерные признаки . . . . .	113
<b>2.4. Геометрическое моделирование мужского торса . . . . .</b>	<b>114</b>
2.4.1. Геометрическое моделирование линии шеи и линии плеча . . . . .	114
2.4.2. Геометрическое моделирование основного торса и руки . . . . .	118
<b>Вывод по главе 2 . . . . .</b>	<b>120</b>
<b>3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПОСАДКИ СОРОЧЕК В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>3.1. Методы исследования . . . . .</b>	<b>121</b>
3.1.1. Инструменты и программное обеспечение исследований . . . . .	121
3.1.2. Мнения потребителей из интернета . . . . .	122
3.1.3. Фотографии мужских сорочек из интернета . . . . .	123
3.1.4. Цифровой двойник и реальные образцы для валидации . . . . .	124
<b>3.2. Исходные базы данных для субъективной оценки . . . . .</b>	<b>127</b>
3.2.1. База данных мнений потребителей . . . . .	127
3.2.2. База данных фотографий дефектов посадки . . . . .	129
<b>3.3. Критерии оценки мужской сорочки . . . . .</b>	<b>131</b>
3.3.1. Конструктивные причины . . . . .	132
3.3.2. Индикаторы посадки с реальной валидацией . . . . .	134
3.3.3. Окончательные критерии оценки посадки . . . . .	138
<b>Вывод после главы 3 . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ МУЖСКОЙ СОРОЧКИ E-BESPOKE . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>4.1. Методы исследования . . . . .</b>	<b>141</b>
4.1.1. Программное обеспечение. . . . .	141
4.1.2. Субъекты исследования . . . . .	142
4.1.3. Объекты исследования . . . . .	144
<b>4.2. Чертежи мужской сорочки . . . . .</b>	<b>145</b>
4.2.1. База данных о конструктивных прибавках . . . . .	145
4.2.2. Генерация чертежей сорочки . . . . .	148
4.2.2.1. Чертежи e-bespoke . . . . .	148
4.2.2.2. Чертежи сорочки RtW и MtM . . . . .	150
4.2.3. Сравнение чертежей сорочек . . . . .	151
4.2.4. Прогнозирование посадки с помощью чертежей . . . . .	154
<b>Вывод после главы 4 . . . . .</b>	<b>158</b>
<b>5. ВИРТУАЛЬНАЯ E-BESPOKE МУЖСКАЯ СОРОЧКА . . . . .</b>	<b>159</b>
<b>5.1. Методы исследования . . . . .</b>	<b>159</b>
5.1.1. Инструменты и программное обеспечение . . . . .	159
5.1.2. Свойства текстильных материалов . . . . .	160
5.1.3. Субъекты исследования . . . . .	160
<b>5.2. Генерация сорочки e-bespoke . . . . .</b>	<b>161</b>
5.2.1. Виртуальные двойники мужских фигур . . . . .	161
5.2.2. Цифровые двойники текстильных материалов . . . . .	164
5.2.3. Цифровые двойники e-bespoke сорочки . . . . .	166

<b>5.3. Оценка виртуальной e-bespoke сорочки</b> .....	168
5.3.1. Субъективная оценка .....	168
5.3.2. Объективная оценка .....	176
5.3.3. Сорочки e-bespoke в различных формах .....	179
5.3.4. Сорочки e-bespoke из разных тканей .....	181
<b>5.4. Практические производственные испытания</b> .....	183
<b>Вывод после главы 5</b> .....	186
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	187
<b>ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	187
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ</b> .....	189
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	190
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Конструктивные прибавки в мужских сорочках</b> .....	208
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Размерные признаки мужских фигур</b> .....	213
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты социологических исследований</b> ..	222
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Дефекты посадки сорочек</b> .....	225
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акт производственных испытаний</b> .....	238

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- 2D – двумерный
- 3D – трехмерный
- AD – глубина проймы (armhole depth)
- AF – угол отклонения края борта
- AFH – угол отклонения края борта сорочки силуэта H
- AFX – угол отклонения края борта сорочки силуэта X
- AI – искусственный интеллект
- ANN – искусственная нейронная сеть
- APF – передний угол подмышечной впадины
- APB – задний угол подмышечной впадины
- AR – дополненная реальность
- B – жесткость при изгибе
- C2M – потребитель-изготовитель
- d* – предел погрешности
- EMT – удлинение при нагрузке 500 сН/см
- F – усилие растяжения ткани при относительном удлинении 3 %
- G – жесткость при сдвиге
- IoT – интернет вещей
- KES-F – автоматический измерительный комплекс для тканей фирмы Кавабата (Япония)
- MtM – одежда индивидуального производства
- n* – объем выборки
- PPN<sub>B</sub> – проекция полуобхвата шеи сзади
- PPN<sub>B-P</sub> – прогнозируемая проекция полуобхвата шеи сзади
- PPN<sub>F</sub> – проекция полуобхвата шеи спереди
- PPN<sub>F-P</sub> – прогнозируемая проекция полуобхвата шеи спереди
- RT – упругость при растяжении
- RtW – готовая одежда
- VC – виртуальный клон
- VR – виртуальная реальность
- VT – виртуальный двойник
- VT<sub>к</sub> – виртуальный двойник, сгенерированный из виртуального клона
- VT<sub>у</sub> – виртуальный двойник с типичной морфологией
- VT<sub>и</sub> – виртуальный двойник с индивидуальной морфологией
- VT<sub>п</sub> – параметрический виртуальный двойник
- WP – точка запястья
- Z – стандартная нормальная вариация
- БДф – боковая дуга фигуры

Вб	–	высота бедер
Впкп	–	высота плеча косая спереди
Впксз	–	высота плеча косая сзади
Вст	–	высота сосковой точки
Вст-Вт	–	разность (Вст-Вт)
Вт	–	высота талии
Вт-Вб	–	разность (Вт-Вб)
Вштз	–	высота шейной точки сзади
Вшп	–	высота шейной точки спереди
Вштс	–	высота шейной точки сбоку
Вштсб-	–	разность (Вштсб – Вштсп)
Вштсп		
Вштсз-	–	разность (Вштсз – Вштсб)
Вштсб		
Др	–	длина руки
Дс	–	длина спины
Дтп	–	расстояние от шейной точки сбоку до линии талии спереди
Дтс1	–	расстояние от шейной точки сбоку до линии талии сзади
dшпоп	–	поперечный диаметр шеи
dшпзп	–	передняя часть передне-заднего диаметра шеи
dшпзсз	–	задняя часть передне-заднего диаметра шеи
ИМТ	–	индекс массы тела
ИС	–	измерения сорочки
КП	–	конструктивный параметр
КПи	–	измеренный конструктивный параметр
КП1	–	конструктивный параметр, равный исходному размерному признаку
КП2	–	конструктивный параметр, равный сумме размерного признака и минимально-необходимой прибавки
КП3	–	конструктивный параметр, равный сумме размерного признака и композиционной прибавки
КП4	–	конструктивный параметр, равный композиционной прибавке
ЛТ	–	локтевая точка
Об	–	обхват бедер
Обз	–	доля обхвата бедер сзади
Обп	–	доля обхвата бедер спереди
Ог3	–	обхват груди третий
Ог3з	–	доля обхвата груди третьего сзади
Ог3п	–	доля обхвата груди третьего спереди
Озап	–	обхват запястья
Оп	–	обхват плеча
Ор	–	обхват руки

- От – обхват талии
- Отз – доля обхват талии сзади
- Отп – доля обхвата талии спереди
- Ош – обхват шеи
- Ошз – доля обхвата шеи сзади
- Ошп – доля обхвата шеи спереди
- П – конструктивная прибавка
- ПВ – подмышечная впадина
- Пд – динамическая прибавка
- ПЗДф – передне - задняя дуга фигуры
- ПЗДф-БДф – индекс наклона плеча, равный разности (ПЗДф - БДф)
- Пкомп – композиционная прибавка
- Пмин – минимально-необходимая прибавка
- Поб – прибавка к обхвату бедер
- Погз – прибавка к обхвату груди третьему
- Пот – прибавка к обхвату талии
- Пп – прогнозируемая конструктивная прибавка
- Пп0 – прогнозируемая нулевая прибавка
- Ппкомп – прогнозируемая композиционная прибавка
- Ппмин – прогнозируемая минимально-необходимая прибавка
- Пс – стилевая или композиционная прибавка
- ПТ – плечевая точка
- Птм – прибавка на пакет текстильных материалов
- Рнпсб – расстояние от низа до пола сбоку
- Рнпсз – расстояние от низа до пола сзади
- ΔРнпсз – разность между Рнпсб и Рнпсз
- Рнпсп – расстояние от низа до пола спереди
- ΔРнпсп – разность между Рнпсб и Рнпсп
- РП – размерные признаки
- РПн – новые размерные признаки
- РПс – существующие размерные признаки
- Рптп – расстояние между плечевыми точками спереди
- Рптсз – расстояние между плечевыми точками сзади
- Рптшп – расстояние от плечевой точки до шейной точки спереди
- Рптшсз – расстояние от плечевой точки до шейной точки сзади
- Рпшб – горизонтальное расстояние от шейной точки сбоку до заданной вертикальной плоскости
- Рпшз – горизонтальное расстояние от шейной точки сзади до заданной вертикальной плоскости
- Рпшп – горизонтальное расстояние от шейной точки спереди до заданной вертикальной плоскости

Рштпт	–	расстояние от шейной точки спереди до талии
С	–	субъект
САПР	–	система автоматизированного проектирования
СКО	–	математическое стандартное отклонение
Т	–	текстильный материал
УНп	–	угол наклона плечевого ската
ЦД	–	цифровой двойник
ЦДм	–	цифровой двойник текстильного материала
ЦДс	–	цифровые двойники системы “мужская фигура - сорочка”
ЧБ	–	чертеж Н-силуэта
ЧА	–	чертеж Х-силуэта
Шг	–	ширина груди
Шп	–	ширина плечевого ската
Шс	–	ширина спины
ШТб	–	шейная точка сбоку
ШТз	–	шейная точка сзади
ШТп	–	шейная точка спереди

## СПИСОК ТАБЛИЦ

- 1.1 – Различия между тремя типами производства одежды
- 1.2 – Вариация морфологий интегральных фигур по различным критериям
- 1.3 – Определение морфологических признаков фигуры на основе базового РП
- 1.4 – Основные координаты характерных точек на полочке
- 1.5 – Элементы для оценки для различных частей одежды в исследовании Кима
- 2.1 – Размеры выборок для трех типов фигур
- 2.2 – Основные размерные признаки субъектов
- 2.3 – РП и пропорции сегментов торса трех VC
- 2.4 – РП шейных сегментов трех виртуальных клонов
- 2.5 – Перечень РПн и РПс
- 2.6 – Абсолютные погрешности прогнозируемых передних и задних боковых проекций шеи
- 3.1 – Показатели механических свойств текстильных материалов
- 3.2 – Градация посадки области шеи и воротника
- 3.3 – Несовместимые размерные признаки и конструктивные параметры, приводящие к возникновению дефектов посадки
- 3.4 – Критерии посадки воротника (случай, прибавка к обхвату шеи больше допустимой)
- 4.1 – РП семи субъектов 170/92У
- 4.2 – Минимально-необходимые и композиционные прибавки при конструировании e-bespoke сорочки
- 4.3 – Параметры чертежей для e-bespoke сорочки
- 4.4 – Значения РПн и КПи, Пп для чертежей RtW, MtM и e-bespoke субъекта C<sub>72</sub>
- 4.5 – Принципы прогнозирования посадки по значениям Пп
- 5.1 – Результаты измерений виртуальных двойников VT<sub>к</sub> и VT<sub>и</sub>
- 5.2 – Субъективная оценка сорочек e-bespoke антропометричной формы
- 5.3 – Средние баллы субъективных оценок сорочек антропометрической формы RtW, MtM и e-bespoke
- А.А – Формы и размеры мужских сорочек
- А.Б – Прибавки в сорочках антропометрической формы
- А.В – Прибавки в сорочках приталенной формы
- А.Г – Прибавки в сорочках обычной формы
- А.Д – Прибавки в сорочках свободной формы
- Б.А – Измерения торса субъектов У-типа
- Б.Б – Измерения шеи, плеч и рук субъектов У-типа
- Б.В – Измерения торса субъектов А-типа
- Б.Г – Измерения шеи, плеч и рук субъектов А-типа
- Б.Д – Измерения торса субъектов В-типа

- Б.Е – Измерения шеи, плеч и рук субъектов В-типа
- В.А – Мнение потребителей о мужских сорочках
- Г.А – Критерии посадки воротника
- Г.Б – Критерии посадки плечевого шва
- Г.В – Критерии посадки рукава
- Г.Г – Критерии посадки стана

## СПИСОК РИСУНКОВ

- 1.1 – Требуемые РП и морфологическая информация для мужской сорочки MtM различного уровня качества:  
*a* - низкий уровень от Uniqlo, *б* - средний уровень от iTailor ,  
*в* - высокий уровень от MatchU
- 1.2 – Этапы процессов RtW, MtM и e-bespoke
- 1.3 – 3D виртуальная мужская сорочка и виртуальный клон из e-bespoke ателье:  
*a* - виртуальная сорочка от Tailor-i,  
*б* - виртуальный клон от Meepie
- 1.4 – Сканирование фигур в телефонных приложениях:  
*a* - Size:Me, *б* - Meepie
- 1.5 – Новые методы кастомизации:  
*a* - техника выравнивания чертежа 3D-2D,  
*б* - параметрическая модель изготовления чертежа для джинсов
- 1.6 – Вариации пропорциональных сегментов фигуры:  
*a* - шея, *б* - плечо, *в* - передняя часть груди,  
*г* - живот, *д* - спина, *е* - бедра
- 1.7 – Морфология торса, определенная Мийоши:  
*a* – толщина торса, *б* - углы различных областей,  
*в* - углы шеи, *г* - углы нижней части спины
- 1.8 – Морфология торса, проанализированная по углам проекции фигуры:  
*a* - измерение углов на сагиттальных сечениях,  
*б* - примеры специфических форм морфологии торса
- 1.9 – Девять основных ориентиров и три уровня для измерения мужской фигуры
- 1.10 – РПс для верхней мужской одежды
- 1.11 – Три основных полнофигурных сканера:  
*a* - VITRONIC, *б* - сканирование на вращающейся платформе FIT3D, *в* - портативный сканер от TechMed3D
- 1.12 – Размерные признаки VC, измеряемые вручную и генерируемые автоматически SizeStream
- 1.13 – Использование виртуального клона:  
*a* - виртуальный клон на виде спереди и сбоку, *б* - воздушный зазор, *в* - индикаторы CEV для системы “женское платье-фигура”,  
*г* - распределение прибавки в женских брюках
- 1.14 – Процесс получения чертежа 3D-2D в исследованиях Хонга:  
*a* - нахождение характерных точек, *б* - соединение характерных точек, *в* - генерирование трехмерной сетчатой поверхности одежды, *г* - генерирование 2D чертежа
- 1.15 – Разные формы сорочек:  
*a* – антропометричная, *б* – приталенная,  
*в* – обычная, *г* – свободная

- 1.16 – Пропорциональный метод построения базовых конструкций мужской одежды:  
*a* - японский метод Бунка, *b* - китайский метод от Лю,  
*v* - китайский метод из Дунхуа университета  
(единица измерения: см, В представляет здесь ОГЗ)
- 1.17 – Схема конструирования мужской сорочки по методу прямых построений Джозефа-Армстронга:  
*a* - размерные признаки,  
*b* - схема чертежа стана сорочки (единица измерения: дюйм)
- 1.18 – Характерные точки стана сорочки в декартовой системе координат
- 1.19 – Адаптация чертежей для нетипичных фигур с различной морфологией:  
*a* - слегка выпяченная грудь, *b* - горбатая спина, *v* - квадратное плечо (сплошные линии: адаптированные чертежи; пунктирные линии: исходные чертежи), где А, В, С - разница между РП (Рштпт, Дс, Шг, Шс) индивидуальных и типичных фигур
- 1.20 – Адаптация чертежа с помощью антропометра:  
*a* - плечевой антропометр,  
*b* - схема адаптации для вытянутого вперед квадратного плеча
- 1.21 – Распределение прибавок на стане сорочки
- 1.22 – Наложённые фотографии манекена и женского платья из разных тканей:  
*a* - D1, *b* - D2, *v* - D3, *z* - D4
- 1.23 – Сегменты жакета для оценки локальной посадки:  
*a* - тринадцать частей спереди, *b* - шесть частей сбоку,  
*v* - двенадцать частей сзади
- 1.24 – Шкалы для оценки посадки куртки:  
*a* – перед стана; *b* - верхняя часть спины, *v* - центр спинки,  
*z* - боковые части спинка, *d* - ширина плеч, *e* - окат рукава,  
*ф* - воротник, *ч* - лацкан
- 1.25 – Движения для оценки комфорта мужских курток в исследовании Сайгили:  
*a* - отведение руки в сторону на 90°, *b* - сгибание - отведение руки вперед на 145° (удержание галстука), *v* - сгибание и разгибание,  
*z* - сгибание - отведение руки от плеча вперед на 90°
- 1.26 – Шкала приемлемости в исследовании Хука
- 1.27 – Измерения числовых индикаторов посадки:  
*a* - давление одежды в реальной среде, *b* - расстояние между одеждой и фигурой в виртуальной среде (в Modaris 3D Fit)
- 1.28 – Критерии посадки для мужской сорочки
- 1.29 – Интервалы прибавок к обхватам фигуры для разных стилей одежды:  
*a* - грудь, *b* - талия, *v* - бедра
- 1.30 – Разделение передней, боковой и задней частей:

- a* - поперечное сечение фигуры на уровне бедра,  
*б* - соответствующие параметры чертежа
- 1.31 – Три модуля в программном обеспечении 2D САПР:  
*a* - конструирование (PAD System), *б* - градация (TUKACAD),  
*в* - раскладка (TUKACAD)
- 1.32 – Пользовательский интерфейс CLO 3D
- 1.33 – Процесс создания виртуальной одежды и оценки посадки
- 1.34 – Генерация аватара в CLO 3D:  
*a* - аватар по умолчанию из библиотеки,  
*б* - параметрический аватар, адаптированный к персональному ПК,  
*в* - ЦД, преобразованный из VC,  
*г* - индивидуализированный аватар, сгенерированный из VC
- 1.35 – Модуль виртуальной ткани в CLO 3D:  
*a* - ткань по умолчанию (хлопчатобумажные полотна) в библиотеке, *б* - эмулятор CLO ткани и инструменты [148],  
*в* - список дигитальных свойств
- 1.36 – Виртуальная оценка посадки одежды в CLO 3D:  
*a* - внешний вид одежды, *б* - прозрачный режим одежды,  
*в* - измерение скорости деформации и карта деформаций
- 1.37 – Рамки разработки реальной и виртуальной e-bespoke мужской сорочки
- 2.1 – Получение VC мужской фигуры:  
*a* - необработанная сетчатая модель сканирования,  
*б* - реконструированный VC
- 2.2 – Методы получения РП в Rhinoceros:  
*a* - перпендикулярно основе, *б* - сечение,  
*в* - контур, *г* - разделительная корональная плоскость
- 2.3 – Пропорции торса в продольном направлении, отраженные передними и задними долями обхватов и длинами поверхности
- 2.4 – Три VC типа 170/92Y с различными пропорциями сегмента торса
- 2.5 – Новые размерные признаки для описания морфологических особенностей пространственной формы и линии обхвата шеи
- 2.6 – Вид спереди, сбоку и сзади линий шеи трех VC
- 2.7 – Пространственное расположение плечевой линии:  
*a* - вид спереди, *б* - вид сбоку, *в* - вид сзади
- 2.8 – Вид спереди, сбоку и сверху линий левого плеча, извлеченных из трех VC
- 2.9 – Схемы измерения РПн и РПс
- 2.10 – Геометрическая модель линии шеи и ее применение для построения чертежа:  
*a* - конфигурация линии шеи виртуального клона VC и проекция ее участков в 3D декартовой системе координат,  
*б* - построение линии горловины на чертеже
- 2.11 – Геометрическая модель плечевого ската

- и ее применение к чертежу:  
*a* - плечевой сегмент виртуального клона,  
*b* - линия плеча конструкции
- 2.12 – Геометрическая модель торса, руки и их применение к чертежу:  
*a* - основной сегмент торса  $VC$ ,  
*b* - чертеж стана, *v* - чертеж рукава
- 3.1 – Инструменты KES - FB1, FB2, FB3
- 3.2 – Фотографии мужских сорочек с дефектами посадки:  
*a* - спереди, *b* - сбоку, *v* - сзади
- 3.3 – Пять текстильных материалов:  
*a* -  $T_1$ , *b* -  $T_2$ , *v* -  $T_3$ , *z* -  $T_4$ , *d* -  $T_5$
- 3.4 – Конфигурация плечевых линий и параметры чертежа:  
*a* - схема варианта стана,  
*b* - параметры для оценки наклона плечевых линий
- 3.5 – Индикаторы посадки:  
*a* - измерение высоты линии низа, *b* - угол между краями бортов
- 4.1 – Распределение фигур 150 субъектов
- 4.2 – Семь виртуальных клонов 170/92Y
- 4.3 – Технический рисунок мужской сорочки, использованной в исследовании
- 4.4 – Схема использования конструктивных параметров для построения чертежа сорочки e-bespoke
- 4.5 – Совмещенные чертежи  
*a* - чертежи RtW и e-bespoke для субъектов 170/92Y,  
*b* - чертежи RTW, MtM и e-bespoke для субъекта  $C_{72}$
- 4.6 – Чертежи сорочек e-bespoke разных стилей для субъекта  $C_{72}$
- 4.7 – Схема измерения конструктивного параметра КПи и соответствующего ему РП:  
*a* - КПи, *b* - РПтштп
- 5.1 – Преобразование виртуального клона  $VC$  в  $VT_C$  мужской фигуры:  
*a* - расположение суставов в Мiхато,  
*b* -  $VT_C$  с виртуальными суставами и скелетом
- 5.2 – Поперечные сечения виртуального двойника  $VT_K$ , полученного из виртуального клона (сплошные линии), и индивидуализированного виртуального двойника  $VT_{и}$ , сгенерированного автоматически в CLO3D (пунктирные линии):  
*a* - горизонтальные, *b* - корональные, *v* - сагиттальные,  
*z* - контуры шейного отдела
- 5.3 – Процессы изготовления виртуальных сорочек в CLO 3D:  
*a* - определение сегментов фигуры на  $VT_C$ , *b* - позиционирование шаблонов и швов в 3D, *v* - шаблоны деталей воротника
- 5.4 – Цифровые двойники сорочек антропометрической формы на видах спереди, сбоку, сзади, сегменты шеи и плечевого субъектов 170/92Y:

- a* - С<sub>3</sub>, *б* - С<sub>8</sub>, *в* - С<sub>34</sub>, *г* - С<sub>37</sub>, *д* - С<sub>56</sub>, *е* - С<sub>72</sub>, *и* - С<sub>87</sub>.
- 5.5 – Виды спереди, сбоку, сзади и сегменты шеи и плечевого пояса виртуальных сорочек антропометрической форме для субъекта С<sub>72</sub>:  
*a* - RtW, *б* - MtM, *в* - e-bespoke.
- 5.6 – Карты деформаций сорочек RtW, MtM и e-bespoke антропометрической форме на субъекте С<sub>72</sub>:  
*a* - карты деформаций,  
*б* - сегменты для измерения коэффициентов деформаций
- 5.7 – Скорости деформации сорочек RtW, MtM и e-bespoke:  
*a* - субъект С<sub>7</sub>, *б* - средние значения для семи 170/92Y субъектов
- 5.8 – Цифровые двойники сорочек e-bespoke для субъекта С<sub>72</sub> различных стилей:  
*a* - приталенная, *б* - обычная, *в* - свободная
- 5.9 – Внешний вид сорочек для субъекта С<sub>72</sub>, изготовленных из различных ЦДм:  
*a* - ЦДм1, *б* - ЦДм4, *в* - ЦДм5
- 5.10 – Вид сбоку восьми виртуальных клонов из компании Тексел
- 5.11 – Процедура практического производственного тестирования Сергея К.:  
*a* - маркировка ориентиров и размерных признаков на виртуальном клоне, *б* - кастомизированные чертежи стана сорочки различной формы, *в* - готовая виртуальная приталенная сорочка, *г* - сшитый образец реальной приталенной сорочки

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность выбранной темы.** Цифровизация процессов моделирования и конструирования процессов одежды, которая стала реальностью в швейном производстве, позволяет пересмотреть содержание многих традиционных процессов. Так называемое адресное проектирование или MtM (made-to-measure) реализуют для изготовления одежды на фигуры нетипового телосложения в условиях промышленного производства; по содержанию эта технология является промежуточным звеном между готовой (ready-to-wear, RtW) и индивидуальной (bespoke) одеждой. Особенностью индивидуального проектирования является иное содержание антропометрической базы данных о фигуре потребителя, включающей дополнительные размерные признаки. В зависимости от полноты такой базы изготавливаемая одежда будет иметь разные показатели соразмерности и сбалансированности.

Благодаря появлению технологии бодисканирования и достоинствам современных САПР объем антропометрической информации о морфологии современных фигур значительно возрос, что позволяет внести количественные и качественные изменения в процессы кастомизированного проектирования и переместить его в виртуальную среду.

**Степень разработанности темы.** В настоящее время подобное направление развивается во многих странах с высоким уровнем цифровизации повседневной жизни (Китай, США, Европа, Япония и др.). Основное преимущество цифровой кастомизации заключается в возможности проектировать и демонстрировать одежду с высоким уровнем качества посадки на конкретном потребителе, что открывает возможности экономии ресурсов, работы по принципу удаленного доступа, увеличения потребительских сегментов.

Однако, успешное развитие этого направления требует формализации

профессиональных знаний в области антропометрии, конструировании одежды, текстильного материаловедения, квалиметрии виртуальных объектов. Научные исследования в области формализации профессиональных конструкторских знаний проводят ученые и практики **S.-E. Jang** (Корея), **K. Liu, B. Gu** (Китай), **K. Kim** (Япония), **Nadia Magnenat Thalmann** (Сингапур), **Pascal Bruinex** (Франция), **Е.Г. Андреева, И.Ю. Петросова** (РГУ имени А.Н. Косыгина), **А.Ю. Москвин, М.В. Москвина**, СПбГУПТД (Россия), кафедра КШИ ИВГПУ. Полученные результаты становятся доступными другим исследователям благодаря регулярным публикациям в журналах *Textile Research Journal*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, *The Journal of the Textile Institute*, входящих в международно-аналитическую базу WoS, что позволяет говорить о сформировавшемся научном направлении в области цифровизации кастомизированного проектирования одежды. Практическое воплощение научных результатов реализовано в программных продуктах для кастомизированного проектирования CLO 3D, *Marvelous Designer* (Корея), *Assyst Vidya* (Германия), *Lectra* (Франция), *Browzwear* (Сингапур), *EFI Optitex* (США), *TUCA 3D* (Япония), а возможности интернет-платформ *BrooksBrothers*, *ProperCloth*, *Indochino*, *Woodies* (США), *Budd* (Великобритания), *bivolino* (Бельгия), *Uniqlo* (Япония), *Spire&Maskay* (Канада), *Arposta* (Италия), *TailorStore* (Швеция), *MatchU*, *RedCollar* (Китай) демонстрируют рост объемов продаваемой одежды.

Полученные результаты часто основаны на личном опыте исследователей, особенностях национальных систем проектирования, разрозненных технических и программных продуктах, что не позволяет пока говорить о наличии универсального аппаратно-программного комплекса с научно обоснованной совокупностью базой данных обо всех элементах и принципах их генерирования в виртуальную систему "фигура - одежда". Поэтому развитие этого научного направления по разработке новой технологии индивидуального проектирования в цифровой среде

(e-bespoke) является актуальным с позиций дальнейшей цифровизации всех областей производства и потребления.

Работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта ВАК научной специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий (технические науки): 1 «Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования одежды на фигуры типового и нетипового телосложения», 3 «Разработка математического и информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования одежды», 5 «Совершенствование методов оценки качества и проектирование одежды с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями».

**Целью исследования** является разработка технологии e-bespoke кастомизированного проектирования мужских сорочек в виртуальной среде.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи**:

1. Провести антропометрические исследования мужских фигур для формирования новой совокупности размерных признаков, достаточных для описания морфологических особенностей торса.

2. Разработать типовые модели участков торса мужской фигуры для согласования их морфологических особенностей с условиями развертывания на плоскости, ответственных за качество посадки.

3. Усовершенствовать методику конструирования мужских сорочек.

4. Разработать систему критериев для оценки качества посадки мужских сорочек.

5. Изучить влияние показателей свойств тканей на особенности пространственного формообразования сорочек с разными показателями ОПФ.

6. Разработать алгоритм проектирования мужских сорочек в виртуальной среде.

7. Провести производственную апробацию полученных результатов.

**Объект исследования** – мужские фигуры, сорочки с разной объемно-пространственной формой, процесс проектирования.

**Предмет исследования** – размерные признаки торса мужских фигур, показатели свойств тканей, конструктивные параметры чертежей.

**Область исследования** - процесс проектирования мужских сорочек.

**Методы и средства исследования.** Для исследования отдельных элементов и всей системы "мужская фигура - сорочка" использовали бесконтактный метод измерения мужских фигур, методы генерирования виртуальных объектов, метод сенсорного анализа для фиксации движений глаз в режимах нейро технологий eye-tracking.

Для проведения экспериментальных исследований был сформирован аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий генерирование и передачу цифровой информации, получаемой на каждом этапе исследований, в который вошли шесть компонентов:

(1) лазерный бесконтактный 3D бодисканер VITUS Smart XXL для получения сканатаров мужских фигур согласно стандарту ISO 20685-2010(E);

(2) программа Anthroscan (Human Solutions, Германия) для обработки антропометрической информации;

(3) САПР ET (BUYI Technology, Китай) для оцифровывания чертежей;

(4) измерительные комплексы KES-F (Kawabata Evaluation System for Fabrics) или FAST (Fabric Assurance by Simple Testing) для тестирования текстильных тканей;

(5) компьютерная программа CLO 3D, версия 5.0.156.38765, (CLO Virtual Fashion, Республика Корея) для генерирования статичных и динамичных виртуальных объектов.

Статистическую обработку результатов измерений проводили с помощью программы SPSS (IBM, США).

**Научная новизна** работы состоит в формировании новой совокупности

размерных признаков, необходимых и достаточных для генерирования плоских разверток деталей в соответствии с прогнозируемым объемно-пространственным положением сорочки и особенностями строения верхней части торса мужской фигуры.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Новая антропометрическая база данных, получаемая после измерения вертикальных и горизонтальных сечений торсов мужских фигурах.
2. Алгоритм генерирования плоских разверток торсов мужских фигур.
3. Структура аппаратно-программного комплекса для проектирования и генерирования виртуальных двойников систем «мужская фигура - сорочка».
4. Критерии для оценки качества посадки сорочек на мужских фигурах.

**Теоретическая значимость работы** состоит в создании теоретических и экспериментальных основ виртуального проектирования мужских сорочек. Часть теоретических результатов введена в международный научный борот и включена в монографию "Anthropometry, Apparel Sizing and Design (Second Edition)", Edited by Norsaadah Zakaria and Deepti Gupta. - The Textile Institute Book Series. -Duxford, United Kingdom, Cambridge, United States, Kidlington, United Kingdom, Woodhead Publishing, 2020,415 p. - Глава 9. Evaluation of pattern block for fit testing (Контроль чертежей для оценки качества посадки одежды), с. 217-251, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102604-5.00009-3>.

**Практическая значимость работы** состоит в создании технологии e-bespoke (адресного) виртуального проектирования мужских сорочек с прогнозируемыми показателями посадки на фигурах разных морфологических типов. Разработанная антропометрическая база данных может быть использована для разработки новых маркировок одежды в интернет-магазинах и совершенствования методов плоскостного и объемного проектирования. Результаты работы переданы и внедрены на

ООО Texel (Москва), разрабатывающем программное обеспечение для виртуального проектирования кастомизированной одежды.

**Степень достоверности результатов** работы обеспечивается согласованностью результатов экспериментальных исследований исходных элементов - мужских фигур, конструкций сорочек, текстильных тканей, обеспечивших получение мужских сорочек с прогнозируемым качеством посадки, правильным формированием обучающей выборки из сканированных фигур, положительными результатами производственной проверки.

**Апробация результатов.** Основные результаты работы были доложены на 11 конференциях: 16th World Textile Conference AUTEX 2016, 8-10 июнь 2016 г. (**Любляна, Словения**); 7th International conference "3D Body scanning technologies", 30 ноября - 1 декабря 2016 г. (**Лугано, Швейцария**); XXIII и XXIV международных научно-технических конференциях "Информационная среда вуза", 23-25 ноября 2016 г., 22-23 ноября 2017 г. (**Иваново**); Всероссийская научная студенческая конференция "Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности ИНТЕКС 2016", 5-6 апреля 2016 г. (**Москва**); межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов (с международным участием) "Молодые ученые -развитию текстильно-промышленного кластера" (ПОИСК), 2016, 2019, 2020 (**Иваново**); 17th World Textile Conference AUTEX 2017 Textiles – Shaping the Future", июнь 2017 г. (**Корфу, Греция**); 18th World Textile Conference AUTEX 2018, 21-23 июня 2018 г. (**Стамбул, Турция**); Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference AITAE 2018, 5-7 сентябрь 2018 г. (**Митилини, Греция**); международная конференция "Техника, технологии и образование" (International Conference on Technics, Technologies and Education) ICTTE 2020, 5-6 ноября 2020 г. (**Ямбол, Болгария**); в образовательном цикле «Новые возможности для каждого» национального проекта «Образование» в курсе "Цифровые луки:

художественное и промышленное проектирование 3D одежды в виртуальной реальности", 2020 г. (**Иваново, ИВГПУ**). Работа выполнена в 2017-2020 гг. на кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ в рамках основного научного направления "Анализ и синтез материальных и виртуальных систем "фигура-одежда", государственного задания **"Разработка программного обеспечения для виртуального проектирования статичных и динамичных систем "фигура-одежда" и проведения виртуальных примерок одежды Fashionnet"** (№ 2.2425.2017/ПЧ) и гранта Миннауки РФ **"Разработка цифровых двойников исторического костюма с помощью технологий реверсивного инжиниринга"** в форме субсидий в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" (05.616.21.0113).

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 13 печатных работ, из них шесть в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, семь в материалах конференций различных уровней.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание работы изложено на 238 страницах машинописного текста, включая 72 рисунков и 39 таблицы. Список использованных источников насчитывает 171 наименований.

## ВСТУПЛЕНИЕ

MtM (made-to-measure, одежда индивидуального производства) как промежуточное звено между RtW (ready-to-wear, готовая одежда) и bespoke (одежда от кутюр) - это одежда, спроектированная индивидуально для нетипичных фигур в индустриальном производстве. Одежду MtM проектируют на основе различного состава антропометрической базы данных о фигурах потребителей, включая дополнительные измерения. В зависимости от выполнения такой базы готовая одежда будет обладать различными индикаторами пропорциональности и баланса.

Благодаря развитию технологий 3D сканирования и 3D САПР появилась возможность значительного увеличения объема антропометрической информации о морфологии человеческих фигур, что позволяет количественно и качественно изменить процесс кастомизации и перенести его в виртуальную среду.

В настоящее время такое направление развивается во многих странах или регионах (Китай, США, Европа, Япония и др.) с высоким уровнем дигитализации в повседневной жизни. Главным преимуществом дигитальной кастомизации является возможность проектировать и демонстрировать одежду с высоким уровнем посадки для конкретного потребителя, что открывает возможность экономии ресурсов, работы по принципу удаленного доступа, и увеличения потребительских сегментов.

Успешное развитие этого направления требует формализации профессиональных знаний в области антропометрии, дизайна одежды, текстильной науки и оценки виртуальных объектов. Научные исследования в этой области формализации проводятся некоторыми учеными (например, Бин фэй ГУ (Китай), Паскаль Брюнекс (Франция)). Полученные результаты доступны через публикацию индексируемых журналов (например, Textile Research Journal) в Web of Science, Scopus и др. Практическая реализация научных результатов, полученных с помощью программного обеспечения

3D САПР (например, CLO 3D) и интернет ателье кастомизации (например, BrooksBrothers), демонстрирует рост продаж такой одежды.

Однако, предыдущие результаты обычно основываются на личном опыте, особенностях национальных систем измерения, отдельных технических и программных продуктах и т. д., что пока не позволяет создать универсальный аппаратно - программный комплекс, научно-обоснованную базу данных обо всех элементах и принципах их генерации в виртуальной системе “фигура-одежда”. Поэтому развитие данного научного направления по разработке новой технологии индивидуализированного проектирования в цифровой среде (e-bespoke) является актуальным с точки зрения дальнейшей дигитализации всех сфер производства и потребления.

Целью данного исследования является разработка технологии e-bespoke для индивидуального проектирования мужской сорочки в виртуальной среде путем создания антропометрической базы данных и новых измерений фигур, разработки новой методики построения чертежа и критериев ее оценки посадки, а также алгоритма проектирования виртуальной e-bespoke мужской сорочки.

## ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в одной работе [159].

С ростом требований к эксклюзивной посадке, эстетике и индивидуальности, индивидуальная одежда, которая обычно скроена как MtM (одежда индивидуального производства) или bespoke (одежда от кутюр), становится доминирующей тенденцией в индустрии моды в последние годы. MtM всегда включает в себя элементы некоторой стандартизации в чертежах и производстве, в то время как bespoke полностью проводится на основе спецификации потребителя и мастерства портного с гораздо большим вниманием к мельчайшим деталям посадки и использованием нескольких примерок в процессе шитья [1-3]. Посадка и внешний вид этих предметов одежды лучше, чем у серийных предметов одежды RtW (готовая одежда).

Обычно процедура кастомизации выполняется вручную опытным конструктором или портным, что показывает свою трудоемкость и иногда неудовлетворительность. С популяризацией передовых технологий вся процедура может быть радикально оптимизирована. Точная 3D модель с реальными размерными признаками может быть получена мгновенно с помощью 3D сканера [4]. Виртуальная симуляция примерки может быть продемонстрирована мгновенно перед процессом шитья с помощью САПР в 3D виртуальной среде [5]. Другие технологии, такие как искусственный AI, IoT, также привели к быстрой онлайн кастомизации за последние несколько лет.

Однако, современная индивидуальная одежда не может сочетаться с каждым потребителем, особенно с теми, которые характеризуются нетипичными морфологическими признаками, что обусловлено недостаточным знанием взаимосвязи между морфологией фигуры,

конструкцией чертежа, посадкой одежды и т. д. Прежде всего, применяемые размерные признаки и чертежи конструкции не способны охарактеризовать такие важные морфологии, как пропорции в переднезаднем направлении. Более того, хотя кастомизация смещает больше внимания на виртуальную платформу, существующая виртуальная кастомизация все еще не может отражать реальную посадку одежды и ее внешний вид. Поэтому новые базы данных и методы должны быть исследованы для разработки существующей индивидуальной одежды.

Эта глава направлена на изучение существующей литературы и услуг, чтобы сформулировать современную научно-практическую ситуацию и проблемы реального и виртуального дизайна индивидуальной одежды для разработки нового метода *e-bespoke* мужской сорочки.

## **1.1. Кастомизация как основная тенденция в швейной индустрии**

С развитием индустрии и повышением потребительского восприятия одежды кастомизация, которая может обеспечить более эксклюзивную посадку, чем одежда массового производства, стала основной тенденцией. Между тем, новая онлайн и виртуальная кастомизация родилась в подходящее время наличия условий, связанных с новыми технологиями и режимами торговли.

В этом подразделе были исследованы сходства и различия между *RtW*, *MtM* и *bespoke* одеждой, причины популярности кастомизации, современные методы кастомизации одежды, а также их достоинства и недостатки.

### **1.1.1. Разница между *RtW*, *MtM* и *bespoke***

Существует три категории современной одежды: *RtW*, *MtM* (также известная как массовая кастомизация) и *bespoke*.

Одежда RtW появилась с момента изобретения ткацких и швейных машин после промышленной революции в середине XIX века. Ее изготавливали на основе чертежей, разработанных для типовых фигур стандартных размеров, полученных из антропометрической базы данных [6, 7], что должно было удовлетворить большинство потребителей [8]. Хотя RtW является наиболее экономичным и удобным выбором для потребителей, многие из них сообщили о негативном опыте посадки и монотонности [9, 10].

Напротив, MtM и bespoke одежды предназначены для индивидуальных потребителей, которые стремятся к более высокому качеству, индивидуальности и хорошей посадке. Одежда MtM изготавливается в соответствии с индивидуальными измерениями фигуры путем модификации чертежа RtW [11]. Она может удовлетворять более высокие потребности посадки и эстетики с относительно более низкими расходами и стоимостью производства, чем изготовленная bespoke одежда. Однако MtM также не может гарантировать хорошую посадку из-за применения традиционных размерных признаков и чертежей конструкции.

Bespoke одежда - это индивидуальный эксклюзивный пошив, выполненный для премиального качества и посадки, который был известен как от кутюр во Франции с XIX века. Чертеж и дизайн полностью сделаны для самого высокого уровня персонализированной посадки и эстетики, но часто требуют самых высоких затрат и самой сложной процедуры изготовления [1, 2].

Согласно обобщению Гиллом трех типов производства одежды, основные различия между RtW, MtM и одеждой на заказ показаны в табл. 1.1 [1].

Таблица 1.1 - Различия между тремя типами производства одежды

Тип одежды	Производственный процесс		
	Размерные признаки (РП)	Чертеж конструкции	Оценка посадки
RtW	Основные РП системы размеров	Нормализованные прототипы на основе типовых размеров	На манекене
MtM	Ручные основные РП по индивидуальному фигуру	Индивидуальный чертеж скорректированный с прототипа	На индивидуальной фигуре
Bespoke	Расширенные ручные РП индивидуальному фигуру	Исключительно индивидуальный чертеж	

Как показано в табл. 1.1, производство RtW основано на стандартизированных размерах, чертежах и манекенах. Bespoke выполнен в эксклюзивной манере. MtM - это компромисс между RtW и bespoke как со стандартной, так и с индивидуальной информацией.

### 1.1.2. Тенденции кастомизации

Кастомизация возрождается как доминирующая тенденция в индустрии моды по двум основным причинам [12].

Во-первых, потребители смещают больше внимания на личность и качество с повышением объемов потребления и возрастанием требований эстетики [13]. Предыдущее исследование показало, что 41% потребителей заинтересованы в индивидуальной одежде, 53% из которых в возрасте от 16 до 39 лет [14, 15]. Рынок кастомизации мужской одежды демонстрирует большой потенциал с увеличением роста потребления молодыми мужчинами. В Китае около 60% мужчин из городов первого и второго эшелона ожидают индивидуальную одежду, большинство категорий - это сорочка, костюм, брюки и т. д. [16, 17].

Во-вторых, отчеты и национальные стратегии показывают, что переход к Индустрии 4.0, которая характеризуется как дигитализированное, интеллектуальное, автоматическое, управляемое данными производство, прекрасно служит новой возможности кастомизации [18-24]. Производство индивидуальной одежды также развивается как следующий этап с помощью передовых технологий, таких как 3D фигурный сканер, VR и AR, IoT, AI и т. д. введено [25-27]. Более того, новый режим розничной торговли C2M возникает в ответ на новую массовую кастомизацию с повышением эффективности и производительности [28].

### **1.1.3. Современные методы кастомизации одежды**

В современное время, традиционные ателье и компании MtM (Bivolino, Brooks Brothers, Budd Shirtmakers, Indochino, iTailor, MatchU Tailor, Proper Cloth, Spier & Mackay, Tailor Store Sweden, Uniqlo и др.) обычно предлагают несколько альтернативных вариантов индивидуализации, включая текстильные ткани, стиль одежды, детали (например, воротник, карман, манжета, отделка, монограмма) [29-38]. Однако различные требования к морфологической информации о фигуре приводят к разным уровням и сложностям кастомизации чертежа, что соответственно влияет на посадку готовой одежды. Условный MtM можно разделить на три уровня с учетом требуемых РП и морфологической информации, а также чертежной конструкции (рис. 1.1):

а. тот же размер, что и в системе основных размеров, только с несколькими дополнительными размерами (рост, вес, обхват шеи (Ош), длина руки (Др)). Чертеж аналогичен существующему чертежу RtW с изменением горловины и рукава [29-31];

б. требуется больше РП: обхват груди (Ог3), обхват талии (От), обхват бедер (Об), длина плеча (Шп), обхват запястья (Озап) и т. д. Чертеж получают путем адаптации чертежа RtW к индивидуальным РП [32-34];

в. требуется дополнительная информация о морфологических признаках, таких как наклон плеча (нормальный, вверх, покатый) и форма живота (плоский, брюшной, вогнутый). Чертеж дополнительно модифицируют с учетом индивидуальной морфологии [35-38].

**1. Select Your Fit**

<b>Regular Fit</b> More room in arms, shoulders and chest	<b>Slim Fit</b> Sharper silhouette + stretchy material
--	---

**2. Select Your Collar**

**3. Select Your Color**

**4. Select Your Size**

Body Size	Neck Size	Sleeve Length
<input checked="" type="checkbox"/> Body Size XS S M L XL XXL XXXL	<input checked="" type="checkbox"/> Neck Size 14.5 15.0	<input checked="" type="checkbox"/> Sleeve Length 32.0 33.0 34.0 34.5 36.0

Review Your Selection

*a*

**Which Best Describes Your Shoulder \*:**

I AM NOT SURE  
SKIP THIS QUESTION

**Which Best Describes Your Chest \*:**

I AM NOT SURE  
SKIP THIS QUESTION

**YOUR BODY SIZES**

КАК ИЗМЕРЯТЬ ШЕЯ

Шея  
измерьте окружность шеи.

Введите ваш размер: Шея generally range from 9 To 23 Inch

Шея	Грудь	Желудка	Бедро	Длина	Плечо	Рукав
<input type="text"/>						

Ваша примерка:

Удобный  Облегающий

*б*

**Which Best Describes Your Midsection \*:**

I AM NOT SURE  
SKIP THIS QUESTION

**How slim do you like your dress shirts to fit \*:**

*в*

Рисунок 1.1 - Требуемые РП и морфологическая информация для мужской сорочки MtM различного уровня качества:  
*a* - низкий уровень от Uniqlo, *б* - средний уровень от iTailor ,  
*в* - высокий уровень от MatchU [32, 35, 37]

На рис. 1.1 показаны скриншоты онлайн-ателье мужских сорочек MtM трех уровней: Uniqlo, iTailor и MatchU. При переходе от самого низкого до самого высокого уровня требуется больше информации для

получения более адаптированного чертежа и обеспечения лучшей посадки.

Однако все эти подходы по-прежнему основаны на ограниченном числе базовых РП, традиционных ориентиров, таких как плечевая точка (ПТ), боковая шейная точка (Штб) и т. д. и существующие RtW чертежные конструкции, которые в совокупности являются неадекватными для представления существенных морфологических признаков. Например, в MtM самого высокого уровня для характеристики формы плеча применяются Шп и наклон, а информацией о направлении плечевого ската пренебрегают. Хорошая посадка одежды не может быть гарантирована обычным MtM, особенно для нетипичных фигур.

С развитием технологий и компьютерного программного обеспечения развивается цифровая кастомизация - e-bespoke (или e-MtM) [39-41], которая переносит этот процесс на дигитальные и виртуальные платформы. Индивидуальный виртуальный клон и новые РП может мгновенно сгенерировать 3D полноростовый сканер, а реалистичная виртуальная модель примерки может быть продемонстрирована с помощью технологии VR, причем некоторые процедуры кастомизации могут быть даже обработаны в приложениях на основе AI в смартфоне [42, 43]. В отличие от обычного процесса RtW и MtM, процесс e-bespoke работает в дигитальном режиме, как показано на рис. 1.2.

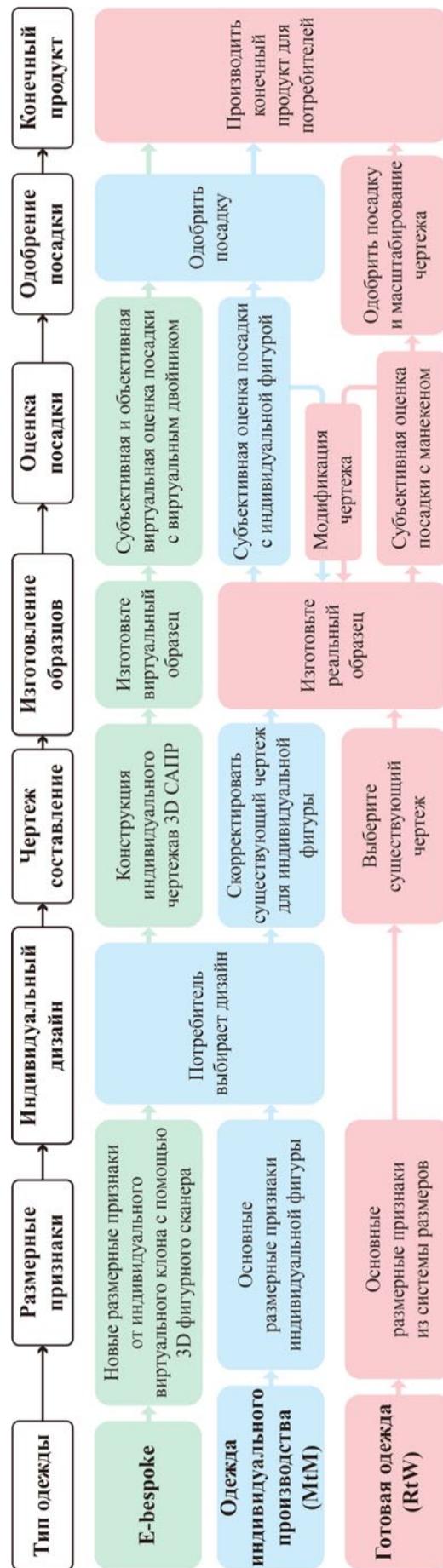


Рисунок 1.2 - Этапы процессов RtW, MtM и e-bespoke

Как показано на рис. 1.2, процесс e-bespoke отличается в трех существенных аспектах:

а. адекватные новые РП генерируются из VC без ручного измерения;

б. чертеж непосредственно настраивается в 3D САПР вместо адаптации чертежа RtW;

в. оценка посадки образцов проводится на основе виртуального моделирования в 3D САПР вместо повторных и трудоемких испытаний реальных образцов.

Современное e-bespoke ателье обеспечивает два главных обслуживания для потребителей. Во-первых, окончательная 3D индивидуальная одежда в реальном времени может быть визуализирована в режиме онлайн после того, как клиент выберет индивидуальный дизайн и введет собственные базовые РП [44] (рис. 1.3, а).



Рисунок 1.3 - 3D виртуальная мужская сорочка и виртуальный клон из e-bespoke ателье:

а - виртуальная сорочка от Tailor-i, б - виртуальный клон от Meerle [44, 45]

Во-вторых, 3D индивидуальный VC может быть сгенерирован онлайн после сканирования камеры или фотосъемки смартфоном (рис. 1.3, б). Как показано на рис. 1.4, телефонные приложения Size:Me и Meerle

могут генерировать индивидуальные РП или ВС после сканирования камерой с помощью определенных алгоритмов [37, 45].

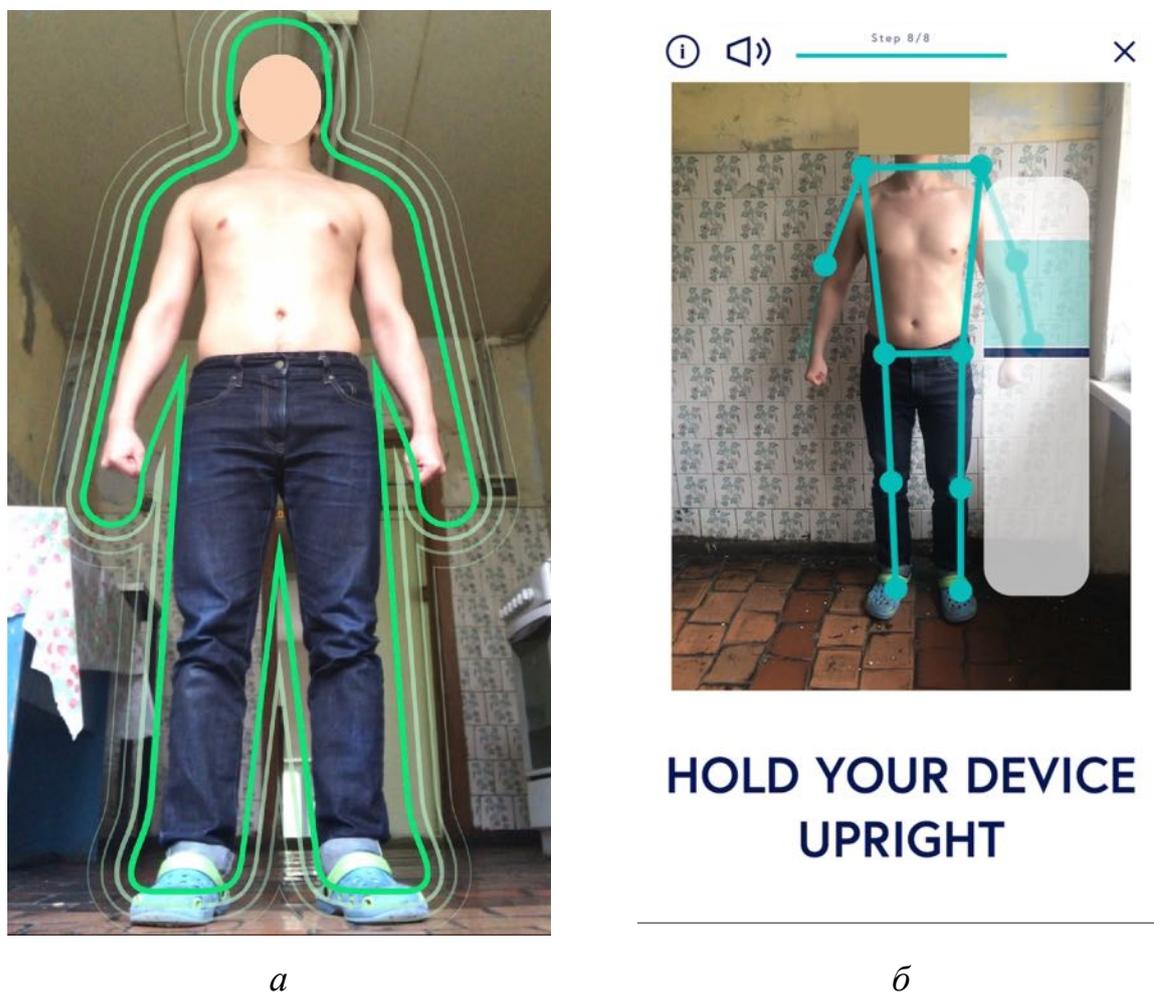


Рисунок 1.4 - Сканирование фигур в телефонных приложениях:  
*a* - Size:Me, *б* - Meerle [37, 45]

Как показано на рис. 1.3, виртуальное изображение демонстрирует реалистичные эффекты готовой сорочки, а ВС демонстрирует морфологию как у реальной фигуры. Однако оба приложения не могут оценить качество и посадку одежды на фигуре потребителя, что иногда является скорее показным, чем полезным.

Некоторые недавние исследования предложили новые методы кастомизации для устранения существующих проблем. Во-первых, с помощью метода 3D-2D развертывания, 2D чертеж может быть создан после преобразования из 3D полигональной сетки, которая создается путем

соединения характерных точек на поверхности VC (рис. 1.5, а) [46, 47]. Хотя чертеж может быть получен непосредственно без измерения фигуры, он выгоден только для одежды простого фасона, облегающей фигуру.

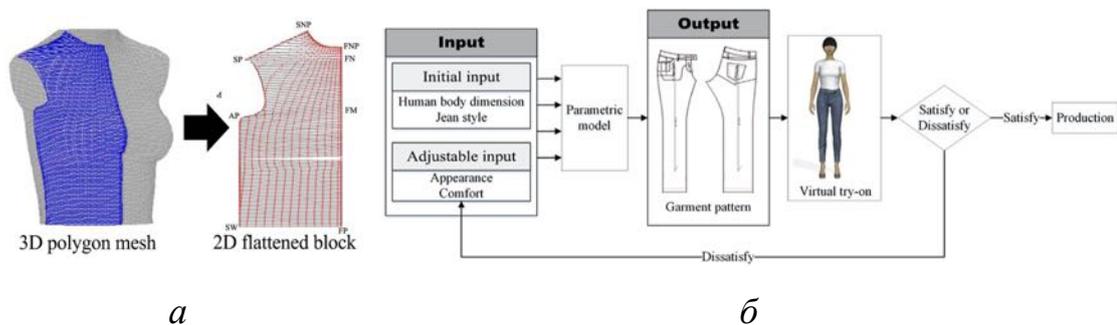


Рисунок 1.5 - Новые методы кастомизации:  
 а - техника выравнивания чертежа 3D-2D, б - параметрическая модель изготовления чертежа для джинсов [46, 49]

Во-вторых, были предложены параметрические чертежные модели, позволяющие автоматически генерировать чертежи различных стилей путем ввода конкретных измерений фигуры, которые все еще были получены из существующих базовых РП и ориентиров (рис. 1.5, б) [48, 49]. Некоторые ученые создали оценочные модели, которые выводят огромное количество чертежно-ориентированных РП с вводом нескольких основных измерений с помощью регрессионных уравнений или AI алгоритмов [50, 51]. Однако они отличаются большой неточностью при оценке размеров нетипичных фигур. Обе модели не могут полностью охарактеризовать индивидуальную морфологию.

В-третьих, некоторые ученые предложили метод корректировки чертежа для устранения локальных проблем подгонки, таких как область плеча, после наблюдения нетипичной морфологии [52]. Однако индивидуальный чертеж не может быть непосредственно разработан сразу, и нет никакого систематического вспомогательного метода для улучшения целостной посадки одежды.

В общем случае, обычная технология MtM включает ручное измерение РП, построение чертежа конструкции, модификацию ее по

существующему чертежу RtW, оценку посадки на реальных образцах и только после этого окончательное производство. Благодаря 3D сканерам и технологиям VR нынешний e-bespoke переносит процесс на дигитальную платформу с реалистичной визуализацией VC или виртуальной симулированной одежды. Последние исследования также улучшили этот подход с помощью метода выравнивания 3D-2D, параметрической модели чертежа, модели оценки размеров фигуры, метода регулировки чертежа и т. д. Однако эти методы все еще неполноценны для того, чтобы сделать индивидуальную одежду с гарантированной хорошей посадкой и эстетикой ввиду различных недостатков: традиционные РП, ограничения при построении конструкции чертежа, традиционная оценка посадки и т. д.

## **1.2. Морфология и антропометрия мужских фигур**

Морфология - это раздел биологии, занимающийся изучением формы и строения организмов и их специфических структурных особенностей [53]. В исследовании формы одежды и эргономики морфология фигуры обычно означает внешний вид (или эйдномию) человеческой фигуры, включая форму, структуру, размер и т. д.

В швейном производстве антропометрические измерения (или РП) являются элементарным фактором для пошива одежды, которая хорошо соответствует морфологии фигуры. Антропометрия - это наука о получении систематических измерений человеческой фигуры [54], которая обычно включает измерение размера (например, высота) и структуры (например, ширины плеч, длины рук и обхвата шеи) человека.

Традиционная антропометрия требует сложных и трудоемких ручных измерений специальными измерителями (например, антропометрами Мартина). В связи с этим появление технологии 3D сканирования, позволяющей за короткое время получить точные морфологические данные фигур, реформирует процесс измерения фигур и

открывает новые возможности для дальнейших антропометрических исследований.

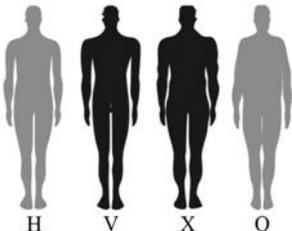
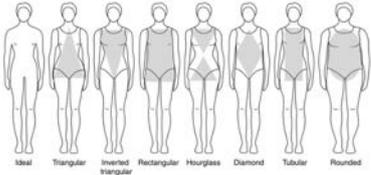
В этом подразделе рассмотрены основные морфологические особенности мужской фигуры для эргономики одежды, существующие РП, используемые в производстве одежды, и новые антропометрические исследования с помощью технологии 3D сканирования.

### **1.2.1. Основные морфологические особенности мужской фигуры**

Чтобы добиться хорошей посадки для каждого типа одежды, главным элементом, который следует учитывать, является морфология фигуры [55]. Из-за различных характеристик скелетов, тканей, включая мышцы, жир и т. д., морфология человеческой фигуры калейдоскопична. По этой причине трудно исчерпать все морфологические особенности каждой фигуры. Таким образом, ученые обследовали переписные выборки, представляющие конкретную популяцию, и выявили ограниченные существенные морфологические признаки с помощью методов кластеризации, основанных на различных критериях. В нашем исследовании обсуждается только морфология фигуры выше уровня промежности (включая торс, шею, руку), что полезно для производства верхней одежды.

Наиболее распространенным подходом является характеристика целостной морфологии фигуры через контур или силуэт переднего или бокового вида. Бельмар и др. описал фигуры в виде букв – H, V, X, O и т. д. [56, 57]. Симмонс и др. использовал графические формы для описания морфологии фигур, например, треугольник, перевернутый треугольник, прямоугольник, песочные часы и т. д. [58–60]. В табл. 1.2 представлены вариации морфологий интегральных фигур по различным критериям.

Таблица 1.2 - Вариация морфологий интегральных фигур по различным критериям

Метод	Исследователь	Вариация торса	Критерий
<p>Алфавитное письмо на основе</p>  <p>Н V X O</p>	Бельмар и др. [56]	Н, V, X, O	Вес и полные данные измерения фигуры
	Август и др. [57]	A, X, H, V, W, Y, T, b, d, i, r	Ширина вида спереди, ширина вида сбоку и длина вида спереди
<p>Графическая форма на основе</p>  <p>Ideal Triangular Inverted triangular Rectangular Hourglass Diamond Tubular Roundel</p>	Симмонс [58]	Песочные часы, нижние песочные часы, верхние песочные часы, ложка, прямоугольник, диамант, овал, перевернутый треугольник	Обхваты бюста, талии, живота и брюшная полость
	Коннелл и др. [59]	Песочные часы, груша, прямоугольник, перевернутый треугольник	Форма передней фигуры: от точки плеча до точки плеча, передняя линия талии и самая широкая точка между линией талии и промежностью
	Расбанд и др. [60]	Идеальный, треугольный, перевернутый треугольный, прямоугольный, песочные часы, диамант, трубчатый, округлый	Обхваты груди и бедер

Как показано в табл. 1.2, оба метода характеризуют фигуры с помощью пиктограмм и критериев, основанных на базовых РП. Пиктограммы демонстрируют особенности каждого типа фигур. Например, в методе Бельмар и др. Н-образная фигура представляет собой тонкосложенного человека; фигуры V-образного типа, как правило, имеют пропорционально меньшие ягодицы, большую грудь и широкие плечи. Х-образный тип характеризуется выпуклыми ягодицами и широкими плечами, естественно, мускулистыми руками и бедрами, но с более стройной талией. О-образный тип фигуры, как правило, имеет отложения жира вокруг талии, живота, а область живота, как правило, шире, чем бедра.

Кроме того, морфология мужской фигуры может быть идентифицирована по РП (высота, полнота и т. д.) по системе размеров Китая, Японии, России и др. [61-63]. Например, в китайской системе мужские фигуры классифицированы по росту (150...190 см, интервал 5 см), обхвату груди (72 ... 116 см, интервал 4 см) и полноте (для типа Y разность между обхватами груди и талии более 17 см, типа A - 12 ... 16 см, типа B - 7 ... 11 см, типа C - менее 6 см) [64]. Система размеров США идентифицирует мужские фигуры на три основных типа (молодые мужчины, зрелые мужчины и зрелые большие мужчины) с тремя уровнями роста (короткие, правильные и высокие) [65-67]. RtW или элементарная MtM одежда может быть произведена путем определения принадлежности фигуры к типовой группе и получения соответствующих антропометрических данных (высота, обхват, длина).

Однако как пиктографический метод, основанный на форме, так и группировка в системе размеров классифицируют морфологию мужской фигуры на несколько типичных групп. Во-первых, эти группы основаны на базовых РП, которые не могут выявить некоторые подробные морфологические особенности, такие как форма плеча. Во-вторых, многие фигуры не относятся к этим типичным формам, таким как чрезмерно

худые или тучные.

Чтобы разрешить эту дилемму, некоторые исследования концентрируются на детальном изучении морфологических особенностей различных сегментов фигуры. В исследовании Бельмар [56], пропорциональные сегменты фигуры шеи, плеча, передней части груди, живота, спины, сиденья (бедр) и т. д. показаны на рис. 1.6.

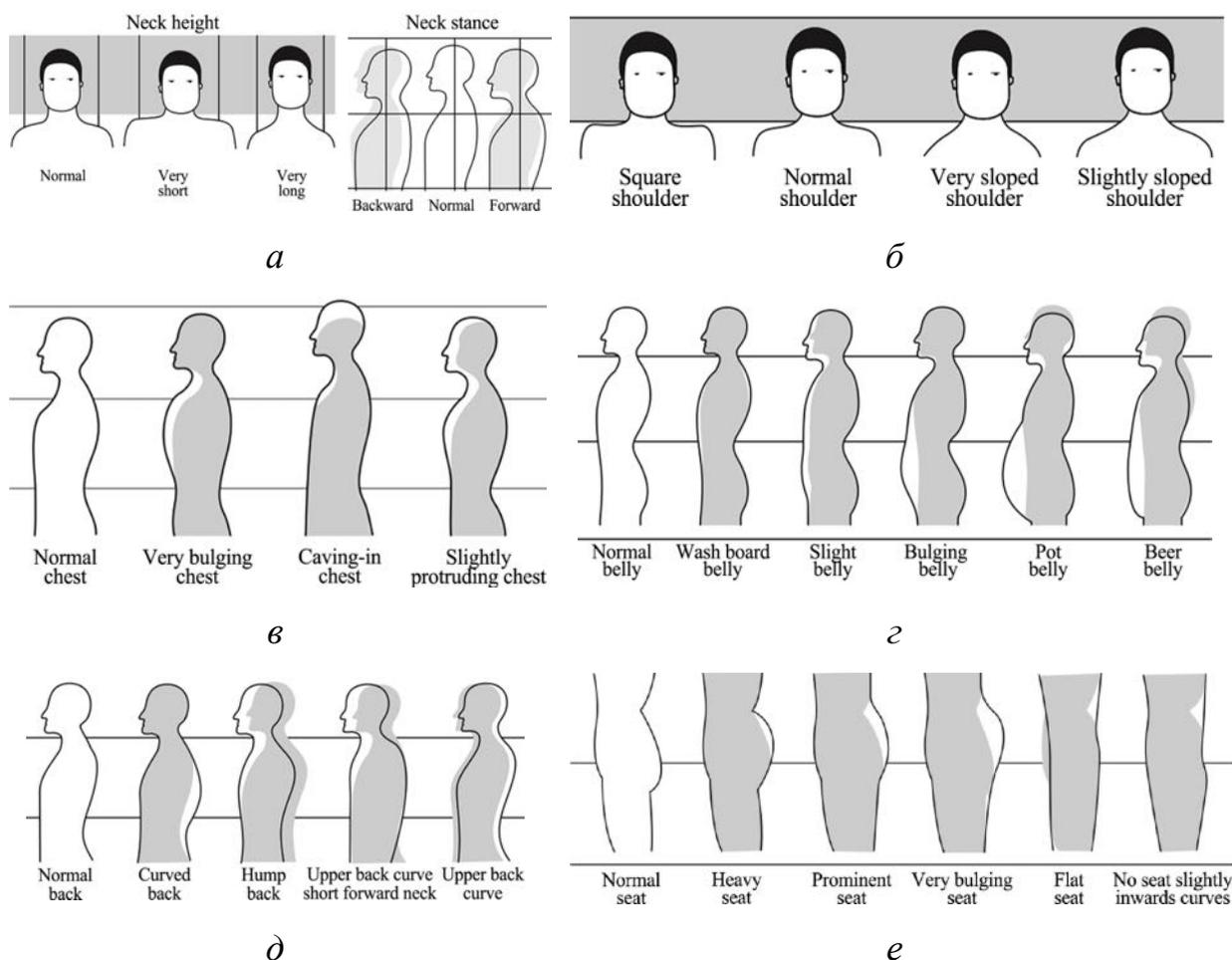


Рисунок 1.6 - Вариации пропорциональных сегментов фигуры:  
*а* - шея, *б* - плечо, *в* - передняя часть груди,  
*г* - живот, *д* - спина, *е* – бедра [56]

Как показано на рис. 1.6, семь пропорциональных сегментов фигуры могут быть классифицированы на различные существенные формы. Например, морфология шеи может быть определена с помощью высоты и положения тела с соответствующими тремя группами: нормальная, короткая, длинная; и далее нормальная, назад, вперед. Учитывая

пропорции верхней части фигуры, формы шейных и плечевых сегментов оказывают непосредственное влияние на посадку одежды на фигуре. Передняя часть груди, живот, спина и т. д. также необходимы для определения контуров и пропорциональных кривых, так как они важны для определения равновесия фигуры.

Янг проанализировал основной торс и плечо, объединив внешние контуры и основные измерения фигуры [68]. В табл. 1.3 показано определение морфологических признаков фигуры на основе базового РП.

Таблица 1.3 - Определение морфологических признаков фигуры на основе базового РП

Фигура сегмент	Морфологический признак	РП
грудь и спина	обычная	$R_{штпт}, D_c, Шг, Шс$
	слегка выпяченная грудь	$R_{штпт1} = R_{штпт} + A_1 (2 \dots 4 \text{ см}),$ $D_{c1} = D_c - B_1 (1 \dots 2 \text{ см}),$ $Шг1 = Шг + C_1 (1 \dots 2 \text{ см})$
	очень выпуклая грудь	$R_{штпт2} = R_{штпт} + A_2 (2 \dots 4 \text{ см}),$ $Шг2 = Шг + C_2 (2 \dots 4 \text{ см})$
	горбатый	$R_{штпт3} = R_{штпт} - A_3 (1 \dots 2 \text{ см}),$ $D_{c3} = D_c + B_3 (2 \dots 4 \text{ см}),$ $Шс3 = Шс + C_3 (1 \dots 2 \text{ см})$
живот	обычный	$D (12 \dots 16 \text{ см})$
	небольшой живот	$D_1 (7 \dots 12 \text{ см})$
	выпирающий живот	$D_2 (2 \dots 6 \text{ см})$
	пузатый горшок	$D_3 \leq 0 \text{ см}$
плечо	обычный	$УНп (19 \dots 22^\circ)$
	прямоугольное	$УНп1 \leq 19^\circ$
	наклонное	$УНп2 \geq 19^\circ$

где  $R_{штпт}$  - расстояние от шейной точки спереди до талии,  $D_c$  - длина спины,  $Шг$  - ширина груди,  $Шс$  - ширина спины,  $D$  - перепад между обхватом груди и обхватом талии,  $УНп$  - угол наклона плеча (рис. 1.10 в разд. 1.2.2).  $A, B, C$  - это разности измерений между нетипичными и

нормальными цифрами. Подстрочный индекс представляет каждый показатель, соответствующий морфологии фигуры.

Как показано в табл. 1.3, морфология грудной клетки и спины, живота и плеча может быть распознана с помощью простых калькуляций. Например, грудь и спину можно определить путем сравнения РП (Рштпт, Дс, Шг, Шс) отдельных и типичных фигур.

Мийоши определил морфологию торса, проанализировав толщину и углы поверхности фигуры на виде сбоку после анализа фотографий 150 японских студенток [69]. Как показано на рис. 1.7, *а*, толщина торса подразделяется на три типа: тонкая, средняя и толстая. Как показано на рис. 1.7, *б - г*, углы различных областей также могут быть определены с помощью нескольких характерных групп.

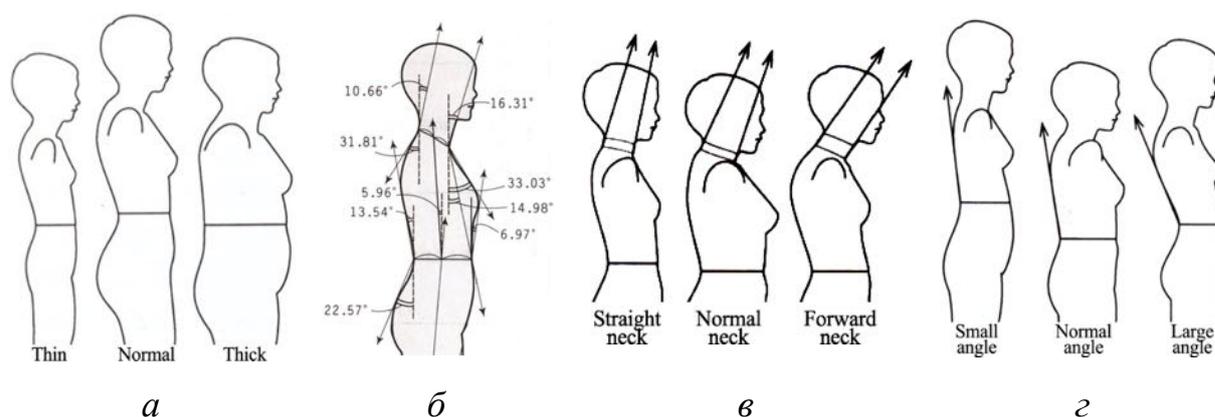


Рисунок 1.7 - Морфология торса, определенная Мийоши:  
*а* – толщина торса, *б* - углы различных областей,  
*в* - углы шеи, *г* - углы нижней части спины [69]

Аналогичным образом, Майя и др. описали морфологию торса, проанализировав углы на сагиттальных поперечных сечениях VC [70], как показано на рис. 1.8, *а*. Углы верхней и нижней части торса могут быть в первую очередь определены как три группы (UP1, UP2, UP3), три типа (LP1, LP2, LP3) соответственно. Окончательные результаты показывают, что существует девять форм с сочетанием особенностей верхней и нижней морфологии торса, а шесть специфических форм торса показаны на рис.

1.8, б.

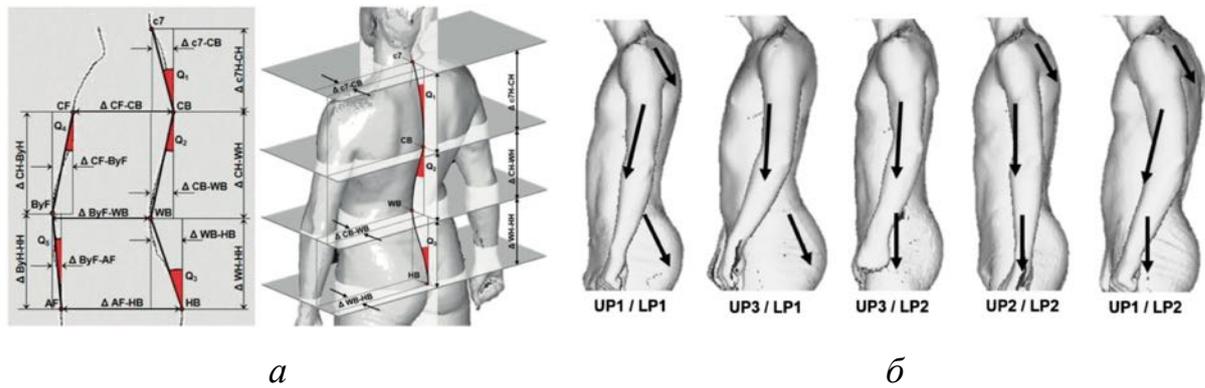


Рисунок 1.8 - Морфология торса, проанализированная по углам проекции фигуры:

*a* - измерение углов на сагиттальных сечениях,  
*б* – примеры специфических форм морфологии торса [70]

Из предшествующей литературы можно было получить предварительное представление о морфологии мужского торса и его расширении для дизайна одежды: мужской торс разнообразен по форме, пропорциям, углам и т. д. существенных сегментов – грудь, талия, бедра, шея, плечо, спина и т. д. Морфологические особенности для производства хорошо подогнанной одежды, особенно при кастомизации, должны быть всесторонне рассмотрены.

### 1.2.2. Существующие размерные признаки, отражающие морфологию мужской фигуры

Размерные признаки является промежуточным звеном между морфологией фигуры и дизайном одежды. С одной стороны, РП являются главным средством для представления морфологических особенностей, например, обхвата шеи до формы шеи. С другой стороны, каждый чертеж составляется на основе определенного количества РП, например, обхват груди как наиболее часто используемый. Таким образом, РП должен не только в первую очередь характеризовать указанные сегменты фигуры, но

и быть практически применим при составлении чертежей. Если бы оба условия были выполнены одновременно, то итоговая одежда показала бы соответствующий внешний вид и посадку на выбранную фигуру.

Условно, ориентиры и уровни человеческой фигуры являются базой для измерения фигуры. Согласно международным стандартам ISO 7250-1 и ISO 8559-1 [71, 72], основные ориентиры и уровни для измерения мужской фигуры (включая торс, шею и руку) могут быть расположены следующим рис. 1.9. Как показано, три из них-это в общей сложности четыре ориентира в области плеч и рук (ПТ, АРФ, АРВ, ПВ), три ориентира (ШТп, ШТб, ШТз) в области шеи, два ориентира (ЛТ, WP) в области рук и три уровня (грудь, талия, бедра) в области торса.

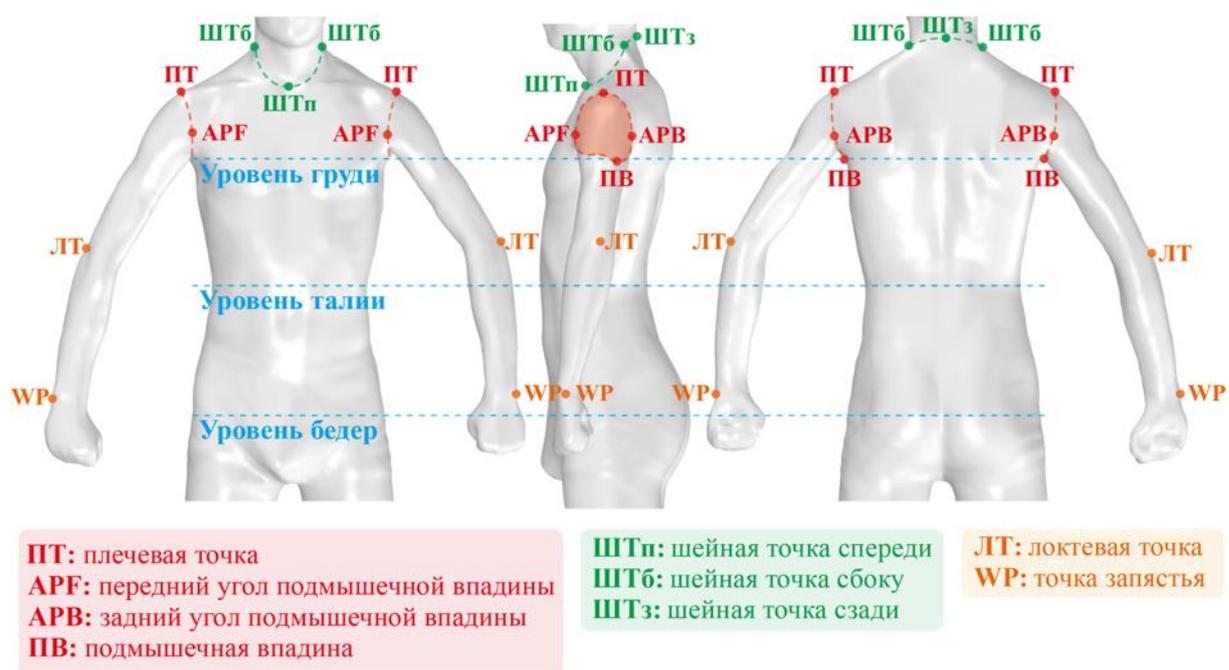


Рисунок 1.9 - Девять основных антропометрических точек и три уровня для измерения мужской фигуры

Исходя из этих ориентиров и уровней, РПс, отражающие морфологию мужской фигуры, разнообразны для разных категорий одежды, типов производства, уровня эксклюзивности и т. д.

Семь основных РП из размерных систем обычно применяются для представления первичной морфологии фигуры при составлении

RtW-чертежей мужской верхней одежды: обхват груди (Ог3), обхват талии (От), обхват бедер (Об), обхват шеи (Ош), расстояние между плечевыми точками сзади (Рптсз), длина спины (Дс) и длина руки (Др) [73]. Для достижения более высоких требований к посадке индивидуальная одежда включает в себя больше РП, чтобы выявить морфологию, например, обхват запястья (Озап), обхват руки (Ор), ширина плечевого ската (Шп).

Некоторые ученые также предложили дополнительные РП [74, 75], например, ширина груди (Шг), ширина спины (Шс), обхват плеча (Оп), расстояние от шейной точки сбоку до линии талии спереди (Дтп), расстояние от шейной точки сбоку до линии талии сзади (Дтс1), вертикальная высота ШТз, груди, талии и бедер (Вштз, Вст, Вт, Вб). РПс были предложены для мужской верхней одежды, предложенными предыдущими исследованиями в виде рис. 1.10.

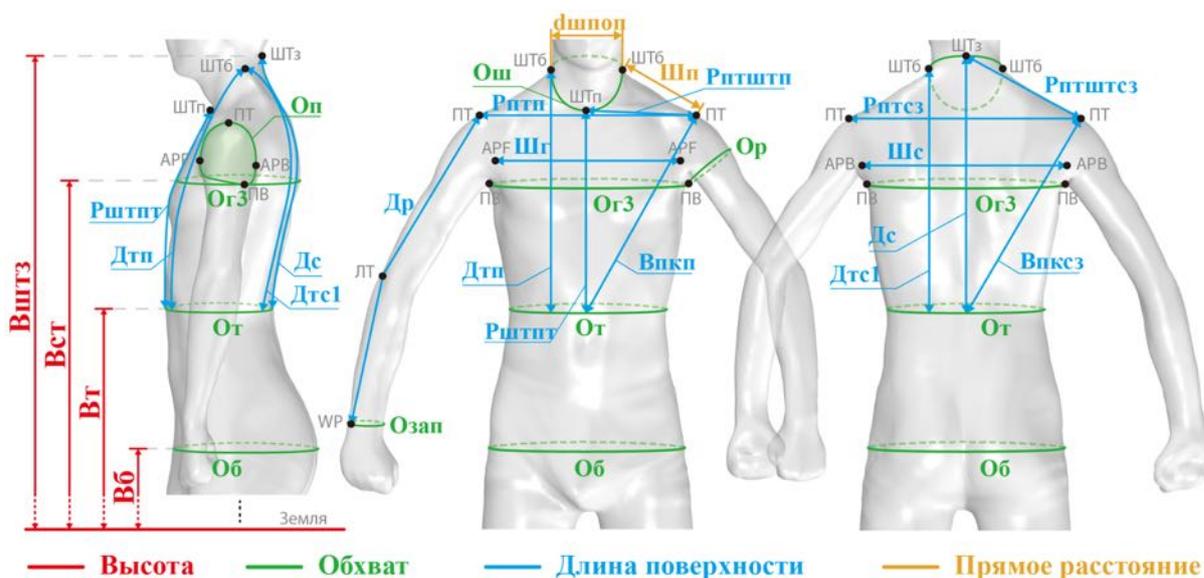


Рисунок 1.10 - РПс для верхней мужской одежды

Как показано на рис. 1.10, всего существуют 25 РПс четырех типов для верхней мужской одежды:

а. высоты: вертикальное расстояние от выбранного уровня до земли, включая четыре РПс - высота шейной точки сзади ( $V_{штз}$ ), высота сосковой точки ( $V_{ст}$ ), высота талии ( $V_{т}$ ), высота бедер ( $V_{б}$ );

б. объемы: окружность, измеренная на выбранном уровне вокруг фигуры, включая семь РПС - объем груди (ОГЗ), объем талии (ОТ), объем бедер (ОБ), объем шеи (ОШ), объем плеча (ОП), объем руки (ОР), объем запястья (ОЗАП);

в. длины поверхности: кратчайшее расстояние, измеренное близко к поверхности фигуры между ориентирами или уровнями, включая 12 РПС - ширина груди (ШГ), ширина спины (ШС), расстояние от шейной точки сбоку до линии талии спереди (ДТП), расстояние от шейной точки сбоку до линии талии сзади (ДТС1), расстояние от плечевой точки до шейной точки спереди (РПТШП), расстояние от плечевой точки до шейной точки сзади (РПТШТСЗ), высота плеча косая спереди (ВПКП), высота плеча косая сзади (ВПКСЗ), расстояние от шейной точки спереди до талии (РШТПТ), длина спины (ДС), расстояние между плечевыми точками спереди (РПТП), расстояние между плечевыми точками сзади (РПТСЗ);

г. прямые расстояния: кратчайшее расстояние между ориентирами или уровнями, включая два РПС - ширина плечевого ската (ШП), длина руки (ДР).

Согласно этим РПС, чертежи могут быть составлены для морфологических особенностей типичных и нетипичных фигур. Несмотря на промежуточную роль РПС, РПС все же часто приводят к дефектам посадки или дисбалансу одежды, особенно в индивидуальной одежде, в результате неадекватности морфологии фигуры конструкции одежды. Например, только ОШ используется для представления шеи, что, очевидно, невозможно изобразить все возможные вариации шеи (рис. 1.6, а и рис. 1.7, в) включая общую форму, вертикальную глубину, ширину шеи, переднезадние пропорции и т. д. И подобные проблемы существуют в груди, талии, бедрах, плечах.

Таким образом, для того чтобы построить чертежи одежды, которая может хорошо соответствовать различным фигурам, необходимо найти комплементарные РПН для более полной характеристики детальных

морфологических признаков (например, пространственной формы, пропорций).

### **1.2.3. Применение технологии 3D сканирования**

Традиционно основные РП измеряли вручную с помощью ленты либо инструмента, но точность сильно зависела от опыта измерителей [55]. По мере возрастания требований к антропометрическим исследованиям в дизайне одежды были изобретены специализированные инструменты и методы (например, антропометр Мартина, антропометр поперечного сечения, гипсовый метод, муаровые интерференционные полосы) [69, 76].

Технология 3D сканирования, которая позволяет мгновенно получить точное 3D изображение человеческой фигуры с помощью простых процессов, решила существующие проблемы и открыла многочисленные возможности в антропометрических исследованиях [77]. Современные световые (например, TELMAT, [TC]<sup>2</sup>, SizeStream) и лазерные (например, Human Solutions, VITRONIC) 3D полнофигурные сканеры [78-83] в основном состоят из трех модулей: структурно-световые проекторы или лазерные проекторы, которые проецируют свет или лазерные полосы на фигуру, ПЗС (прибор с зарядовой связью) камеры или датчики, которые захватывают оптические данные, и совместимое программное обеспечение, которое управляет обработкой данных. Рис. 1.11 показаны три основных типа 3D сканеров.



Рисунок 1.11 - Три основных полнофигурных сканера:  
*а* – VITRONIC, *б* - сканирование на вращающейся платформе FIT3D,  
*в* - портативный сканер от TechMed3D [78, 80, 81]

3D сканеры могут принести пользу антропометрическим исследованиям и швейной промышленности по многим причинам [28]:

1. В принципе, полнофигурные сканеры и совместимое программное обеспечение могут автоматически получать неограниченное количество линейных или нелинейных РП за считанные секунды. Рис. 1.12 показывает пример автоматического и ручного измерения фигуры с помощью VC из SizeStream [82]. Как показано, в процессе измерения ориентиры, стыки и уровни находятся автоматически, а многочисленные измерения по умолчанию и персонализированные РП могут быть измерены автоматически и вручную соответственно.

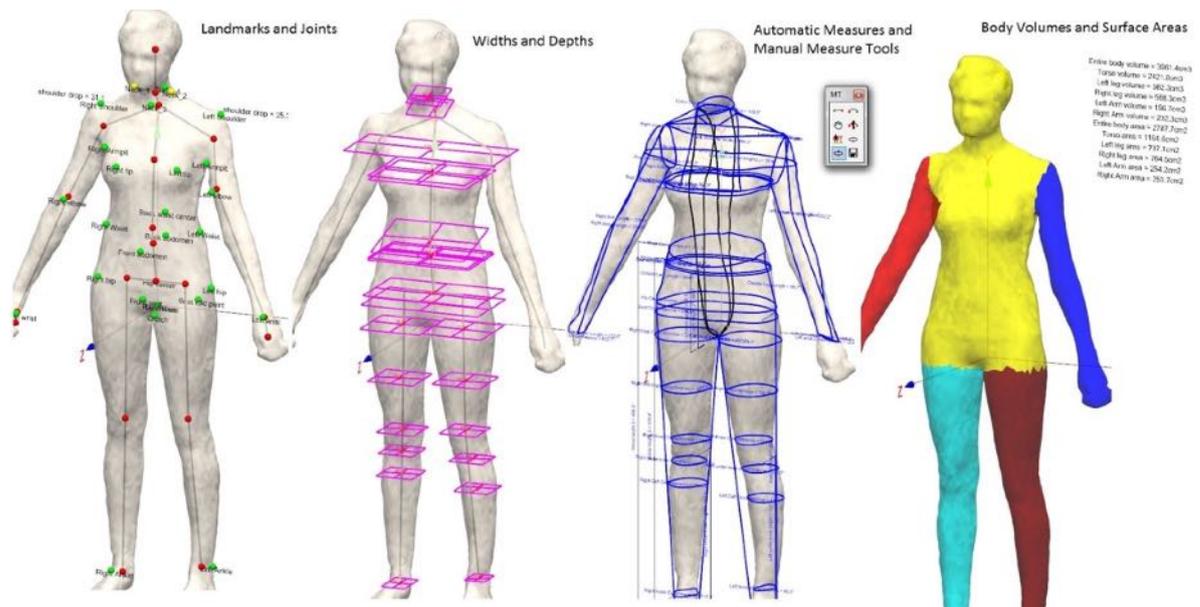


Рисунок 1.12 - Размерные признаки VC, измеряемые вручную и генерируемые автоматически SizeStream [82]

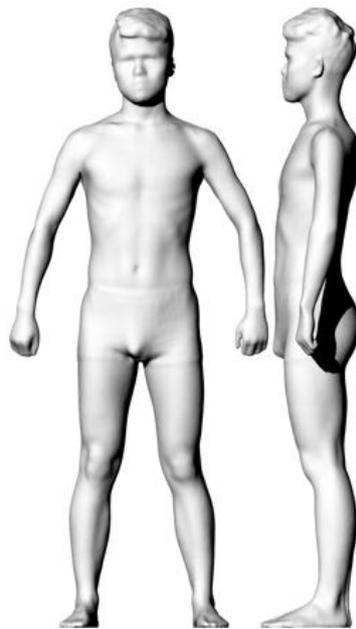
Во-первых, антропометрические переписи, такие как национальные проекты обследования размеров (например, SizeUSA, SizeKorea) [84, 85], проводились во многих странах путем сбора огромного количества сканированных фигур. Результаты опросов использовали для создания новой антропометрической базы данных популяции, разработки национальных систем размеров, совершенствования промышленной продукции и др. Некоторые ученые также исследовали морфологические особенности фигуры с помощью новых измерений фигуры с помощью 3D сканирования для дальнейшего понимания морфологии человеческой фигуры и улучшения систем размеров [86, 87].

Во-вторых, РП VC также широко используются для разработки дизайна одежды. Скотт и др. доказал потенциал и жизнеспособность теории передачи информации после сканирования на этап построения развертки, из которой можно получить соответствующий чертеж непосредственно из обновленного программного обеспечения извлечения размерных признаков из данных сканирования фигур [88]. Чен и др. разработал метод построения мужского нижнего белья, основанный на новых измерениях фигуры и классификации мужской нижней части торса

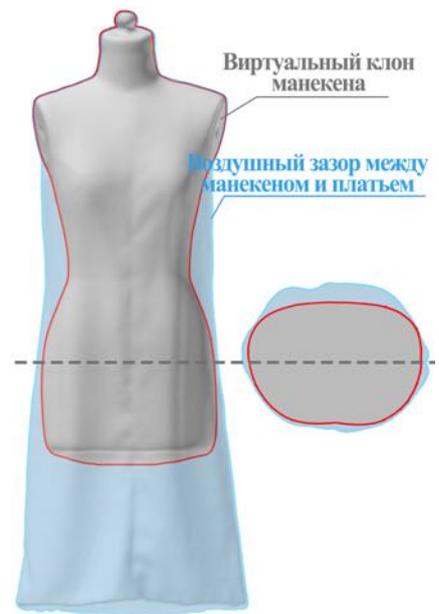
[89]. Ван и др. использовали 11 РП для разработки 3D модели шеи для улучшения эргономической посадки воротниковой части [90]. В некоторых других исследованиях также разработаны новые методы проектирования одежды с размерными признаками после 3D сканированию [48].

2. 3D сканированная фигура, также называемая виртуальным клоном VC [91] и которая создается путем формирования 3D данных поверхности из облака точек, имеет тот же размер и морфологию, что и реальная фигура (рис. 1.13, *a*). Воспользовавшись этой особенностью, исследователи могут также репродуцировать модель фигуры вместо предыдущего гипсового метода и исследовать форму одежды после ее сканирования.

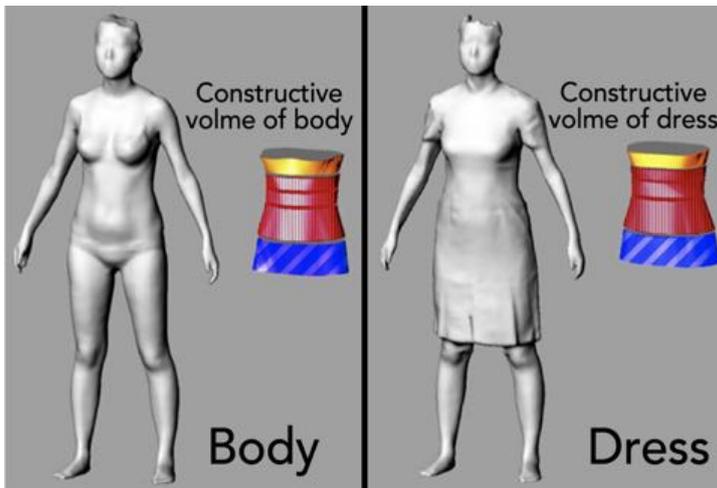
Вурускан и др. получил VC в активных велосипедных положениях с помощью 3D фигурного сканера и создал специализированный реальный манекен. Манекены были легко изготовлены методом 3D печати вместо предыдущего гипсового метода, и они имели высокую ценность для оценки посадки велосипедных шорт [92].



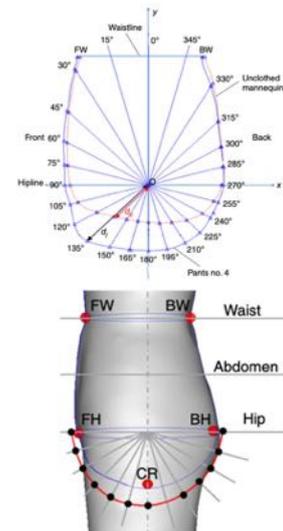
*a*



*б*



*в*



*г*

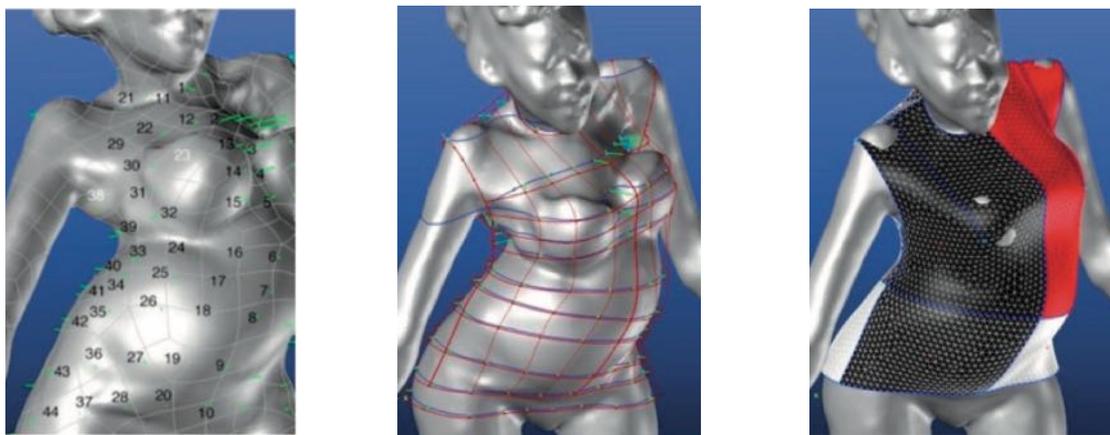
Рисунок 1.13 - Использование виртуального клона:  
*a* - виртуальный клон на виде спереди и сбоку, *б* - воздушный зазор,  
*в* - индикаторы CEV для системы “женское платье-фигура”,  
*г* – распределение прибавки в женских брюк [91, 93 - 95]

Воздушный зазор, который ранее был загадкой для ручных измерений, был прояснен по мере того, как из 3D модели сканированной внешней одежды вычитали виртуальный клон 3D внутренней фигуры. Как показано на рис. 1.13, *б*, воздушный зазор между одеждой и фигурой помогает улучшить конструкцию чертежа, реального и виртуального дизайна одежды [93]. Го и др. предложили показатели CEV “объемная

конструктивная прибавка” для системы “женская фигура – платье” путем вычитания объемов сегментов платья и фигуры на разных уровнях для установления алгоритма формирования платья (рис. 1.13, в) [94]. Точно так же воздушные зазоры были использованы для создания базы данных по множеству факторов (например, текстильные материалы, чертежи, стили одежды, техника шитья) для улучшения реального и виртуального дизайна платья и юбки [93]. Более того, Гу и др. использовали новый показатель “распределение прибавки” в брюках путем анализа сагиттальных изображений промежности ВС и брюк (рис. 1.13, з) [95].

3. Кроме того, ВС может включить новую 3D одежду для специальной фигуры и виртуальную оценку посадки перед фактическим производством, что особенно облегчит кастомизацию в швейной промышленности.

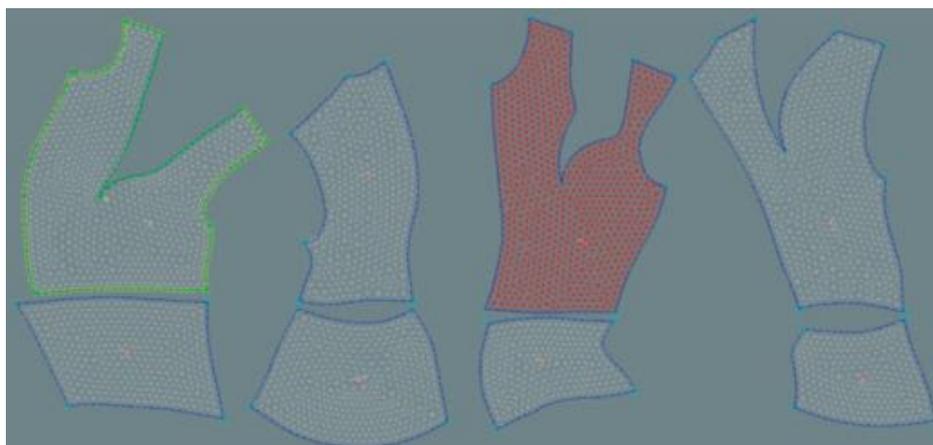
Во-первых, чертеж плотно прилегающего стана или брюк, который повторяет поверхность фигуры, был ранее получен путем разворачивания 3D слоев гипса или геля в 2D плоские куски [76]. Метод выравнивания чертежа 3D-2D с помощью ВС был разработан для замены этого метода в 3D САПР (рис. 1.5, а). Вместо этого 2D чертеж получается путем разворачивания 3D полигональной сетки, которая создается путем соединения характерных точек на поверхности виртуального клона. Хонг и др. использовали эту методику для конструирования реальной и виртуальной одежды для сколиозной фигуры, что было затруднительно при использовании традиционных методов [96, 97]. Рис. 1.14 показывает процесс выравнивания чертежа 3D-2D в исследовании Хонга. Аналогичным образом, Ли и др. разработал 3D и 2D чертежи для функциональных брюк [98]. Несмотря на все преимущества, этот метод полезен только для одежды простого фасона, плотно облегающей фигуру.



*a*

*б*

*в*



*г*

Рисунок 1.14 - Процесс получения чертежа 3D-2D в исследованиях Хонга:  
*a* - нахождение характерных точек, *б* - соединение характерных точек,  
*в* - генерирование трехмерной сетчатой поверхности одежды,  
*г* - генерирование 2D чертежа [97]

Во-вторых, ЦД - это цифальное представление уникального актива, которое моделирует его свойства, состояние и поведение с помощью моделей, информации и данных [99]. VC может быть преобразован в ЦД как аналог реальной фигуры и импортирован в 3D САПР для виртуального анализа посадки до того, как одежда будет фактически изготовлена, что особенно полезно для индивидуального производства одежды.

В заключение следует отметить, что технология 3D сканирования гораздо более эффективна в измерении фигур, разработке одежды и виртуальном дизайне по сравнению с традиционными методами. Это

открывает много новых возможностей в антропометрической работе и разработке одежды, особенно для индивидуальной фигуры.

### **1.3. Мужская сорочка и ее конструирование**

Сорочка в современной повседневной жизни считается одной из наиболее часто носимых мужских одежд. Коффин предложил интегральное определение сорочки в своей книге: любая одежда, которая свисает с плеч и имеет вырез; в основном однослойная, если вообще имеет, главным образом плечевые и боковые швы; не имеет внутренней структуры, подкладки или сопряжения, за исключением, возможно, воротника или манжет; и имеет рукава, которые выступают из фигуры под углом, а не падают параллельно ей, считается сорочкой [100].

С момента первого появления в Древнем Египте [101], сорочка прошла через большие эволюции в течение тысяч лет. Современная мужская сорочка состоит из некоторых специфических компонентов (например, полочка или перед и спинка, кокетка, воротник, рукав) и обычно подразделяется на несколько групп в соответствии со стилем, который характеризует силуэт, форму и объем воздуха под сорочкой.

В современной швейной индустрии для пошива сорочек обычно используют три традиционных метода построения чертежей: 1) пропорциональный метод, использующий несколько размерных признаков (РП) для вычисления всех параметров чертежа с помощью уравнений линейной регрессии; 2) метод прямых измерений, непосредственно использующий набор РП для составления чертежа, 3) метод, сочетающийся с пропорциональными и метод прямых измерений. На основе этих трех методов были также предложены некоторые новые параметрические модели для автоматического сшивания чертежа.

Что касается одежды MtM, то чертежи должны быть дополнительно адаптированы к индивидуальной морфологии фигуры главным образом

двумя способами: внести коррективы в соответствии с нетипичными морфологическими особенностями и использовать более индивидуальные РП вместо стандартных РП.

### 1.3.1. Мужская сорочка и ее форма

Мужская сорочка обычно состоит из нескольких компонентов: передняя часть, задняя часть, воротник и стойка воротника, передняя планка, рукав, манжета, кокетка и другие детали. Изменяя эти компоненты, создают многочисленные вариации дизайна сорочки. Однако, самым элементарным фактором для описания целостного дизайна сорочки является стиль, именуемый посадкой, который указывает на конкретный силуэт и форму сорочки вокруг фигуры [3, 29]. Обычно швейные компании или ателье делят стили сорочек на три-пять групп в зависимости от объема стана и рукава.

Модели 62 сорочек от 15 известных брендов (Beanpole, C&A, Funday, GAP, Gloria Jeans, Hugo Boss, H&M, Jack&Jones, K-Boxing, Oodji, O'Stin, Santa Barbara Polo&Racquet Club, Scofield, Urban Revivo) были проанализированы физически и в интернет-магазинах (подробная информация приведена в таблице А.А, Приложение А). Четыре типичных стиля сорочек, представленные на рис. 1.15, включают:

- антропометричную форму (body fit, extra slim-fit или tight-fit): самая малообъемная сорочка, демонстрирующая пластику фигуры - изгиб талии и контур торса;

- приталенная форма (slim-fit): один из самых обычных стилей, эта сорочка образует небольшой воздушный зазор вокруг груди, талии, бедер и рук;

- обычная форма (regular-fit или classic-fit): один из самых популярных стилей, под этой сорочкой расположен достаточный объем воздуха вокруг груди, талии, бедер и рук для ежедневного ношения с

прямоугольным силуэтом;

- свободная форма (loose-fit или relaxed-fit): самая большая, иногда негабаритная, сорочка с избыточным объемом воздуха вокруг торса и руки, глубокой проймой и иногда естественными драпирующими складками на стане.

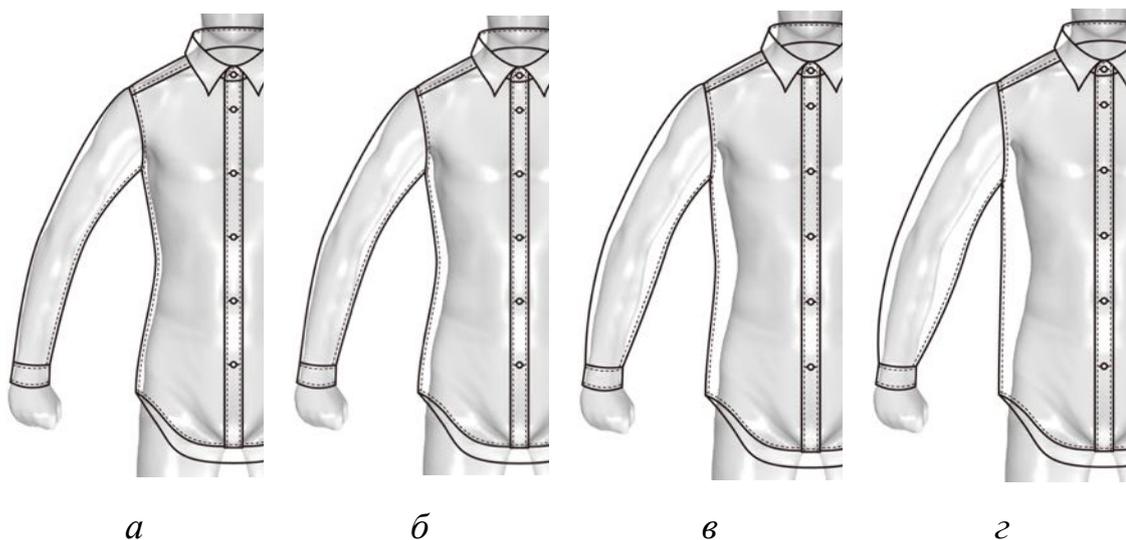


Рисунок 1.15 - Разные формы сорочек:  
*а* - антропометричная, *б* - приталенная, *в* - обычная, *г* - свободная

Как показано на рис. 1.15, сорочки четырех стилей отличаются по контурам и объему воздуха вокруг торса и руки. В связи с этими четырьмя стилями будут проведены последующие реальные и виртуальные эксперименты с мужскими сорочками.

### 1.3.2. Современные методы построения чертежей

Традиционное составление чертежей можно разделить на три основных метода: пропорциональный, прямых измерений и комбинированный.

Полученный на основе переписи обширной выборочной популяции, пропорциональный метод позволяет построить интегральный чертеж с уравнениями регрессионного типа, по которым вычисляют необходимые

параметры чертежа сегментов на основе нескольких РП (например,  $Og3$ ,  $Dc$ ). Его широко используют для одежды RtW в Японии и Китае [102, 103]. Преимущества и недостатки этого метода очевидны. С одной стороны, он требует очень ограниченного числа размерных признаков, что экономит много времени и труда. С другой стороны, корреляции между  $Og3$  и другими размерами (например, наклон шеи, поперечный диаметр шеи) необъяснимы на его основе; и метод требует определенного опыта для создателя чертежа. Эти недостатки приведут к проблеме посадки конечного продукта.

Рис. 1.16 показаны прототипы японского метода Бунка и Китайских методов из Лю и Дунхуа университетов (Шанхай, Китай) [69, 102, 104]. Оба прототипа, как правило, построены сходным образом с различными деталями. Сходство заключается в том, что используют одни и те же РП ( $Og3$  и  $Dc$ ), общая логика процесса построения, расчет некоторых параметров чертежа (например, длина линии талии, длина спины, ширина переда). Различия заключаются в следующем: некоторые параметры имеют одинаковые коэффициенты, но разные прибавки (например, ширина спины, ширина шеи) и обусловлены различиями в популяции и приемами, детальной конфигурацией линии проймы, линии плеча и линии горловины.

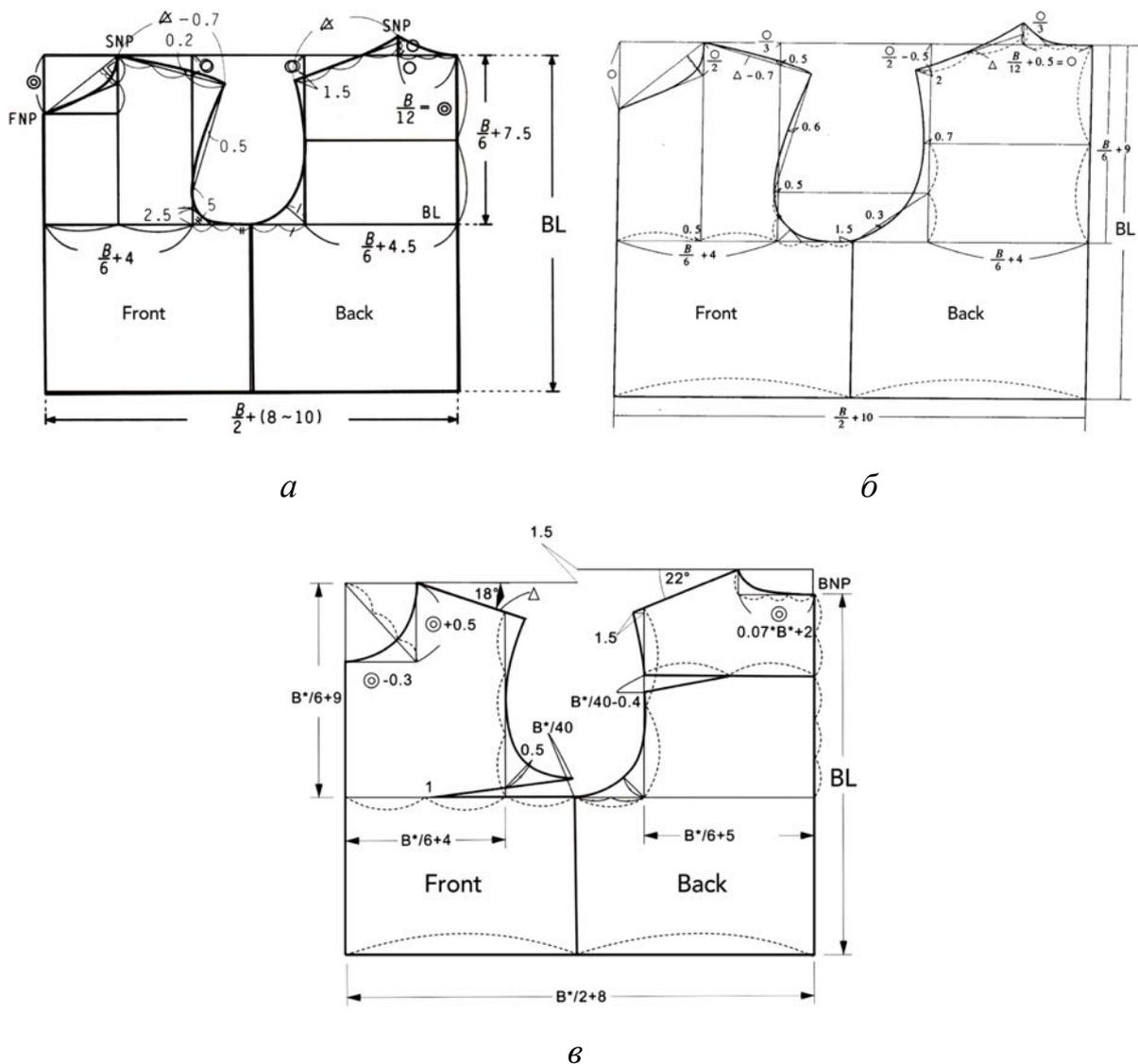


Рисунок 1.16 - Пропорциональный метод построения базовых конструкций мужской одежды:  
*а* - японский метод Бунка, *б* - китайский метод от Лю,  
*в* - китайский метод из Дунхуа университета  
(единица измерения: см, В представляет здесь  $Oг3$ ) [69, 102, 104]

Метод прямых измерений непосредственно использует параметры чертежа, получаемые на основе РП стандартной или индивидуальной фигуры, без уравнений. Он может быть применен для RtW и MtM одежды. Эти параметры обычно вычисляют путем добавления к значению РП конструктивной прибавки:

$$КП = РП + П, \quad (1.1)$$

где КП - конструктивный параметр, П - конструктивная прибавка.

Этот метод включает в себя трудоемкий и сложный процесс измерения фигуры и требует высокой точности измерений РП. Однако, как только РП будет хорошо измерен, чертеж достигнет хорошей посадки одежды. Рис. 1.17 показывает схему измерения РП и стан мужской сорочки согласно метода Джозефа-Армстронга [105].

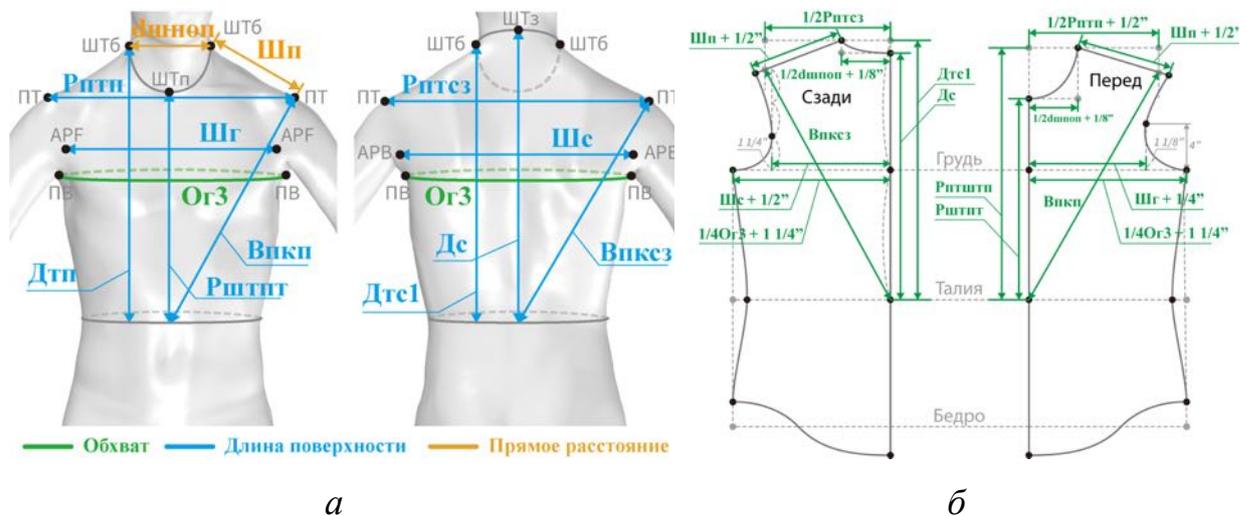


Рисунок 1.17 - Схема конструирования мужской сорочки по методу прямых измерений Джозефа-Армстронга:

*а* - размерные признаки,

*б* - схема чертежа стана сорочки (единица измерения: дюйм) [105]

Как показано на рис. 1.17, контур стана может быть получен ступенчато непосредственно с использованием 14 РП относительно груди, плеча и шеи и конструктивных прибавок в виде уравнения (1.1).

Аналогичным образом, Кершоу предложил базовую конструкцию на основе шести РП:  $O_{г3}$ , AD (глубина армсайса =  $V_{штз} - V_{ст}$ ), Дс, глубина от талии до бедер ( $V_{т} - V_{б}$ ), Шс, Ош (обхват шеи) [106]. Стан сорочки Алдрича основан на пять РП:  $O_{г3}$ , AD, Дс, Шс, Ош [107]. Эти чертежи могут обеспечить лучшую посадку на фигуре, чем пропорциональный чертеж. Однако, дефекты посадки не решены полностью.

Комбинированный метод, как следует из его названия, включает в себя оба метода - пропорциональную и короткую размер - с

использованием обоих уравнений регрессии и еще нескольких дополнительных РП вместе. В книге Мийоши, чертеж прототипа строят с использованием измерений фигуры Шс и Дс, а также уравнений регрессии на основе ОгЗ и Ош [69].

На основе этих трех методов, многие ученые предложили новые параметрические модели для проектирования индивидуального чертежа мужской сорочки [108-110]. Построение параметрических моделей обычно включает в себя несколько этапов: определение РП, определение характерных точек и декартовой системы координат чертежа, составление чертежа по регрессионным уравнениям. Например, в исследованиях Хонга линейные соотношения и уравнения были впервые разработаны с помощью статистического анализа 26 всеобъемлющих РП и репрезентативных выборок. После того как были исследованы четыре РП (ОгЗ, Ош, Дс, Рптсз) выбранной фигуры, были определены характерные точки и системы координат для переднего и заднего сегментов (рис. 1.18). Окончательный чертеж может быть составлен по координатам, вычисленным из РП (табл. 1.4) [108].

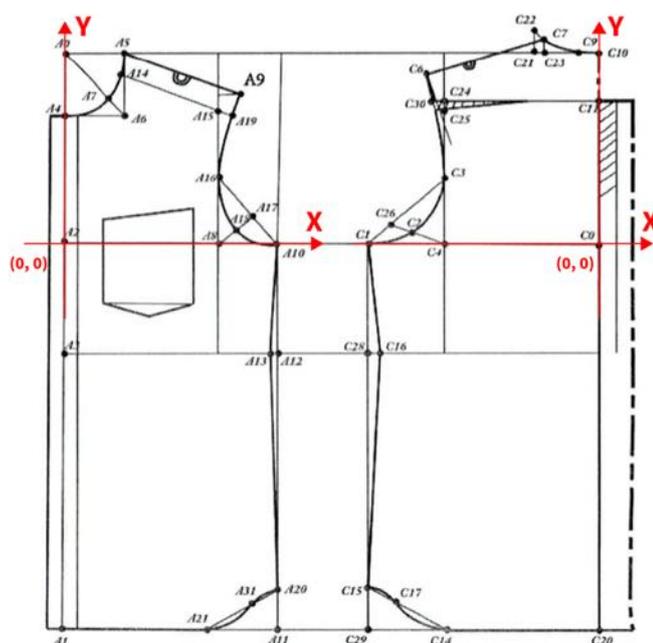


Рисунок 1.18 - Характерные точки стана сорочки в декартовой системе координат

Таблица 1.4 - Основные координаты характерных точек на полочке

Точка	Координата	Точка	Координата
A1	$(0, -2Дс + Ог3/6 + 27/2)$	A13	$(Ог3/4 + 3, -Дс + Ог3/6 + 19/2)$
A4	$(0, Ог3/6 - Ош/5 + 42/5)$	A16	$(Ог3/6 + 4, 33Ог3/800 + 19Ош/500 + 13661/4000)$
A5	$(Ош/5 + 1/10, Ог3/6 + 19/2)$	A20	$(Ог3/4, -2Дс + Ог3/6 + 37/2)$
A7	$(2Ош/15 + 1/15, Ог3/6 - 2NG/15 + 263/30)$	A21	$(Ог3/6 + 8/3, -2Дс + Ог3/6 + 27/2)$
A9	$(Ог3/6 + 13/2, 31Ог3/300 + 19Ош/250 + 1767/250)$	A31	$(2Ог3/9 + 32/9, -2Дс + Ог3/6 + 101/6)$
A10	$(Ог3/4 + 4, 0)$		

На основе такой параметрической модели, как показано на рис. 1.18 и в табл. 1.4, индивидуальный чертеж может быть автоматически составлен путем ввода конкретных РП. Ци и др. предложили аналогичные параметрические модели для мужской сорочки путем ввода различных наборов базовых РП [111].

### 1.3.3. Методы адаптации чертежа к морфологии фигуры

Из-за различных морфологических особенностей фигуры вышеупомянутые методы построения чертежа часто не могут гарантировать качество посадки одежды, которая соответствует всем. Для одежды MtM такая ситуация приведет к серьезной проблеме посадки и сбою кастомизации. Таким образом, были предложены два метода адаптации чертежа к индивидуальным фигурам.

Во-первых, адаптация к стандартному чертежу может быть произведена по нетипичным морфологическим признакам [68]. Этот метод требует большого опыта в конструировании и нескольких примерных испытаний для уточнения конструкции. Кроме того, при адаптации чертежа бывает трудно определить, когда различные сегменты (например, грудь, живот, бедро, спина, плечо, шея) имеют нетипичную морфологию

одновременно.

Основываясь на морфологии грудной клетки, спины, живота, плечевого пояса и соответствующих основных РП (табл. 1.3 в разд. 1.2.1), Янг предложил схемы адаптации конкретных чертежей (рис. 1.19).

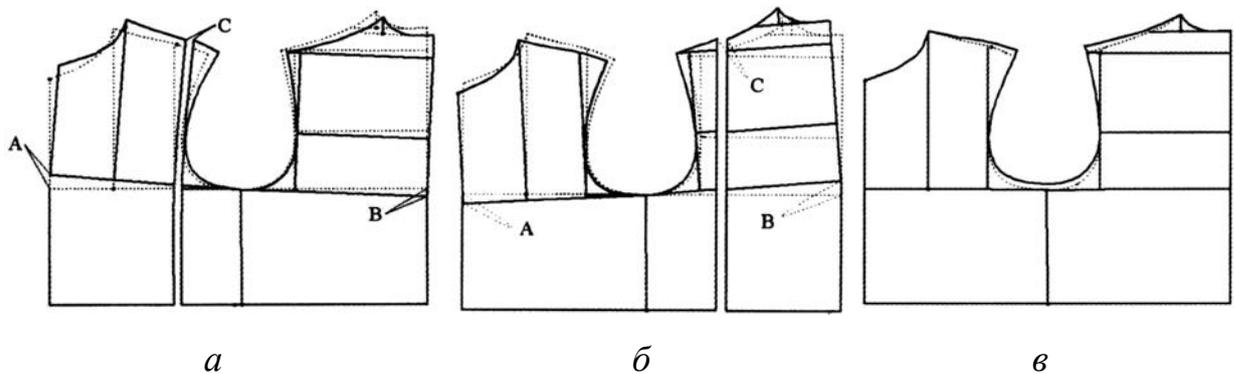


Рисунок 1.19 - Адаптация чертежей для нетипичных фигур с различной морфологией:

*а* - слегка выпяченная грудь, *б* - горбатая спина, *в* - квадратное плечо (сплошные линии: адаптированные чертежи; пунктирные линии: исходные чертежи), где А, В, С - разница между РП (Рштпт, Дс, Шг, Шс) индивидуальных и типичных фигур [68]

На рис. 1.19 показано, что для слегка выступающей груди чертеж был адаптирован путем удлинения Рштпт, расширения Шг, перемещения назад плечевой линии и укорочения Дс. Для горбатой фигуры чертеж был адаптирован путем укорочения Рштпт, перемещения вперед плечевой линии, удлинения Дс и расширения Шс. Для квадратного плеча чертеж был адаптирован путем уменьшения переднего и заднего наклонов плеча и глубины проймы.

Ким и др. изобрел антропометр формы плеча, который способен одновременно измерять параметры плечевого пояса: угол наклона, длину и направление [52]. Путем сравнения результатов измерений индивидуальной фигуры и стандартного манекена с помощью антропометра была легко определена форма плеча и сделаны необходимые адаптации к чертежам полочки и кокетки. Рис. 1.20 показывает антропометр для плечевого пояса и схему адаптации чертежа для

квадратного плеча. Аналогичным образом могут быть выполнены адаптации к чертежу по другим морфологическим признакам [112, 113].

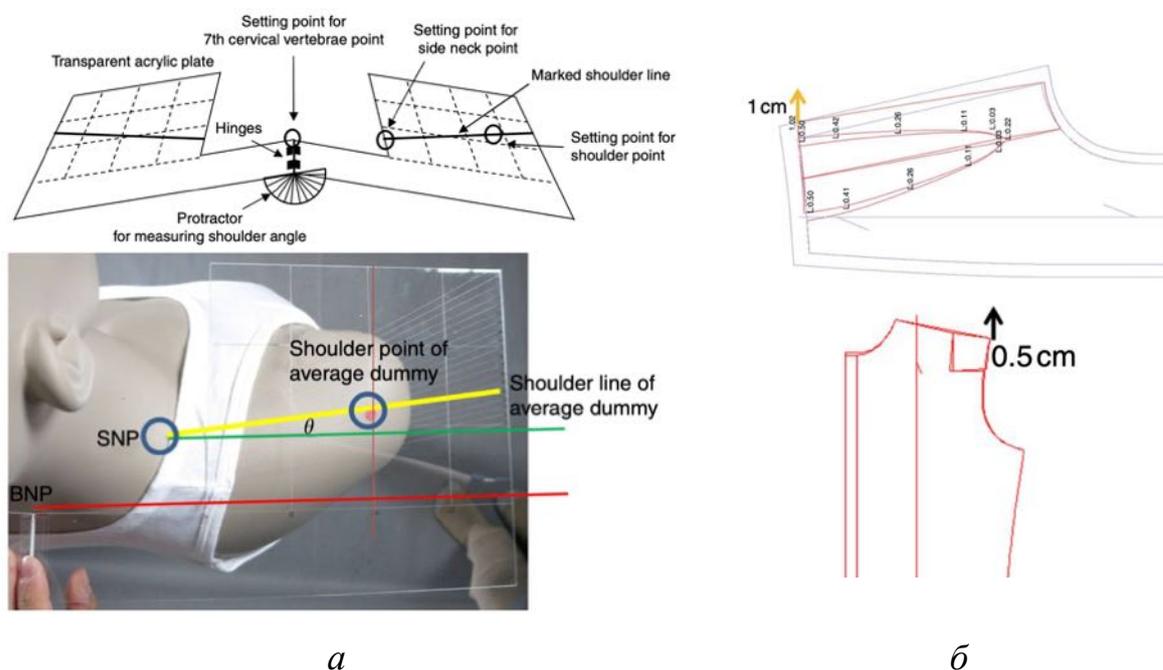


Рисунок 1.20 - Адаптация чертежа с помощью антропометра:  
*а* - плечевой антропометр,  
*б* - схема адаптации для вытянутого вперед квадратного плеча [52]

Во-вторых, чертеж может быть адаптирован путем изменения РП и замены стандартных измерений индивидуальными, что основано на методе прямых измерений. Жизненно важно, чтобы индивидуальные РП были измерены точно и в правильном месте фигуры.

У. Алдрич предложила в своей книге 12 РП для индивидуальной верхней мужской одежды [107]. Чан и др. использовали 34 РП (некоторые из них измеряют как на левой, так и на правой сторонах фигуры, например, левый и правый углы плеча) на 3D скане фигур для создания параметрических моделей и прогнозирования индексов чертежа как по уравнениям линейной регрессии, так и по ANN [48]. Однако оба их метода до сих пор используют базу РПс (рис. 1.10) для стандартных прототипов. Как обсуждалось ранее, РПс не могут всесторонне охарактеризовать основную морфологию фигуры, например пропорции, а некоторые

неосновные РП не могут непосредственно применяться в стандартных чертежах.

Таким образом, для выполнения качественного чертежа по второму методу необходимо разработать РПн как дополнения, которые могут всесторонне характеризовать морфологию фигуры, и разработать алгоритм построения нового чертежа, который может быть адаптирован к РПн.

#### **1.4. Методы достижения и оценки посадки одежды**

Посадка одежды, которая долгое время рассматривалась как единственный наиболее важный элемент для покупателей, является индикатором для оценки двух конечных результатов - дизайна и пошива одежды [114]. Хорошо подогнанная одежда должна быть удобной и не стеснять движений владельца [115].

При определении посадки одежды всегда проводились наблюдения и измерения в интерактивной системе “фигура – одежда”. Первый касается критериев и оценки посадки одежды, а второй - фундаментальных факторов, влияющих на посадку одежды. Обычно существует три основных влияющих фактора: морфология фигуры, чертеж конструкции и текстильный материал. Причем оценка посадки одежды может проводиться субъективно и объективно на основе конкретных критериев, касающихся внешнего вида, удобства ношения, чертежа, текстильного материала и т.д.

##### **1.4.1. Факторы, влияющие на посадку одежды**

Система “фигура - одежда” показывает интегральное качество посадки одежды с синтезом конкретной сшитой одежды и носителя, на который влияют три фактора: морфология фигуры, чертеж определенного прилавка и стиля, а также свойства текстильного материала.

Основная причина, по которой сама одежда и фигура рассматриваются как система, заключается в том, что конечная посадка одежды обычно варьируется от одного владельца к другому из-за разнообразия морфологии фигуры. Как упоминалось в разд. 1.2.1, морфология различных носителей различна в различных сегментах фигуры (например, грудь, талия, бедро, плечо, шея, рука). Что касается одной и той же одежды, то конечное качество посадки будет различаться при ношении разными носителями из-за вариантной совместимости чертежа и фигур. Монобе и др. доказали большое влияние морфологии фигуры на посадку одежды, сравнив эффекты одной женской куртки, надетой на манекены с разными размерами бюста [116].

Конструктивная прибавка, равная разности в пространстве между одеждой и фигурой, может быть разделена на три типа [55]:

а. динамическая прибавка (Пд) обеспечивает достаточное пространство для фигуры и движения;

б. прибавка на пакет текстильных материалов (Птм) учитывает толщину пакета материалов;

в. стилевая или композиционная прибавка (Пс) обеспечивает дополнительные пространства для достижения конкретного стиля и объемно-силуэтной формы одежды (например, свободная, oversize).

Таким образом, интегральная прибавка (П), обычно используемая в конструировании, должна удовлетворять условию:

$$П = Пд + Птм + Пс, \quad (1.2)$$

Согласно (1.2) чертеж с подходящей прибавкой должен обеспечивать хорошую посадку и физический комфорт, позволять человеку двигаться, соответствовать текстильному материалу и создавать желаемый стиль и форму одежды. На рис. 1.21 показано распределение прибавок на стане сорочки [117].

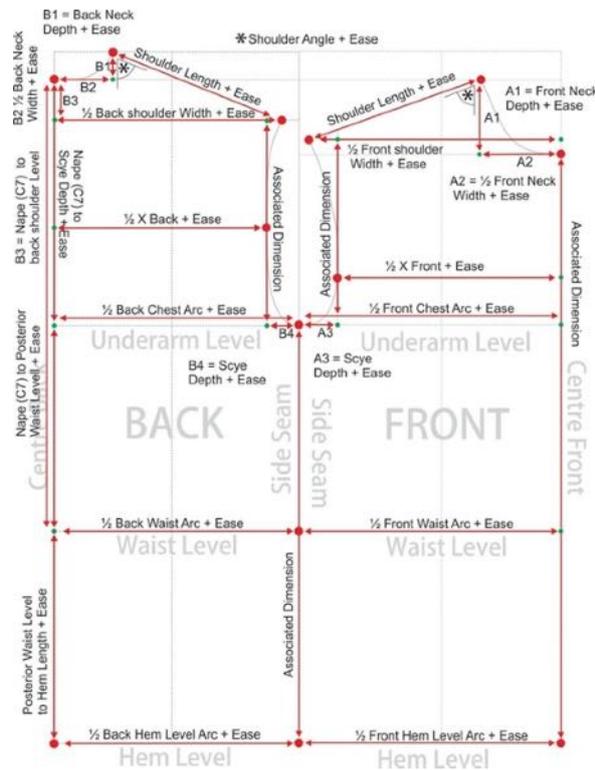


Рисунок 1.21 - Распределение прибавок на стане сорочки [118]

Чэнь и др. исследовали персонифицированные прибавки, связанные с позами фигур и движениями владельца, чтобы улучшить восприятие посадки [118]. Гу и др. инициировал новый подход к проектированию прибавки в промежности и открыл соответствующие алгоритмы прогнозирования для желаемого дизайна (рис. 1.13, з) [95].

Одежда, выполненная из разных тканей, демонстрирует разный внешний вид и качество посадки. Во-первых, Птм следует варьировать в зависимости от толщины тканей, что особенно важно для тяжелой одежды. Во-вторых, механические свойства ткани (например, растяжение, изгиб, сдвиг) также влияют на внешний вид и посадку. Лейдж и др. исследовали распределение прибавки в зависимости от показателей механических свойств тканей в виртуальном тестовом программном обеспечении и дал рекомендации по достижению хорошей посадки одежды (например, при использовании тканей с деформацией растяжения менее 10% и прибавкой более 2 см складки в области талии и бедер платья могут быть устранены) [119].

В нашем предыдущем эксперименте были изготовлены платья ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ), выполненные из различных тканей (тонкий ситец, тонкий полиэстер, эластичный деним, толстый эластичный полиэстер) с различными механическими свойствами; рис. 1.22 показывает различия во внешнем виде и посадку.

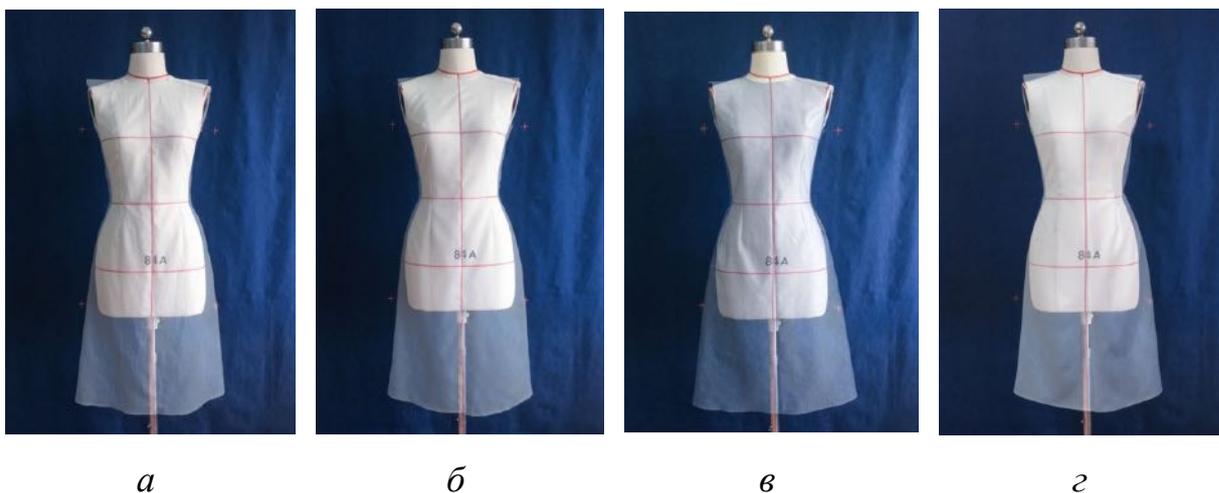


Рисунок 1.22 - Наложенные фотографии манекена и женского платья из разных тканей:  
*а* -  $D_1$ , *б* -  $D_2$ , *в* -  $D_3$ , *г* -  $D_4$

Очевидно, что контуры низа четырех платьев имеют большое значение. Кроме того,  $D_2$  и  $D_4$  обеспечивают более узкий силуэт, в то время как  $D_1$  и  $D_3$  - более свободные контуры.  $D_2$  и  $D_3$  имеют меньшие углы наклона плечевого пояса, в то время как  $D_1$  и  $D_4$  имеют гораздо большие очевидные углы и плохую посадку. Эти различия посадки и вида зависят от драпируемости и формуемости тканей, которые определяются механическими свойствами.

#### 1.4.2. Оценка и критерии посадки одежды

Посадка одежды часто оценивается на основе конкретных критериев с точки зрения как субъективности, так и объективности. Во-первых, субъективную оценку проводят путем опроса респондентов

восприятия ими одежды [120-122]. С другой стороны, числовые индикаторы могут быть измерены для объективного описания или объяснения посадки одежды и ее внешнего вида [123].

Субъективные оценки обычно проводят в двух аспектах: эстетическом и комфортном. Первый аспект характеризует внешний вид одежды, включая общую красоту, силуэт различных сегментов, положение структурных линий, распределение морщин, выпуклостей и складок и т. д. Монобе и др. разделили женский жакет на трех видах (спереди, сбоку, сзади) на 31 часть и отметили посадку (облегающую, не облегающую, ни ту, ни другую) и эстетическое впечатление (красивое, некрасивое, ни то, ни другое), оценив форму, силуэты, морщины и гладкость различных частей (рис. 1.23) [116].

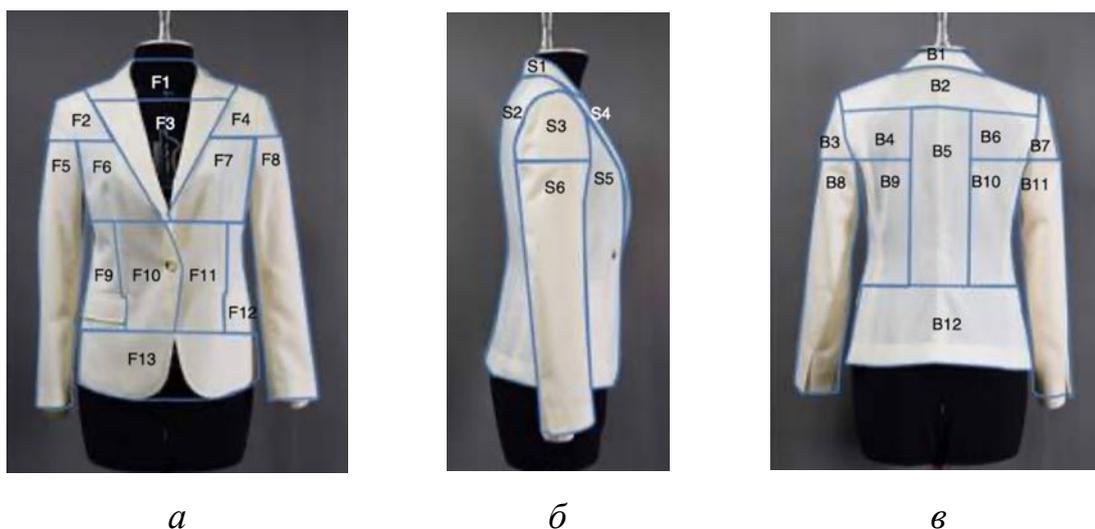


Рисунок 1.23 - Сегменты жакета для оценки локальной посадки:  
*а* - тринадцать частей спереди, *б* - шесть частей сбоку,  
*в* - двенадцать частей сзади [116]

Ким и др. предложили шкалы оценки в семи различных аспектах для различных частей в виде табл. 1.5 [124].

Таблица 1.5 - Элементы для оценки для различных частей одежды в исследовании Кима [124]

Элемент оценки	Часть	
	Перед	Сторона
Много морщин - мало морщин	Плечо, бюст, талия, весь  Линия талии	грудь, талия  Линия передовой
Подгонка - не подгонка		
Привлекательный - не привлекательный		
Выглядит молодым - выглядит старым		
Выглядит тонкий - выглядит толстый		
Красивая - не красивая		
Красивый силуэт - не красивый силуэт		

Ю и др. предложили шкалы для точной оценки посадки каждой части куртки, как показано на рис. 1.24 [125]. Как было показано, девятибалльная шкала всесторонне освещает качество посадки, оцениваемое на разных частях куртки.

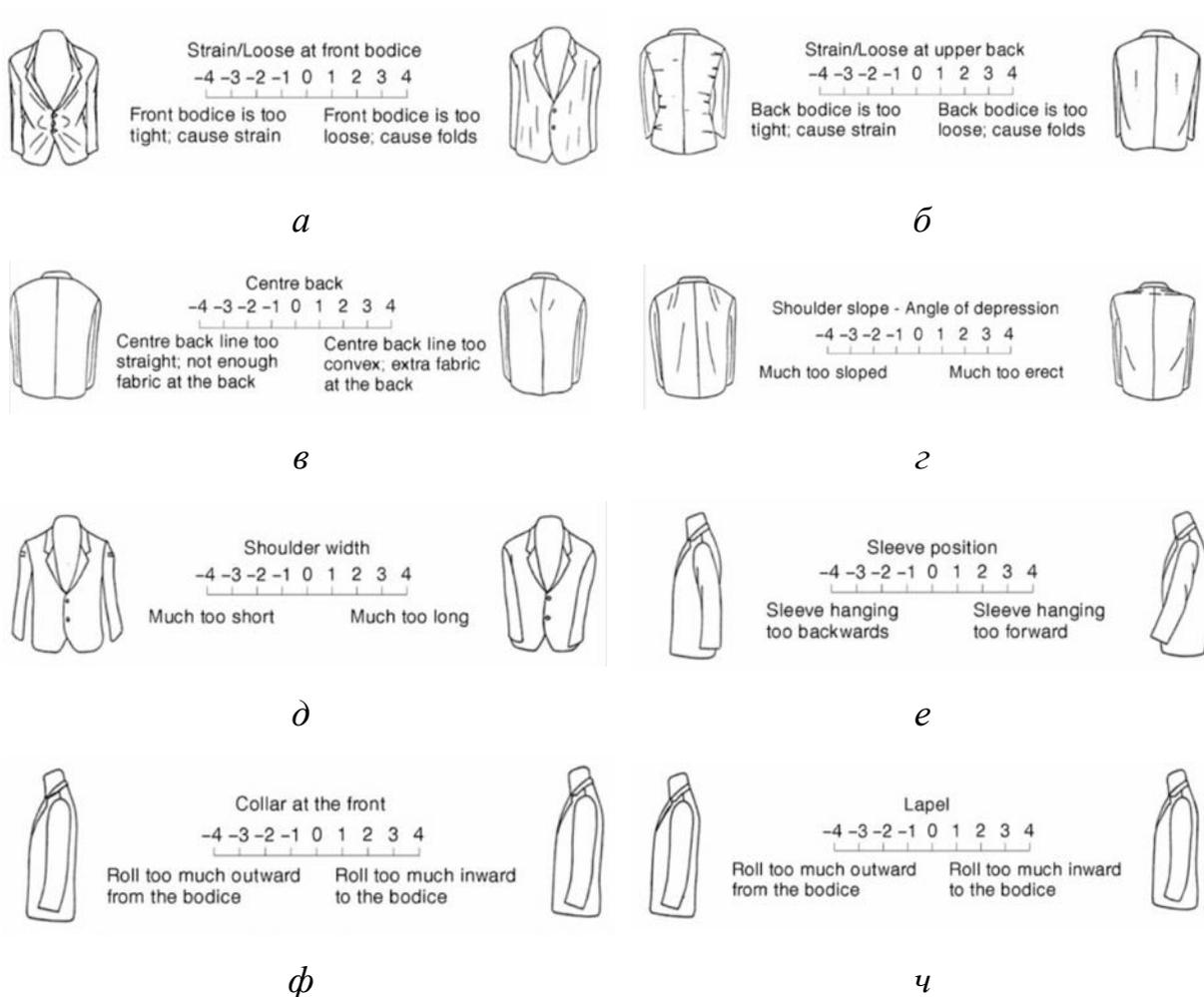


Рисунок 1.24 - Шкалы для оценки посадки куртки:  
*а* – перед стана; *б* - верхняя часть спины, *в* - центр спинки, *г* - боковые части спинки, *д* - ширина плеч, *е* - окат рукава, *ф* - воротник, *ч* - лацкан [125]

Комфорт ношения, как заключительный аспект субъективной оценки, касается сенсорного комфорта (появление различных нервных ощущений при контакте ткани с кожей) и комфорта движения (способность ткани обеспечивать свободу движений, снижение нагрузки и др.) [3]. Различные позы и движения обычно используют для изучения комфорта одежды в повседневной активности. Гу и др. включили пять респондентов, которые примеряли куртки и оценивали комфорт по пятибалльной шкале в пяти различных позах фигуры: руки опущены, руки разведены в стороны на 45°, руки разведены в стороны на 90°, сжатые руки на плече и сгибание [50]. Сайгили и др. проведена оценка комфорта мужских курток в четырех различных позах, как показано на рис. 1.25 [126].

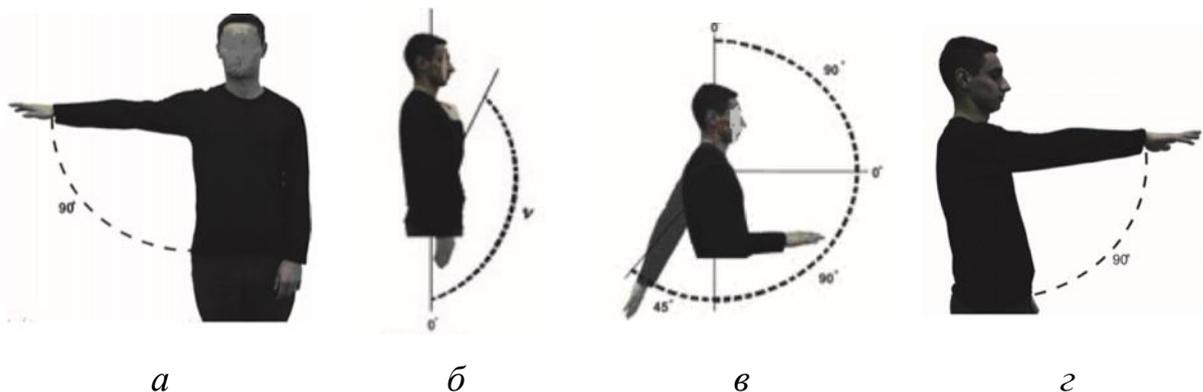


Рисунок 1.25 - Движения для оценки комфорта мужских курток в исследовании Сайгили:

*a* - отведение руки в сторону на  $90^\circ$ , *б* - сгибание - отведение руки вперед на  $145^\circ$  (удержание галстука), *в* - сгибание и разгибание, *г* - сгибание - отведение руки от плеча вперед на  $90^\circ$  [126]

Хук и др. предложили более детальную шкалу приемлемости одежды для тех, кто определяет свою личную оценку комфорта по девятибалльной шкале, как показано на рис. 1.26 [127].

Place a check (tick) between each pair of adjectives at the location that best describes *how you feel*:

1. Comfortable	9   8   7   6   5   4   3   2   1*	Uncomfortable
2. Acceptable	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Unacceptable
3. Tired	1   2   3   4   5   6   7   8   9	Rested

Place a check (tick) between each pair of adjectives at the location that best describes *the clothing you are wearing*:

4. Flexible	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Stiff
5. Easy to put on	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Hard to put on
6. Freedom of movement of arms	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Restricted movement of arms
7. Easy to move in	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Hard to move in
8. Satisfactory fit	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Unsatisfactory fit
9. Freedom of movement of legs	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Restricted movement of legs
10. Freedom of movement of torso	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Restricted movement of torso
11. Dislike	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Like
12. Loose	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Tight
13. Crotch of overall right distance from body	9   8   7   6   5   4   3   2   1	Crotch of overall too close or too far from body

\*Number added for reader reference only

Рисунок 1.26 - Шкала приемлемости в исследовании Хука [127]

В рамках объективной оценки числовые индикаторы измеряют инструментами или программным обеспечением: давление одежды, углы, расстояния и др. В реальной среде давление одежды (наиболее часто используемый индикатор для выявления интерактивной силы одежды, приложенной к человеческой фигуре) обычно измеряют для определения распределения участков с разным компрессионным воздействием [128], также используют числовые величины, такие как углы. В виртуальной среде, кроме вышеперечисленных показателей, измеряют и другие индикаторы, которые трудно измерить физически, например, расстояние между аватаром и одеждой, коэффициент деформации и др. (разд. 1.5) [119, 129]. На рис. 1.27 показаны измерения числовых индикаторов посадки в реальной и виртуальной средах.

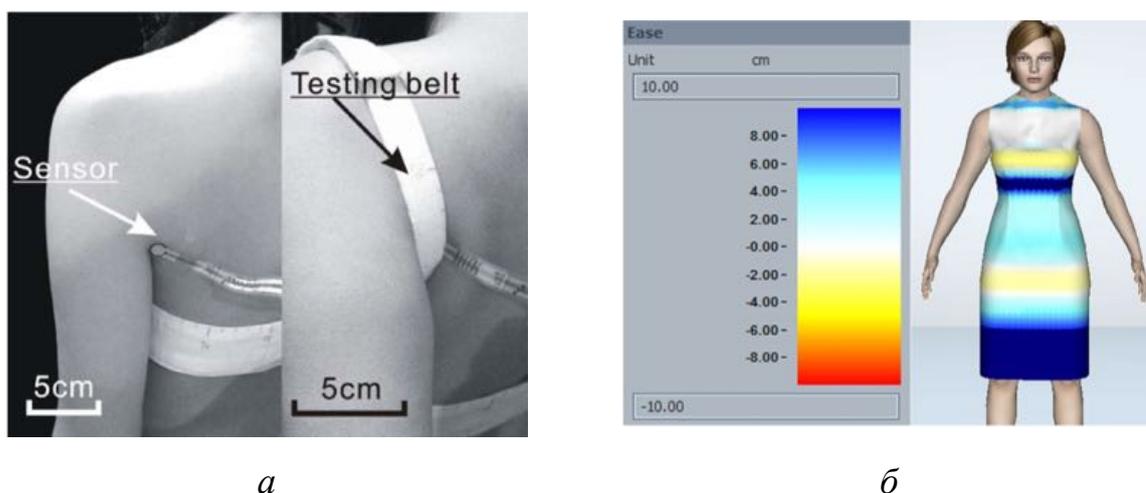


Рисунок 1.27 - Измерения числовых индикаторов посадки:  
*а* - давление одежды в реальной среде, *б* - расстояние между одеждой и фигурой в виртуальной среде (в Modaris 3D Fit) [119, 128]

Основываясь на этих существующих средствах оценки посадки одежды, некоторые ученые делают вывод о критериях оценки одежды. Одним из критериев, дающих четкие критерии оценки посадки одежды, являются те, которые были изложены Эрвин и др. [26, 55]. Они предложили пять фундаментальных факторов в качестве универсальных субъективных критериев оценки, относящихся к трем различным областям:

1. один фактор относится к текстильным материалам: направление раскроя деталей, которое влияет на драпировку ткани;

2. один фактор относится к чертежу: конструктивные прибавки, которые показывают разницу между одеждой и РП и создают воздушный зазор между ними в готовой системе 'фигура - одежда';

3. три фактора относятся к системе 'фигура - одежда': контурные линии, которые отражают взаимосвязь между силуэтом, конструкцией одежды и фигурой человека; состояние поверхности, которое служит индикатором гладкости, расположения напряженных складок или ненужных складок; баланс, который показывает симметрию одежды вокруг фигуры спереди, сбоку и сзади.

Ожидается, что эти принципы будут соответствовать различным критериям или будут разработаны примеры характеристик хороших или плохих примеров посадки. Понятные критерии посадки различных типов одежды были рекомендованы потребителям для оценки внешнего вида и комфорта ношения. Для мужской сорочки критерии посадки различаются в разных сегментах (рис. 1.28) [130]:

1. воротник должен окружать шею без сужения при застегивании;

2. плечевой шов должен быть прямо там, где начинается плечевой скат (ШТБ) и где заканчивается (ПТ);

3. проймы должны быть удобными в движении, а именно не тугими и не настолько свободными, чтобы возникали излишние складки;

4. рукава не должны быть слишком узкими или слишком свободными. Естественные движения должны быть легко выполняемыми;

5. стан сорочки должен плотно облегать торс, независимо от формы и размера фигуры;

6. в расстегнутом состоянии низ сорочки должен заканчиваться в районе промежности. Если сорочка заправлена в брюки, то ее низ обычно заканчивается внизу или за промежностью.

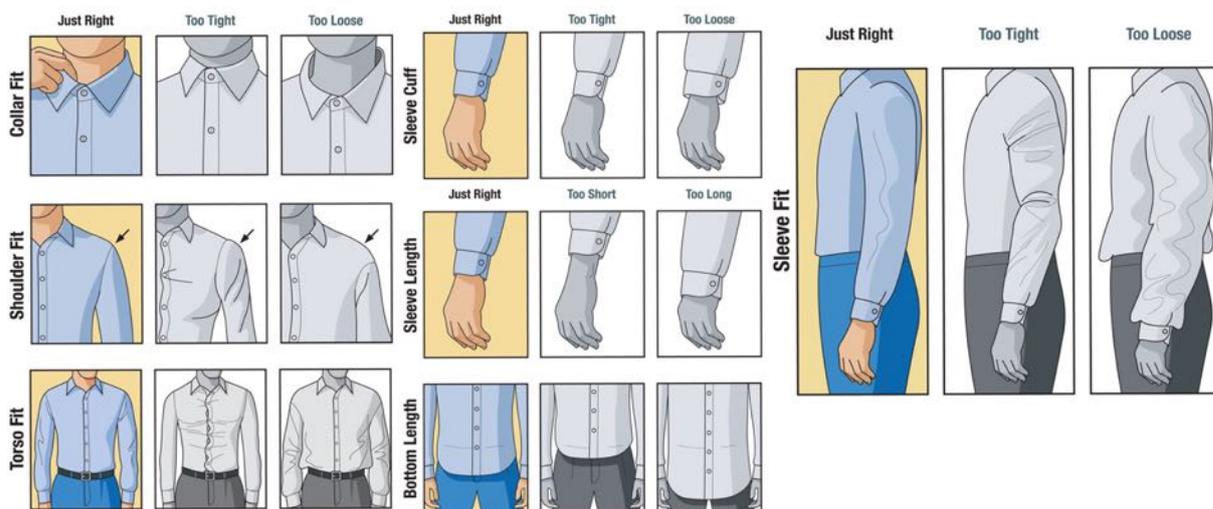
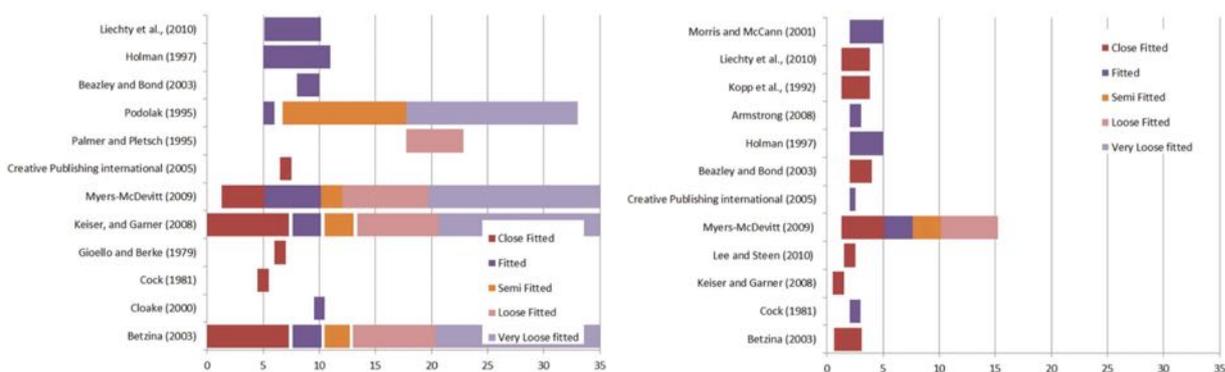


Рисунок 1.28 - Критерии посадки для мужской сорочки [130]

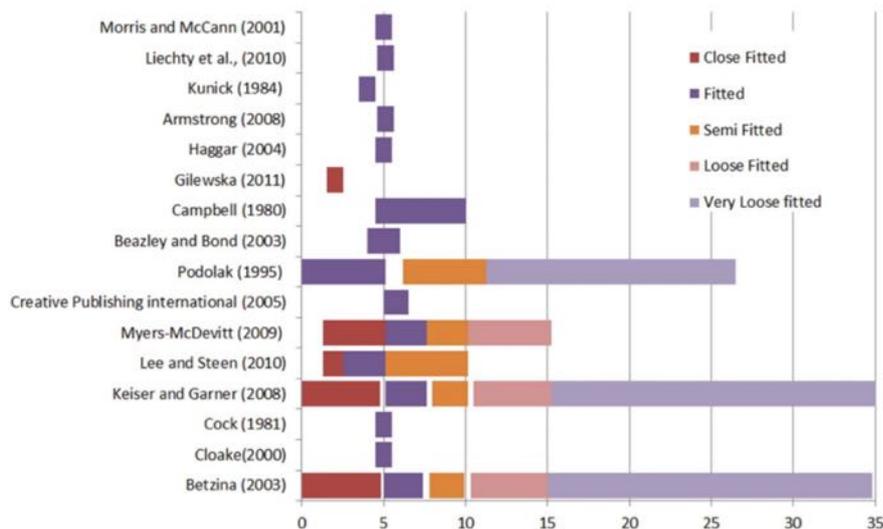
С помощью этих простых, но выполнимых принципов, даже неподготовленный потребитель может оценить посадку сорочки и принять решение. Для конструктора или портного более эффективный способ предсказать посадку одежды - это проверить сам чертеж по определенным правилам перед производством. Наиболее фундаментальным критерием является согласованность соседних точек и линий. Следующими критериями являются прибавки, пропорциональности и др.

Как уже упоминалось ранее, прибавки проектируют с учетом морфологии фигуры, динамического движения и свойств ткани. Критерии хорошей посадки одежды относительно прибавок формулируют в зависимости от вида и стиля одежды, потому что прибавки резко варьируются вместе с ними, например плотнооблегающая трикотажная одежда с минусовыми значениями прибавок и негабаритные одежды с огромными значениями прибавок. Как показано на рис. 1.29, Джил сделал вывод о прибавках, классифицированных по стилю одежды из литературных источников [1].



*а*

*б*



*в*

Рисунок 1.29 - Интервалы прибавок к обхватам фигуры для разных стилей одежды:

*а* - грудь, *б* - талия, *в* - бедра [1]

Хотя критерии их выбора различны, интервалы каждой прибавки для разных стилей одинаковы. Рекомендуется прибавлять значения (ПогЗ: прибавка к обхвату груди, Пот: прибавка к обхвату талии, Поб: прибавка к обхвату бедер) постепенно увеличивая от плотно облегающей одежды до очень свободной одежды. Кроме того, дисперсия стиля одежды более чувствительна к ПогЗ и Поб, а допустимый интервал прибавок для приталенной и очень свободной одежды шире, чем у других стилей.

Ци предложил ПогЗ для построения чертежей различных стилей мужской сорочки (антропометричная: 0 ... 12см, приталенная: 12 ... 18см, обычная: 18 ... 25см, большая:  $\geq 25$ см) [111]. Сурикова Г.И. и др. предложили критерии для обоснования применимости различных

сочетаний типов одежды, стилей и прибавки [114].

Пропорциональность, или баланс, является правильным соотношением между размерами одежды и размерами фигуры, и показывает положение различных частей одежды на фигуре. В широком аспекте, чертеж и фигуру обычно распределяют на переднюю, боковую и заднюю части. Если соотношение между одеждой и фигурой на определенном сечении слишком велики или слишком малы, то появится морщина, вызванная силой сдвига из-за несбалансированной пропорциональности. Как показано на рис. 1.30, *a*, Сурикова Г.И. и др. предложили критерии расчета передней, боковой и задней ширины обхвата бедер (Об) для типичных фигур:

$$LF_f = 0.205 \times Об, \quad (1.3)$$

$$LF_s = 0.12 \times Об, \quad (1.4)$$

$$LF_b = 0.175 \times Об, \quad (1.5)$$

где  $LF_f$ ,  $LF_s$  и  $LF_b$  - ширина фигуры на уровне бедра спереди, сбоку и сзади соответственно.

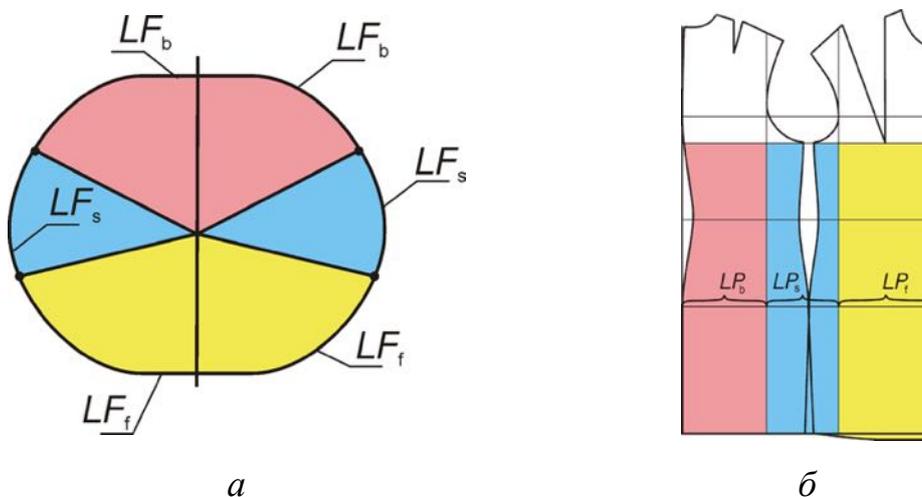


Рисунок 1.30 - Разделение передней, боковой и задней частей:  
*a* - поперечное сечение фигуры на уровне бедра,  
*б* - соответствующие параметры чертежа [114]

На рис. 1.30, б показаны параметры чертежа относительно линии бедер, соответствующие разбиению фигуры. Участок на чертеже будет достаточным для покрытия соответствующего участка фигуры, если его размер равен или меньше участка фигуры по допустимой величине  $d$ :

$$LP_i \geq LF_i - d, \quad (1.6)$$

где  $LP_i$  - это ширина участка чертежа поперек бедер, см;  $LF_i$  - ширина участка фигуры по талии, см;  $d$  - это допустимо различие между ширинами в зависимости от вида ткани.

Конструктор должен также оценить влияние свойств тканей на внешний вид одежды, манипулируя прибавкой на пакет материалов (ПТМ) для достижения желаемой посадки, формы и стиля одежды. Зверева Ю. и др. предложили коэффициенты складчатости брюк, рассчитанные по механическим показателям KES, который позволили оценить величины прибавок по сравнению с поверхностью фигуры на разных продольных уровнях [131]. Сурикова Г.И. и др. исследовали критерии допустимого значения поперечного сдвига для сохранения гладкого внешнего вида одежды из тканей с различными показателями формоустойчивости. Значение должно быть учтено в процессе изготовления чертежа в соответствии со свойствами ткани, чтобы получить хорошую приталенную одежду [114]. Сюэ и др. построили диаграмму данных для конструкторов, чтобы предсказать формуюемость ткани по ее механическим свойствам для получения требуемого силуэта [120].

Таким образом, субъективная и объективная оценка посадки одежды может проводиться на основе конкретных критериев, касающихся внешнего вида, пропорциональности, чертежа, стиля, текстильного материала и т.д. как в реальной, так и в виртуальной среде. Чтобы сделать посадку гарантированной, критерии посадки должны быть установлены в первую очередь и применяться на всем процесс от измерения РП до

конечного производства.

## **1.5. САПР для дизайна одежды**

САПР - это использование компьютеров для помощи в создании, модификации, анализе или оптимизации дизайна. Программное обеспечение САПР используют для повышения производительности труда дизайнера, улучшения качества дизайна, улучшения коммуникаций через документацию, а также для создания базы данных для производства. [132]

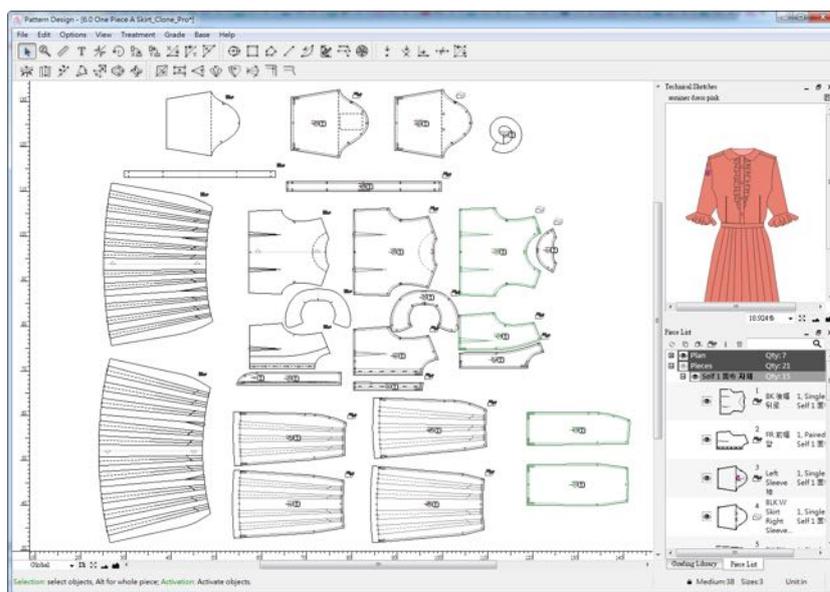
Традиционный 2D САПР для одежды, который был разработан с 1970-х годов, используется для проектирования и развертывания плоского чертежа. 3D САПР включает 3D виртуальный аватар, построение чертежей, 3D сшивание и 3D виртуальную примерку. По сравнению с ручным дизайном и 2D САПР, программное обеспечение 3D САПР перемещает весь физический дизайн в электронную виртуальную среду с гораздо более высокой производительностью и неограниченными возможностями.

### **1.5.1. 2D САПР**

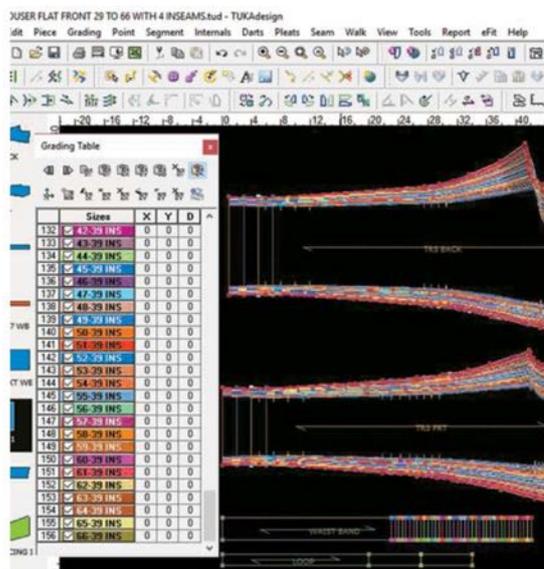
Происхождение САПР можно проследить до 1969 года, когда она впервые была использована в машиностроении с популяризацией персональных компьютеров. В 1970-х годах Рон Мартелл и др. разработал первую 2D САПР Camaco, которая специализировалась на конструировании одежды, а Levi Strauss & Co. стала первым потребителем. По мере расширения 2D САПР в швейной индустрии многие компании принимали участие в разработке новых и выполнимых функций для практического производства [133].

Популярное существующее 2D САПР программное обеспечение включает в себя AccuMark (Geber Technology LLC, США), CAD.Assyst (Assyst GmbH, Германия), ET SYSTEM (BUYI Technology, Китай), GRAFIS

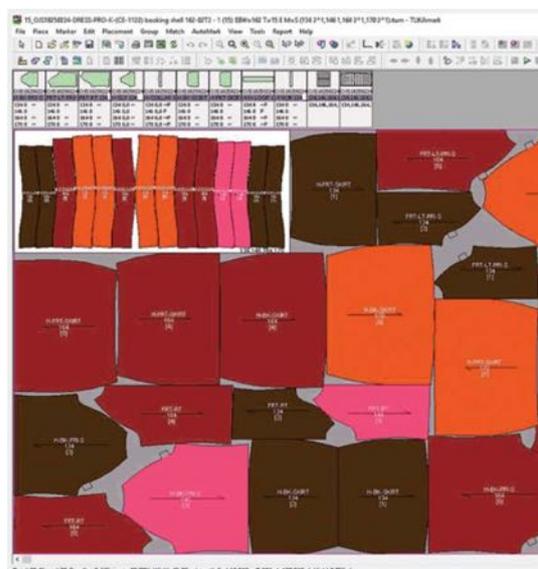
CAD Clothing (GRAFIS, Германия), Modaris (Lectra, Франция), PAD System (Pad System International Limited, Канада), Richpeace (RICHPEACE AI CO., Китай), TUKAcad (Tukatech, США) и др. [134 - 141]. Как показано на рис. 1.31, в эти программы обычно входят три основных модуля: построение чертежей, градация лекал и раскладка.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 1.31 - Три модуля в программном обеспечении 2D САПР: *a* - конструирование (PAD System), *б* - градация (TUKACAD), *в* - раскладка (TUKACAD) [139, 141]

Как показано на рис. 1.31, модуль составления чертежа позволяет комплексно конструировать плоский чертеж с помощью различных инструментов (например, точка, кривая, вытачка, шов). Модуль градации может автоматически градировать детали по заданным пользователем размерам. Модуль раскладки позволяет производить ручное или автоматическое изготовление раскладок деталей для последующего процесса резки. Результаты работы трех модулей могут быть экспортированы на соответствующие машины для фактического производства. 2D САПР изменила устаревший способ производства одежды, переместив ручную работу на электронную платформу с более высокой производительностью и эффективностью в массовом производстве.

### **1.5.2. 3D САПР**

С подавляющим развертыванием Индустрии 4.0 каждая индустрия или область не жалели усилий для разработки аппаратного или программного обеспечения, отличающегося перспективным интеллектуальным и автоматическим производством. Одним из наиболее существенных требований является создание ЦД, который может симулировать фактический физический аналог (например, продукты, производственный процесс), усиленный технологиями VR, аналитикой программного обеспечения и т. д. [142]. Современный VR-основанный 3D САПР для дизайна одежды был развит в надлежащее время.

Некоторые 2D САПР эволюционировали в новые 3D САПР: AccuMark 3D (Geber Technology LLC, США), Ассоль (Россия), CLO 3D and Marvelous Designer (CLO Virtual Fashion Inc., Корея), Modaris 3D Landing (Lectra, Франция), PDS (Optitex, США), Vstitcher (Browzwear Solutions Pte Ltd., Сингапур), 3D Vidya (Assyst GmbH, Германия), TUKA 3D (Tukatech Inc., США) и т. д. [134, 135, 137, 138, 141, 143 - 147]. Это программное

обеспечение используют при реализации 3D виртуального аватара, дизайна одежды, составления чертежей, 3D сшивания и 3D виртуальной примерки и т.д. и оно состоит из аналогичных модулей:

а. традиционный 2D САПР для плоских чертежей;

б. модуль 3D виртуального аватара, который может генерировать встроенные аватары по умолчанию и индивидуализированный аватар, адаптированный к персональному потребителю;

в. модуль 3D ткани, включающий редактируемые виртуальные материалы с различными дигитальными свойствами, которые будут демонстрировать различные эффекты драпировки;

г. модуль 3D сшивания, который может сшивать плоские детали в 3D-форму с помощью редактируемых симулируемых работ (например, флизелин, складка, молния, пуговица);

д. модуль виртуального моделирования 3D в реальном времени, который может объективно и субъективно оценивать 3D эффекты примерки одежды на определенном аватаре;

е. другие модули, такие как библиотека модульного дизайна, рендеринг изображений и видео, 3D показ и т. д.

На рис. 1.32 показан основной пользовательский интерфейс программного обеспечения CLO3D, включающий библиотеки (например, ткань, аватар), модуль 3D сшивания и моделирования, модуль 2D чертежей и т.д.

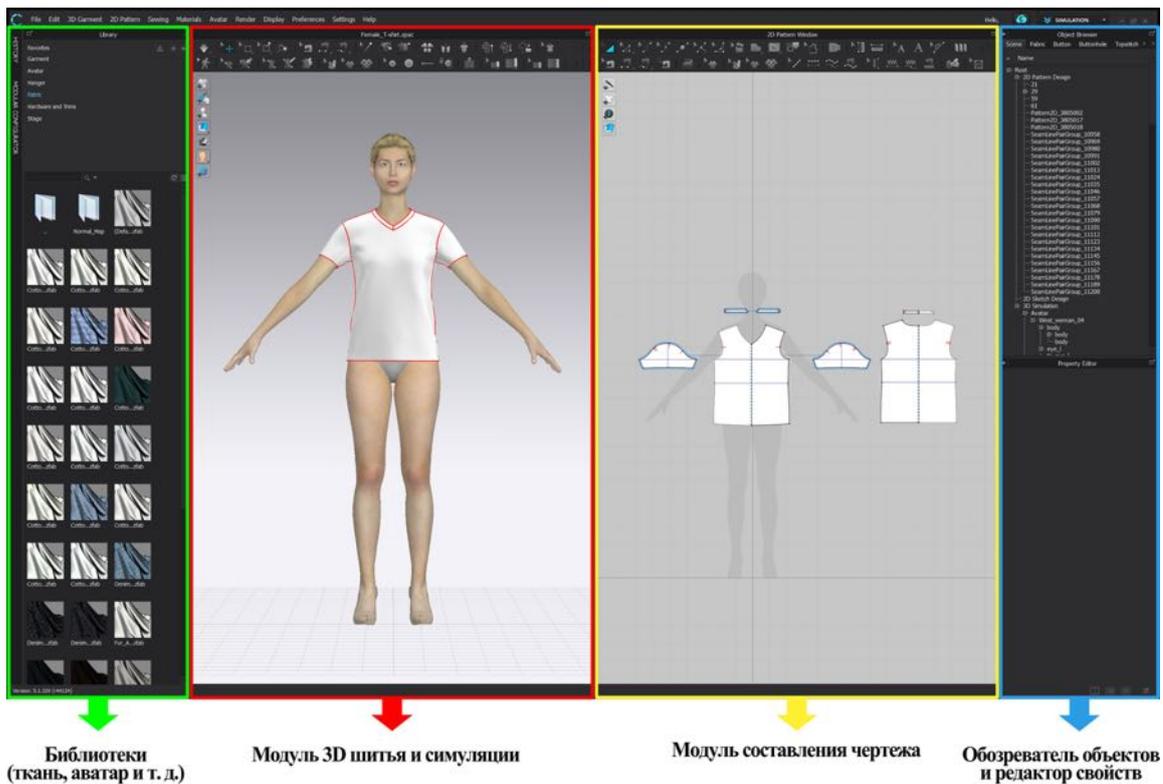


Рисунок 1.32 - Пользовательский интерфейс CLO 3D

На основе интегральной системы существующих модулей виртуальная одежда и оценка ее посадки могут быть выполнены по общему процессу, показанному на рис. 1.33.



Рисунок 1.33 - Процесс создания виртуальной одежды и оценки посадки

Во-первых, следует выбрать или сгенерировать аватар по умолчанию или индивидуализированный. Аватар - это VT, трансформированная виртуальная человеческая фигура, полученная с помощью ручных или автоматических измерений. Он обычно имеет внешнюю морфологию и внутренние виртуальные кости и суставы, как настоящий человек [91]. В CLO 3D, аватары могут быть сгенерированы четырьмя способами:

1. аватары по умолчанию с типичной морфологией разных полов и этнических групп (рис. 1.34, *a*) могут быть выбраны непосредственно из библиотеки;

2. параметрический аватар (рис. 1.34, *б*) может быть сгенерирован путем ввода базовых значений РП (например, высоты, обхвата, ширины), измеренных по реальной фигуре. Однако из-за того, что РП может отражать только ограниченные аспекты морфологии, этот аватар обычно отличается от реальной фигуры;

3. VT со вставленными скелетами и суставами (рис. 1.34, *в*), преобразованный из виртуального клона, может быть импортирован в CLO 3D. Он имеет ту же морфологию, что и реальная фигура, и возможность регулировки поз;

4. индивидуализированный аватар (рис. 1.34, *г*) может быть сгенерирован автоматически путем ввода виртуального клона. Она имеет такую же морфологию, как и реальная фигура.

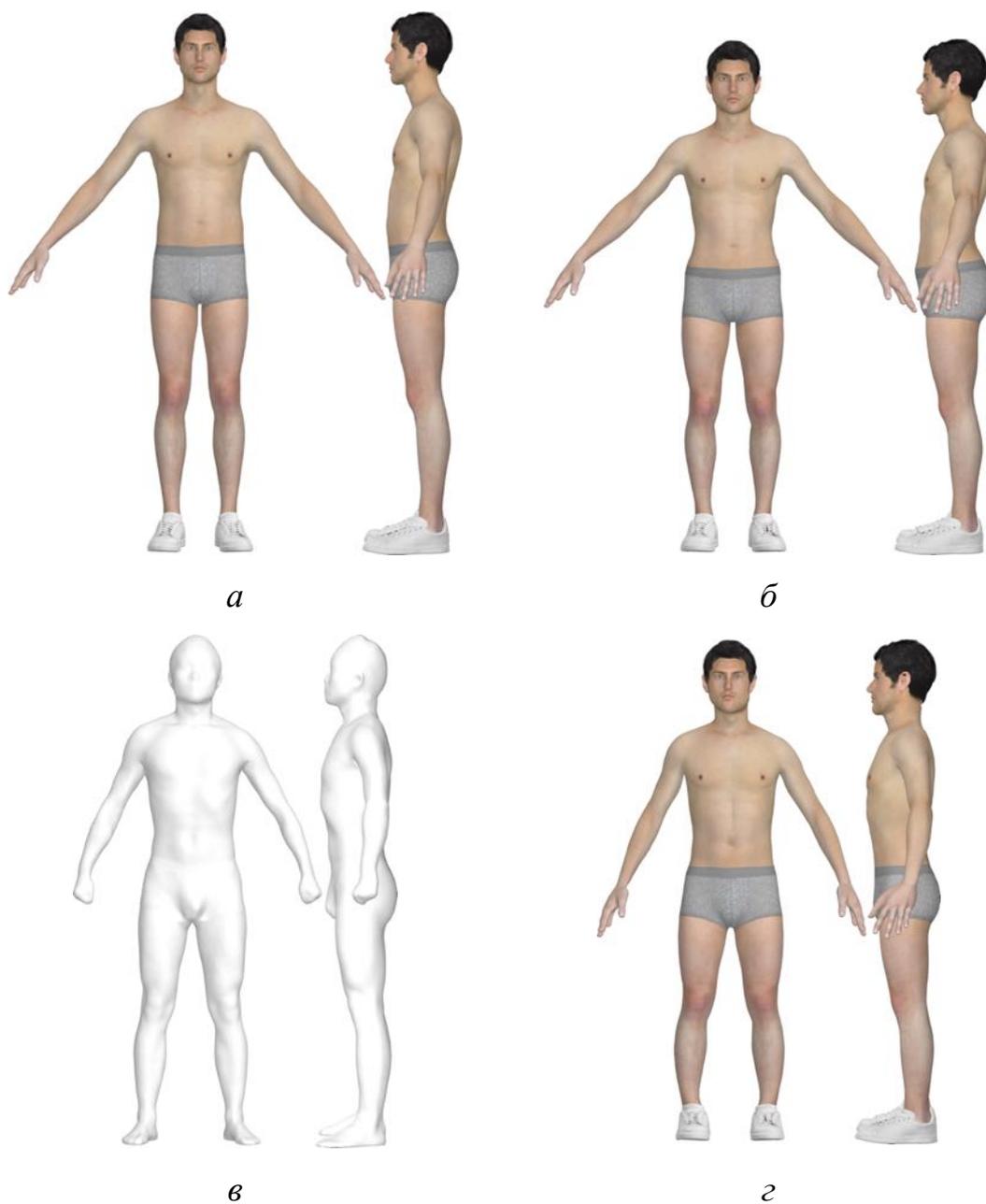


Рисунок 1.34 - Генерация аватара в CLO 3D:  
*а* - аватар по умолчанию из библиотеки, *б* - параметрический аватар, адаптированный к персональному РП, *в* - ЦД, преобразованный из VC, *г* - индивидуализированный аватар, сгенерированный из VC

Учитывая эти требования, следует принять различные аватары. Учитывая, что аватар по умолчанию и параметрический аватар подходит для одежды RtW, для индивидуальной одежды требуется аватар ЦД и индивидуализированный аватар.

Во-вторых, 2D чертеж должен быть составлен в модуле 2D чертежа, как и операции в 2D САПР.

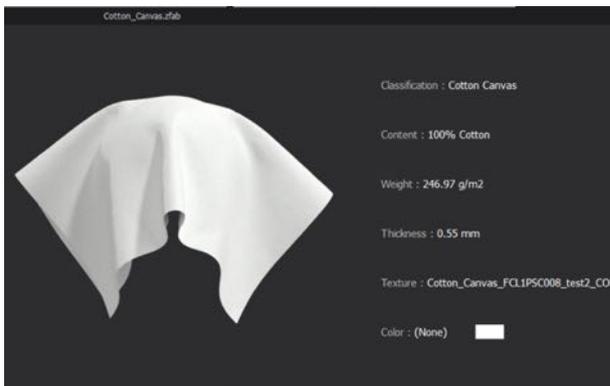
В-третьих, необходимо организовать 3D сшивание. Прежде всего, 3D детали одежды должны быть хорошо расположены вокруг соответствующих сегментов фигуры, а швы между соседними частями должны быть определены. Кроме того, детали( например, пуговица и петлица, подкладка) должны быть отредактированы в соответствии с индивидуальным дизайном.

Далее виртуальные ткани каждой части должны быть выбраны или сгенерированы тремя способами:

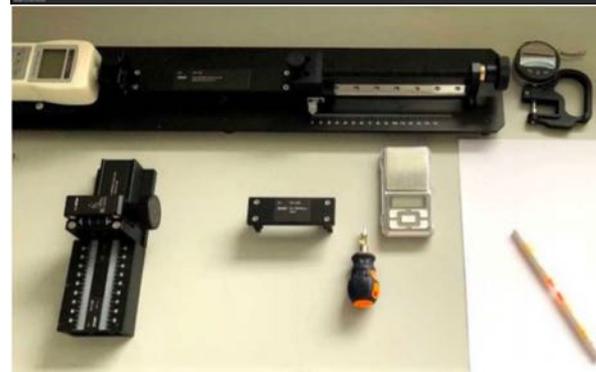
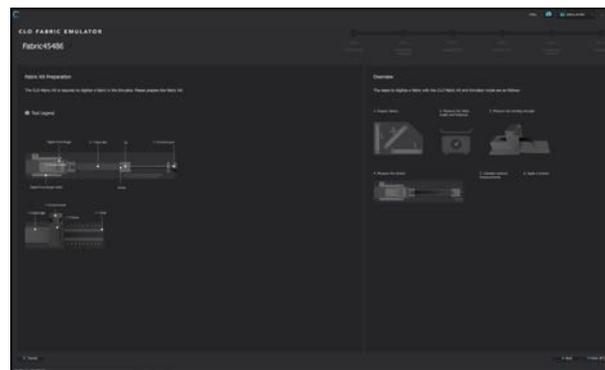
1. 65 типов встроенных тканей с различной текстурой и свойствами могут быть выбраны из библиотеки тканей. Рис. 1.35, *а* показывает хлопчатобумажный холст в библиотеке тканей;

2. виртуальные ткани могут быть сгенерированы эмулятором CLO ткани и набором CLO ткани (рис. 1.35, *б*). CLO эмулятор - это программный модуль, который может генерировать виртуальную ткань путем ввода тестовых данных, полученных из простых тестов с помощью инструментов CLO Кит [148];

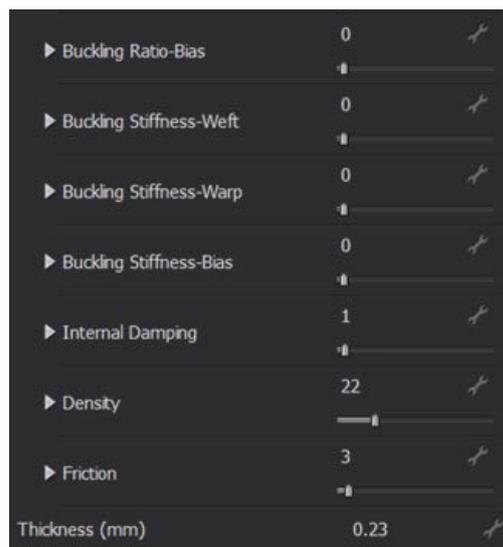
3. виртуальные ткани могут быть сгенерированы из свойств реальных тканей с помощью специальных алгоритмов [149].



*a*



*б*



*в*

Рисунок 1.35 - Модуль виртуальной ткани в CLO 3D:

*a* - ткань по умолчанию (хлопчатобумажные полотна) в библиотеке, *б* - эмулятор CLO ткани и инструменты [148], *в* - список дигитальных свойств

В-пятых, виртуальное симуляция примерки и оценка посадки должны проводиться с помощью модуля 3D виртуального симулятора. Симуляция примерки может быть достигнута мгновенно после определения аватара, чертежа, деталей и ткани. Виртуальная посадка

одежды может быть оценена субъективно и объективно.

С одной стороны, внешний вид примеряемой модели с неограниченных ракурсов можно визуализировать после сшивания (рис. 1.36, *а*). Воздушный зазор между одеждой и аватаром также можно визуализировать в режиме прозрачности (рис. 1.36, *б*).

С другой стороны, числовые индикаторы посадки могут быть измерены в любой точке поверхности одежды с визуализацией ее распределения. Используя диапазон цветов, карта деформаций (рис. 1.36, *в*) показывает, что степень деформации одежды из-за внешнего напряжения проявляется в процентах. Кроме того, 3D модель системы “одежда - аватар” может быть экспортирована в программное обеспечение для 3D моделирования (например, Rhinoceros) для дальнейшей оценки с явной обработкой, такой как измерение размеров, генерация поперечных сечений и т. д.

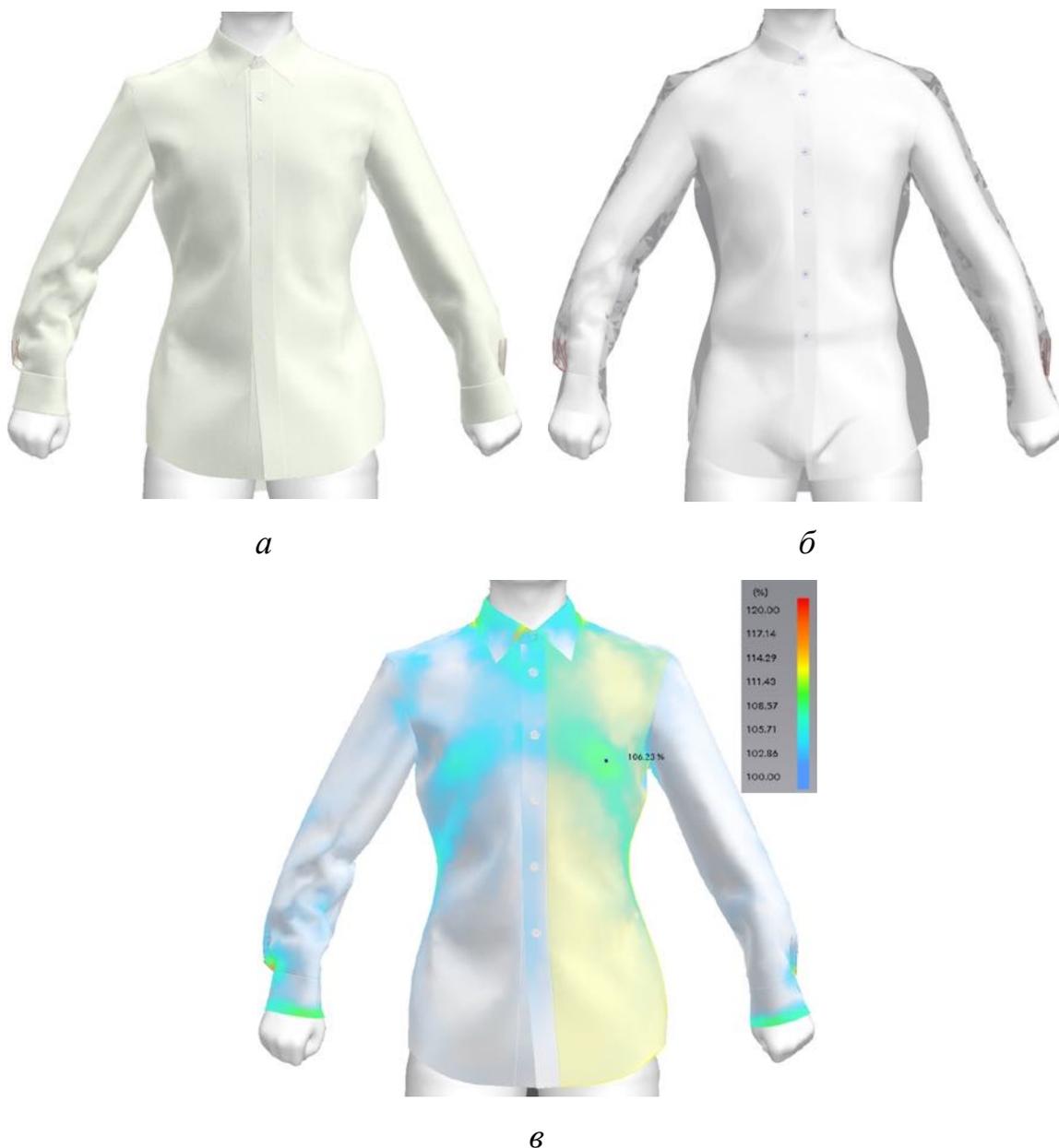


Рисунок 1.36 - Виртуальная оценка посадки одежды в CLO 3D:  
*а* - внешний вид одежды, *б* - прозрачный режим одежды,  
*в* - измерение скорости деформации и карта деформаций

Корректировка может быть произведена путем повторения цикла с первого по пятый шаги, и окончательная одежда может быть определена, когда посадка одежды и дизайн являются удовлетворительными. Благодаря вышеупомянутому виртуальному изготовлению одежды и оценке посадки, сложные исследования в реальной среде теперь доступны в виртуальной среде.

Лю и др. подтвердили правильность посадки чертежа брюк с

помощью ориентированных для построения чертежей РП, генерируемой модели прогнозирования ANN в виртуальной среде. Кроме того, они симулировали человеческую деятельность и измеряли давление одежды в 3D САПР [129]. Аналогично, карта точек контакта, напряжения и прозрачная одежда были использованы для сравнения посадки и внешнего вида сорочек обычной и приталенной формы в исследовании Кима и др. [150]. Кузьмичев В.Е. и др. применили 3D САПР для реконструкции исторического чертежа и получили виртуальный облик в соответствии с прототипами [151, 152]. Новая технология 3D-2D (рис. 1.5, а; рис. 1.15) была также использована для конструирования специальной одежды (например, компрессионной одежды, одежды простого фасона, одежды для инвалидов) [97, 98].

Таким образом, современный 3D САПР для конструирования одежды обеспечивает гораздо более высокую производительность и больше возможностей благодаря универсальным модулям, чем традиционный 2D САПР. В программном обеспечении 3D САПР реалистичный примерный эффект с субъективной и объективной оценкой посадки может быть продемонстрирован мгновенно вместо реальных пробных испытаний готовой одежды.

## **1.6. Основные цели и этапы исследования**

Учитывая современный статус исследований, существующая реальная и виртуальная индивидуальная одежда все еще нуждается в совершенствовании из-за синергетических недостатков в существующих измерениях фигуры, неспособных всесторонне охарактеризовать основную морфологию, чертеж конструкции, неспособности гарантировать качество посадки окончательной одежды, и малочисленных исследований в области виртуальной кастомизации мужских сорочек с конкретными критериями оценки посадки.

Целью исследования является разработка технологии e-bespoke для кастомизации дизайна мужской сорочки в виртуальной среде.

Для достижения этой цели необходимо предпринять необходимые шаги в рамках данного исследования (рис. 1.37):

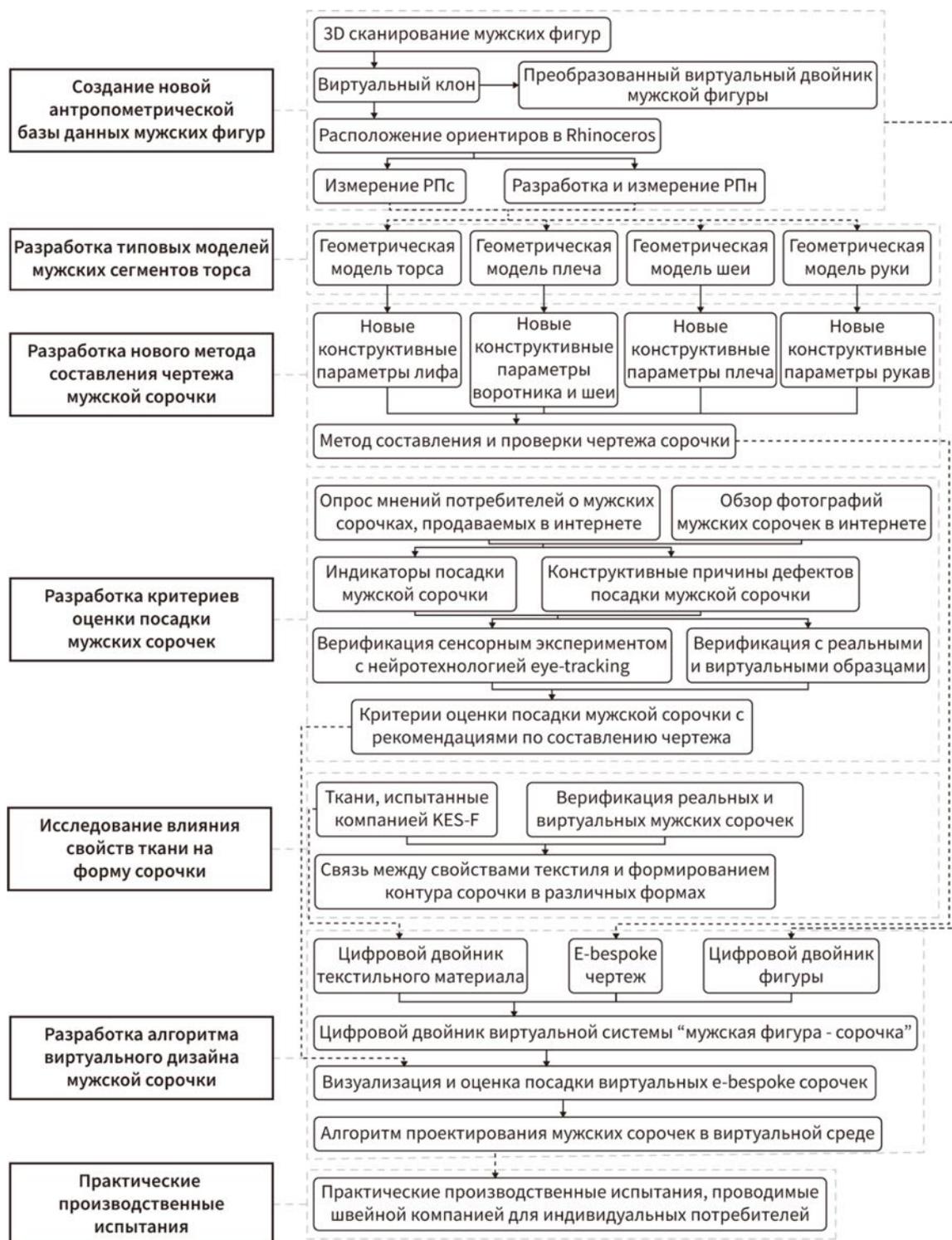


Рисунок 1.37 - Рамки разработки реальной и виртуальной e-bespoke мужской сорочки

1. Должна быть создана новая база антропометрических данных, которая может характеризовать морфологию мужской фигуры с достаточным набором РПн. Достаточное количество молодых респондентов мужского пола должны быть сначала сканированы на 3D сканере, и их VC будет сохранен. Во-первых, VC будет преобразован в скелетный ЦД (рис. 1.15), а во-вторых, будет размечен основными ориентирами (рис. 1.8) в Rhinoceros. Будут измерены РПс (рис. 1.9), а также предложены и измерены дополнительный РПн для представления различных сечений фигура.

2. Должны быть разработаны геометрические модели различных сегментов фигуры - торса, шеи, плеча и руки - для согласования их морфологических особенностей с разворачиванием плоскостей, ответственных за посадку одежды.

3. Должен быть разработан новый метод конструирования и проверки чертежей мужских сорочек. Новые параметры различных сегментов чертежа (стан, воротник и горловина, линия плеча и рукав), , должны быть рассчитаны по РП, прибавкам и соответствовать сечениям фигуры. Будет разработан алгоритм подгонки чертеж сорочки под индивидуальную морфологию фигуры.

4. Должны быть установлены критерии оценки посадки мужских сорочек. С помощью опросов мнений потребителей и реальных фотографий сорочек из интернет-магазинов одежды следует выявить индикаторы, касающиеся посадки и возможных конструктивных причин возникновения дефектов. Значимость каждого индикатора посадки будет проверена с помощью сенсорных экспериментов с использованием нейротехнологии eye-tracking. Кроме того, конструктивные причины дефектов будут проверены в реальных и виртуальных образцах. Таким образом, будут сформулированы требования к хорошо сидящей мужской сорочке и определены рекомендации по конструированию чертежей.

5. Следует уточнить влияние свойств ткани на форму сорочки.

Ткани для сорочек будут тестироваться системой KES-F, а реальные сорочки четырех стилей (рис. 1.18) будут сшиты. Будет выяснена связь между показателями свойств ткани и формированием контура сорочек с различными стилями.

6. Дигитальный двойник виртуальной системы “мужская фигура - сорочка” должен быть разработан. Интегрируя результаты предыдущих этапов экспериментов, дигитальный двойник виртуальной системы “мужская фигура - сорочка” будет создан путем симультанной разработки дигитального двойника ткани, чертежа e-bespoke сорочки и дигитального двойника фигуры в виртуальной среде. Будут разработаны алгоритмы конструирования мужских сорочек в виртуальной среде.

7. Будут проведены практические производственные испытания. Результаты исследования будут испытаны путем дистанционного проектирования хорошо подогнанных индивидуальных мужских сорочек для индивидуальных потребителей.

## **ГЛАВА 2. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ МУЖСКОГО ТОРСА**

В предыдущей литературе были исследованы различия морфологии фигуры и с использованием традиционных размерных признаков РПС для ее характеристики. Однако существующие знания о вариациях фигур не включали в себя некоторые существенные морфологические особенности, которые не могут быть отражены РПС. Достижение хорошей посадки одежды требует сначала всестороннего понимания особенностей морфологии, а затем параметризации их с помощью новых размерных признаков (РПн), применимых при конструировании мужской сорочки.

В этой главе создана антропометрическая база данных мужского торса с особенностями морфологии в виде набора РПн, полученных с помощью 3D сканера и специального программного обеспечения. С помощью инструментов и программного обеспечения были сгенерированы виртуальные клоны фигур VC и измерены РПн. Кроме того, была проведена статистическая валидация РПн для обеспечения практической применимости антропометрических данных.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в трех работах [160 - 162].

### **2.1. Методы исследования**

#### **2.1.1. Инструменты и программное обеспечение**

Для получения и анализа антропометрических данных, процесс сканирования проводился бесконтактным 3D сканером VITUS Smart XXL (Human solutions GmbH, Германия) в Ивановском государственном политехническом университете и Уханьском текстильном университете.

Совместимое со сканером программное обеспечение Anthroscan

(Human solutions GmbH, Германия) использовали для управления процессом сканирования и генерации VC. Онлайн-платформа Mixamo (Adobe, США) [153] была использована для генерации скелета ЦД, который был использован в последующей виртуальной симуляции. VC визуализировали и измеряли с помощью универсальной 3D компьютерной графики и САПР Rhinoceros (Robert McNeel & Associates, США). Для статистического анализа использовали программное обеспечение SPSS (IBM, США).

### 2.1.2. Получение виртуальных клонов мужских фигур

В соответствии с ISO 20685-1:2018(E) [154] респонденты должны были носить только нижнее белье в стандартном положении стоя: голова во франкфуртской плоскости, параллельные стопы на расстоянии 200 мм друг от друга, плечи, образующие угол  $20^\circ$  со стороной торса, прямые локти и т.д. Каждого респондента сканировали несколько раз до тех пор, пока необработанная сетчатая модель сканирования (рис. 2.1, а) не была применима для последующего измерения и примерки процесса.

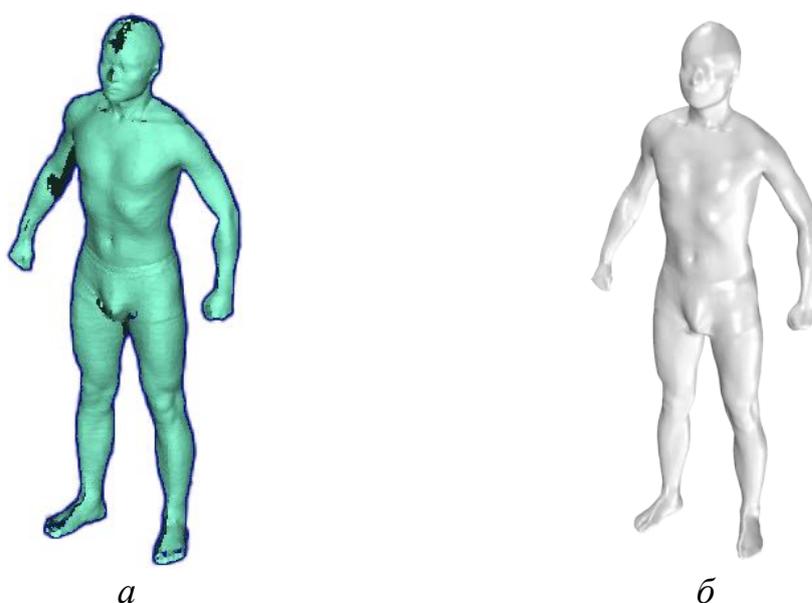


Рисунок 2.1 - Получение VC мужской фигуры:  
а - необработанная сетчатая модель сканирования,  
б - реконструированный VC

Из-за возможностей 3D сканера, некоторые мелкие области (например, верхняя часть головы, промежность, подмышечная впадина, подошва) сетчатой поверхности были пусты. Недостающие сетчатые поверхности были реконструированы с помощью функций “Реконструированная поверхность” и “Адаптивно уточнить TMesh” в Anthroscan. Реконструированная модель фигуры с полной гладкой поверхностью и реалистичной морфологией в формате .obj была экспортирована в виде VC (Рис. 2.1, б) в Rhinoceros и другие программы.

### **2.1.3. Метод получения размерных признаков в Rhinoceros**

Для измерения РПн были выбраны девять основных ориентиров в виде антропометрических точек и размерных признаков (ПТ, АРФ, АРВ, ПВ, ШТп, ШТб, ШТз, ЛТ, WР) и три антропометрических уровня (грудь, талия, бедра) в области торса в соответствии с ISO 8559-1:2017(E) (рис. 1.9) [72]. Основываясь на этих ориентирах, четыре группы РП, а именно высоты, обхваты, длина поверхности и прямые расстояния, были получены в Rhinoceros тремя методами:

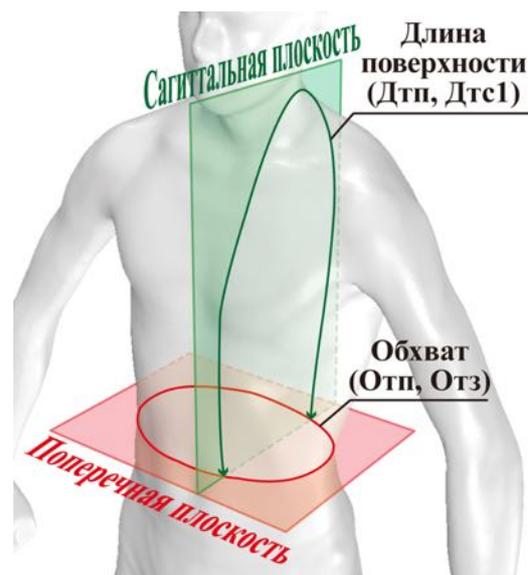
а. перпендикулярно плоскости стояния: измерение от ориентиров до плоскости стояния, другого ориентира или опорной плоскости – с помощью инструмента “Line”. Первая группа включала вертикальный рост РП (например, В<sub>т</sub>, рис. 2.9), вторая включала расстояние между двусторонними точками (например, Шп), третья включала горизонтальное расстояние (например, Рштз, рис. 2.9), соответственно. На рис. 2.2, а показан РП, измеренный перпендикулярным методом;

б. сечения: измерение по поперечным сечениям, которые были сформированы путем пересечения сетчатой поверхности VC с поперечной и сагиттальной плоскостями на разных уровнях инструментом “Mesh intersect”. Обхваты (например, Отп, Отз) и длины поверхности (например, Дтп, Дтс1) измеряли методом среза, как показано на рис. 2.2, б;

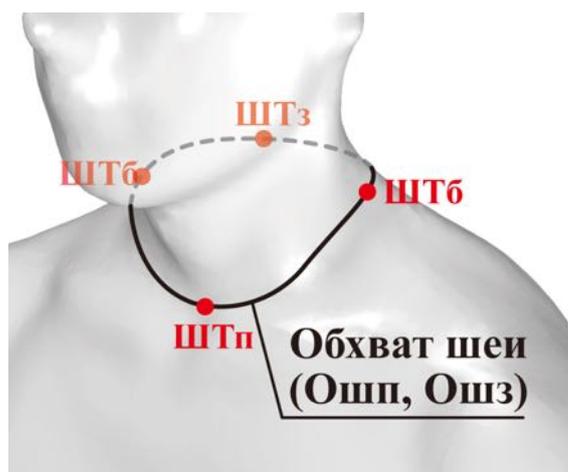
в. контур клона: измерение по контурам, непосредственно нарисованным на сетчатой поверхности VC инструментом “Polyline on mesh”. Исключением является линия обхвата шеи Ош, которая не принадлежит одному сечению, поскольку точки ШТп, ШТб и ШТз не были копланарными, но могут быть получены с помощью рисования методом контура, как показано на рис. 2.2, в.



а



б



в



г

Рисунок 2.2 - Методы получения РП в Rhinoceros:  
 а - перпендикулярно основе, б - сечение,  
 в - контур, г - разделительная корональная плоскость

Кроме того, с помощью разделительной корональной плоскости делили обхваты торса (грудь, талия, бедра) на переднюю и заднюю части согласно рис. 2.2, з. Эта плоскость была получена путем соединения левой и правой ПТ и расширена в вертикальном направлении с помощью инструмента ‘Rectangular plane: 3 points’. Таким образом, обхваты были сегментированы на переднюю и заднюю части с помощью инструмента ‘Split’.

#### 2.1.4. Статистическая валидация размерных признаков

В исследование были добровольно включены в общей сложности 156 молодых мужчин, среди которых 94 мужчин были из центрального Китая и 62 из Центральной России в возрасте от 18 до 30 без морфологических пороков развития (например, деформации костей, суставов и мышц) и физической инвалидности. Согласно стандарту [64], они были классифицированы на три группы: 95 мужчин принадлежало Y-типу (разность между обхватами груди и талии 17 см), 52 – A-типу (разность между обхватами груди и талии от 12 до 16 см) и шесть мужчин B-типу (разность между обхватами груди и талии от 7 до 11 см).

Для обоснованности последующих экспериментов наименьший размер выборки был рассчитан по Уравнению (2.1) [155].

$$n = \frac{Z^2 + \text{СКО}^2}{d^2}, \quad (2.1)$$

где  $n$  - расчетный размер выборки,  $Z$  - стандартная нормальная вариация (в данном исследовании  $Z = 1,96$  для 95% доверительного интервала), СКО - стандартное отклонение переменной,  $d$  - предел погрешности ( $d$  был установлен как 5% от среднего значения переменной, которое было адекватным для исследований в промышленном производстве).

РП, которые использовали в последующих экспериментах, были введены в качестве переменной для оценки размеров выборки для трех типов фигур. РП трех типов фигур были показаны в табл. Б.А – Б.Е в приложении Б. В табл. 2.1 показаны размеры выборки, рассчитанные для измеренных РП (разд. 2.3) в настоящем исследовании.

Таблица 2.1 - Размеры выборок для трех типов фигур

РП	Тип фигуры								
	У			А			В		
	СКО, см	d, см	n	СКО, см	d, см	n	СКО, см	d, см	n
Вст	7,65	6,56	6	6,24	6,36	4	8,16	6,44	7
Вт	6,69	5,59	6	5,22	5,39	4	6,16	5,48	5
Вб	6,22	4,50	8	5,09	4,34	6	5,74	4,45	7
Дтп	2,62	2,30	6	1,97	2,23	4	2,74	2,25	6
Дтс1	2,65	2,24	6	1,99	2,19	4	2,79	2,22	7
Шг	3,80	2,10	13	3,31	2,04	11	2,61	1,98	7
Шс	3,28	1,96	11	3,05	1,86	11	2,06	1,87	5
Ог3п	5,54	2,52	18	4,69	2,41	15	6,58	2,36	30
Ог3з	4,77	2,45	15	4,77	2,31	17	1,43	2,33	2
Отп	5,97	2,21	28	4,90	2,21	19	6,64	2,27	<b>33</b>
Отз	5,48	1,63	<b>44</b>	6,20	1,68	<b>53</b>	3,55	1,79	16
Обп	4,97	2,54	15	4,81	2,51	15	5,71	2,49	21
Обз	5,10	2,25	20	6,01	2,24	28	5,03	2,30	19
Вштз	8,22	7,63	5	6,30	7,39	3	7,94	7,50	5
дшпоп	0,81	0,64	7	0,90	0,63	8	0,85	0,67	7
Вштп	7,70	7,29	5	5,77	7,06	3	8,08	7,15	5
Вштс	8,27	7,61	5	6,36	7,37	3	8,10	7,47	5
Рштп	2,26	1,95	6	2,12	1,96	5	1,51	2,00	3
Ршпб	1,97	1,58	6	1,88	1,59	6	1,71	1,61	5
Рштз	2,12	1,44	9	1,98	1,44	8	2,13	1,47	9
Ошп	3,39	1,36	24	2,07	1,34	10	2,34	1,39	11
Ошз	1,85	0,75	24	1,32	0,73	13	1,30	0,75	12
Шп	1,13	0,72	10	1,04	0,69	9	0,40	0,67	2
Рптшп	1,45	1,07	8	1,19	1,03	6	0,93	1,03	4
Рптшсз	1,34	1,07	7	1,26	1,02	6	0,79	1,02	3
Ор	3,73	1,53	23	3,04	1,46	17	3,29	1,49	19
Др	4,43	3,07	9	2,95	2,93	4	3,04	2,96	5
Озап	1,40	0,84	11	1,10	0,81	8	1,71	0,82	17

Как показано в табл. 2.1, предполагаемые наименьшие объемы выборок составляют 44 для Y-типа, 53 для А-типа и 33 для В-типа. Таким образом, 95 фигур Y-типа и 55 фигур А-типа, которые были выбраны ранее в качестве субъектов, были достаточны для последующих экспериментов. Фигуры В-типа были исключены из исследований из-за малого объема выборки.

Размерные признаки 150 субъектов приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 - Основные размерные признаки субъектов

Измерение	Рост, см	Масса, кг	Индекс массы тела ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	ОгЗ, см	От, см	Об, см
Интервал	156,1 ... 197,7	48,0 ... 49,3	17,3 ... 27,8	76,4 ... 123,9	61,88 ... 99,8	80,4 ... 114,9
Среднее значение	177,0	71,9	22,9	97,5	77,3	95,5
СКО	8,2	8,1	2,0	7,9	7,2	5,7

Как показано в табл. 2.2, измерения субъектов отчетливо варьировались по многим параметрам: большинство субъектов имели нормальный рост ( $18.5 < \text{ИМТ} < 25 \text{ кг/м}^2$ ), а некоторые были худыми ( $\text{ИМТ} < 18.5 \text{ кг/м}^2$ ) или слегка тучными ( $25 < \text{ИМТ} < 30 \text{ кг/м}^2$ ).

## 2.2. Морфологические особенности мужских торсов

Как обсуждалось в разд. 1.2.1, дисперсия морфологических особенностей сегментов торса (например, плеча) обычно классифицировалась на несколько групп (например, нормальная, наклонная, квадратная). Однако некоторые мужские фигуры не принадлежали ни к одной из этих групп, и не было ни РП для их различения, ни метода модификации чертежа. Чтобы разрешить эту дилемму, один из основных методов состоит в том, чтобы обнаружить РПн, совокупность которых может универсально характеризовать

морфологические признаки, с одной стороны, и быть применимым в конструировании чертежей, с другой стороны. В этом подразделе обсуждаются морфологические особенности мужских торсов у 150 респондентов, подтверждающие правильность предложенных РПн.

### **2.2.1. Пропорции переднезаднего основного торса**

Основной торс часто распознается по полным обхватам (например, ОгЗ, От, Об) и другим РП, но пренебрегают многими существенными морфологическими особенностями. Хотя некоторые вариации морфологии торса были предложены для того, чтобы подчеркнуть разницу между передней и задней частями конкретного сегмента (разд. 1.2.1), они все еще не характеризуют интегральную морфологию торса, а измеряемые РП не адаптированы для построения чертежа на индивидуальную фигуру. Нетипичные морфологические особенности торса обычно существуют на разных уровнях. Чтобы понять эти особенности, можно использовать переднезадние пропорции этих уровней.

Пропорции можно распознать в двух направлениях. В горизонтальном направлении существуют три значимых морфологических уровня относительно антропометрических уровней: уровень груди относительно грудной клетки и лопатки; уровень талии относительно талии спереди и сзади; уровень бедер относительно живота и заднего бедра (рис. 2.3). Поскольку чертежи переда и спинки обычно отделены от ПТ линией проймы и линией бокового шва, то ПТ были выбраны в качестве разделительных точек для разделения переднего и заднего сегментов, а разделительная корональная плоскость была выполнена из левого и правого ПТ (рис. 2.2, з). Поэтому вся окружности на трех уровнях были разделены на три передних поверхности (ОгЗп, Отп, Обп, разд. 2.3) и три задних поверхности (ОгЗз, Отз, Обз, разд. 2.3).

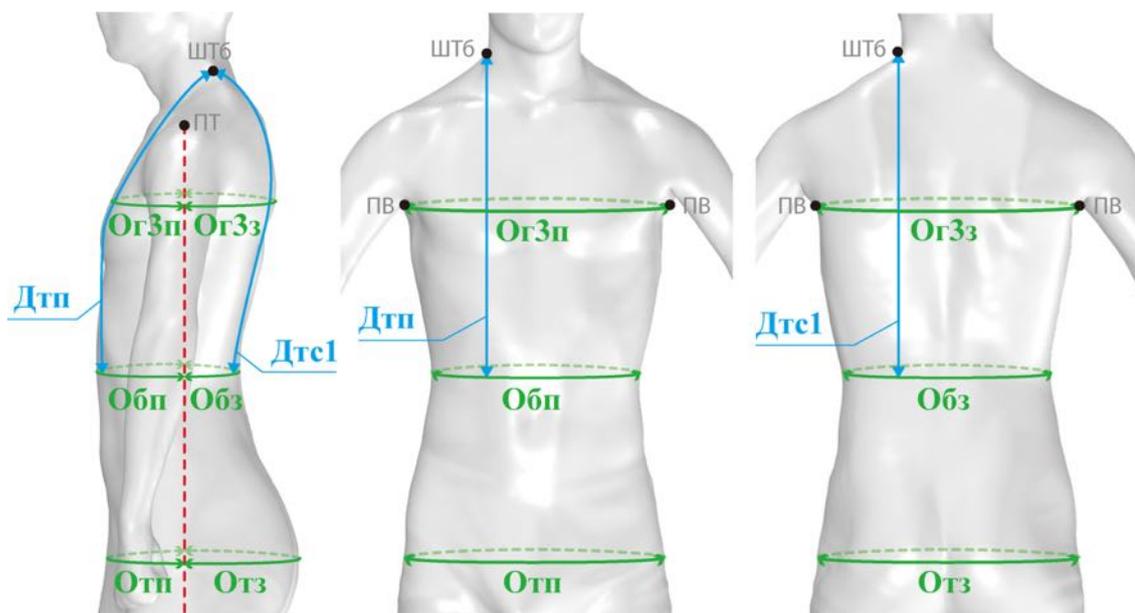


Рисунок 2.3 - Пропорции торса в продольном направлении, отраженные передними и задними долями обхватов и длинами поверхности

В вертикальном направлении длина передней и задней поверхностей (разд. 2.3) отражает переднезаднюю пропорцию (рис. 2.3). Во-первых, точка ШТб была выбрана в качестве точки разделения, потому что она находится на границе переднего и заднего сегментов торса. Во-вторых, точка ШТб находится на линии пересечения сегмента шеи и области плеча, что помогло бы интегрировать конструктивные линии стана, шеи и воротника, а также плеча в последующем построении чертежа конструкции. Таким образом, горизонтальные и вертикальные пропорции могут быть отражены соответственно передними и задними долями обхватов и длинами.

На рис. 2.4 и в табл. 2.3 приведен пример трех ВС типа 170/92У с различными пропорциями сегмента торса.

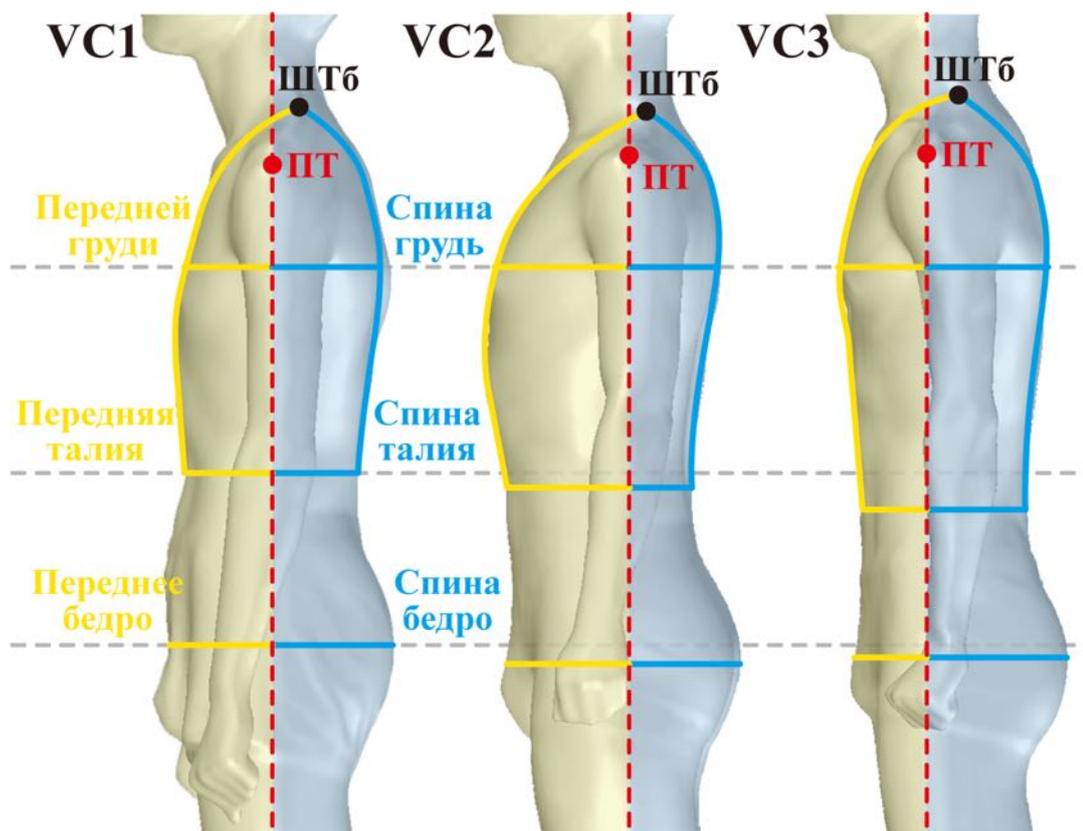


Рисунок 2.4 - Три VC типа 170/92У с различными пропорциями сегмента торса

Таблица 2.3 - РП и пропорции сегментов торса трех VC

VC №.	РП, см				Переднезадние пропорции			
	ОгЗ	От	Об	Дтп + Дтс1	ОгЗп/ОгЗз	Отп/Отз	Обп/Обз	Дтп + Дтс1
1	91,9	72,0	93,9	84,7	0,454/0,546	0,497/0,503	0,496/0,504	0,498/0,502
2	92,9	71,6	92,0	84,4	0,553/0,447	0,612/0,388	0,542/0,458	0,514/0,486
3	91,8	70,4	89,1	86,2	0,426/0,574	0,438/0,562	0,434/0,566	0,499/0,501

Как показано, ОгЗ и От у трех VC примерно одинаковы, а Об и интегральные длины поверхности (Дтп + Дтс1) несколько отличаются. Однако пропорции для каждого уровня сильно различны. VC1 имеет более типичную морфологию с четырьмя переднезадними пропорциями, закрытыми наполовину. VC2 имеет очень выпуклую грудь и другие передние сегменты со значительно большими передними имеет явно выраженный задний сегмент с самыми большими задними пропорциями

трех горизонтальных уровней. Эти пропорции, которые не могут быть обнаружены ранее, несомненно, важны для описания морфологии фигуры и получения сбалансированной одежды с хорошей посадкой. Кроме того, глубина между двумя соседними уровнями (а именно уровнями груди и талии, талии и бедер) была различной для каждой фигуры, что также следует учитывать.

### 2.2.2. Пространственные формы линии шеи

Размер шеи обычно распознается одним размерным признаком  $Oш$  как для  $RtW$ , так и для индивидуального производства. Однако линия обхвата шеи представляет собой сложную пространственную кривую, которая варьируется по ширине, переднезадним пропорциям и т. д. благодаря разнообразию пространственных форм шеи. Пространственную форму шеи характеризовали тремя основными проекциями (рис. 2.5):

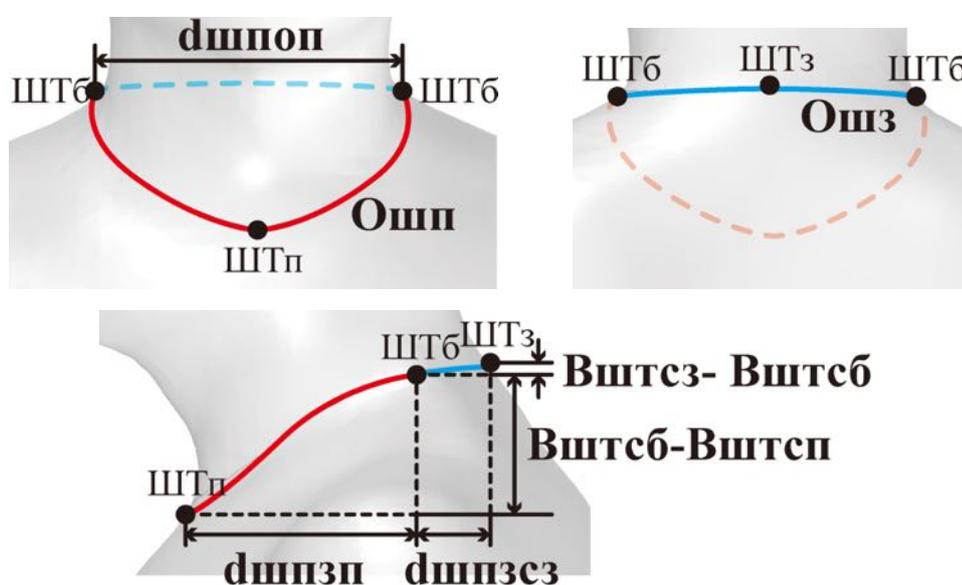


Рисунок 2.5 - Новые размерные признаки для описания морфологических особенностей пространственной формы и линии обхвата шеи

1.Диаметр или ширина ( $dшпоп$ ). На переднем плане ширина основания шеи при соединении обеих точек  $ШТб$  является узкой,

нормальной или широкой для разных фигур.

2. Боковая ширина, глубина (высота) и их пропорции. На виде сбоку горизонтальная ширина и высота основания шеи от точки ШТп до точки ШТз зависят от каждой фигуры. Кроме того, относительно точки ШТб как разделительной точки переднезадние пропорции боковых ширин ( $d_{шпзп}$ ,  $d_{шпзсз}$ ) и глубин ( $V_{штсб-штсп}$ ,  $V_{штсз-штсб}$ ) различны для разных фигур.

3. Ош и ее пропорции. Ош отражает общий размер шеи, а его переднезадние доли должны быть изображены Ошп и Ошз относительно точки ШТб как разделительной точки.

При рассмотрении интегральных эффектов трех проекций были определены различные пространственные формы шеи. На рис. 2.6 и в табл. 2.4 показаны три примера шейных линий, извлеченных из трех виртуальных клонов, которые имеют сходный Ош.

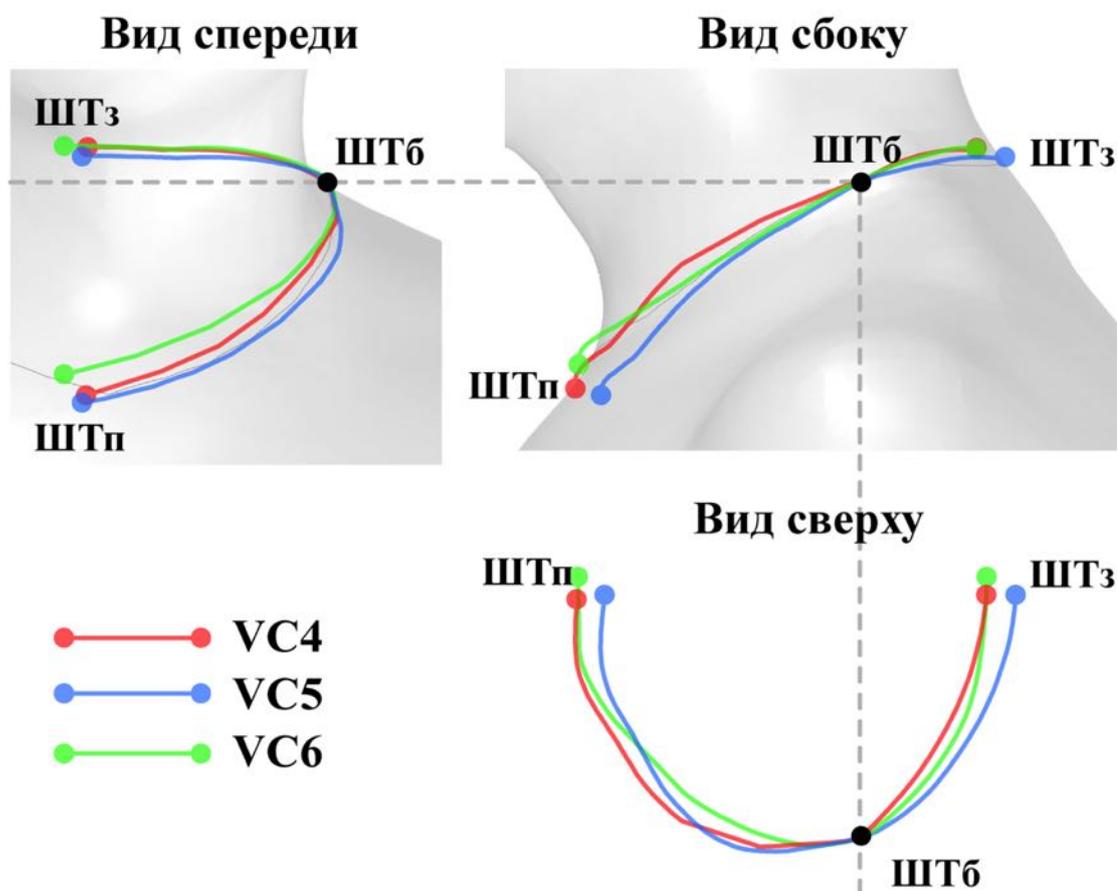


Рисунок 2.6 - Вид спереди, сбоку и сзади линий шеи трех VC

Таблица 2.4 - РП шейных сегментов трех виртуальных клонов

VC №	Ош, см	Ошп, см	Ошз, см	дшпоп, см	дшпзп, см	дшпзсз, см	Вштсб-Вштсп, см	Вштсз-Вштсб, см
4	39,1	24,6	14,5	12,1	7,2	3,0	5,3	0,8
5	39,1	24,3	14,8	12,2	6,4	3,7	5,4	0,6
6	39,2	23,2	16,0	13,2	7,0	3,0	4,7	0,9

На рис. 2.6 и в табл. 2.4 показаны три линии шеи и их РП для трех клонов VC4, VC5 и VC6, причем их ШТб расположены в одном и том же месте. Хотя их Ош были весьма приблизительными, морфологии каждой линии сильно отличаются. Шея линии VC4 обладает самым большим Ошп, самым маленьким Ошз, самой узкой передней шириной и самым длинным дшпзп. Шея линии VC5 имеет самую глубокую ШТп, самую низкую ШТз и самый короткий дшпзп. А шея линии VC6 обладала самым большим Ошз, самым маленьким Ошп, самой широкой передней шириной и самым низким положением ШТп. Из-за этих морфологических особенностей пространственные формы шеи разных клонов VC были совершенно разными, что необходимо учесть при построении линии шеи и воротника сорочки.

### 2.2.3. Пространственное расположение линии плеча

В дизайне одежды форма линии плеча может быть упрощена в виде прямой линии, направленной от ШТб к ПТ. Чтобы отразить расположение этой линии на чертеже, обычно используют точку Шп и угол наклона плечевого ската. Однако зная эти два параметра, невозможно адекватно изобразить расположение линии плеча в 3D пространстве. Пространственное расположение плечевой линии может быть определено в различных видах, как показано на рис. 2.7.

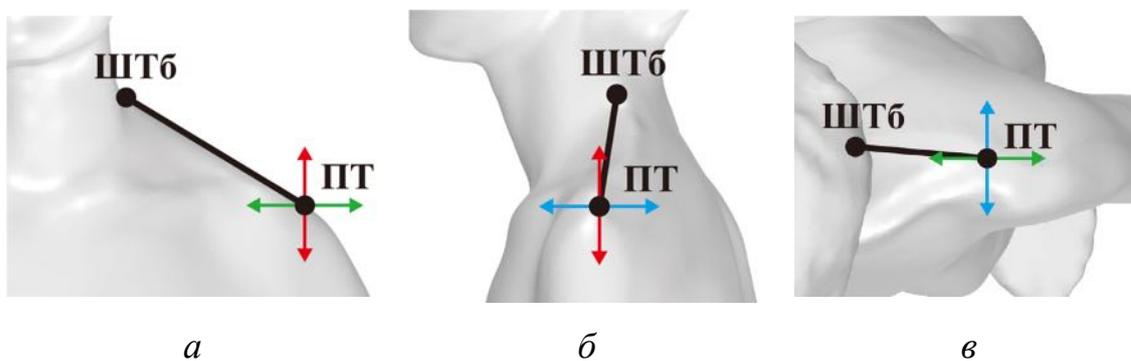


Рисунок 2.7 - Пространственное расположение плечевой линии:  
*а* - вид спереди, *б* - вид сбоку, *в* - вид сзади

Как показано на рис. 2.7, пространственное положение может быть определено путем фиксации положения точки ШТб и определения положения точки ПТ в 3D пространстве. Для различных фигур положение точки ПТ меняется в трех направлениях (вертикальное - красное, горизонтальное - зеленое, корональное - синее), что влияет на ширину плечевого ската (Шп), наклон и направление линии плеча (вперед, нормально, назад). На рис. 2.8 показаны три примера плечевых линий, извлеченных из клонов VC, которые имеют аналогичные Шп (14.1 ... 14.3 см).

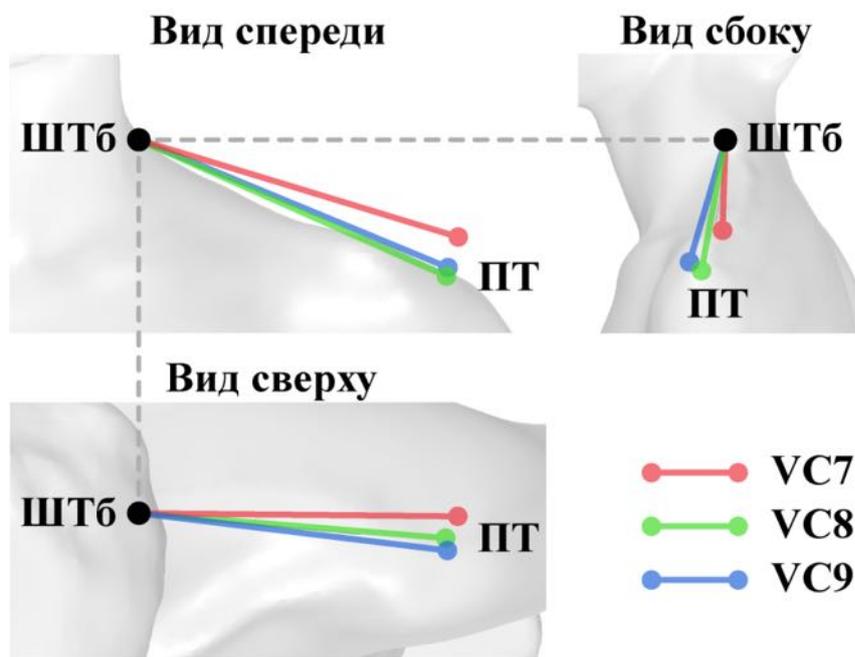


Рисунок 2.8 - Вид спереди, сбоку и сверху линий левого плеча, извлеченных из трех VC

Как показано на рис. 2.8, три линии плеча для VC7, VC8, VC9 сравнили путем пересечения их в точке ШТб. Несмотря на то, что значения Шп были похожи, морфология каждой линии плеча была разной. При взгляде спереди и сбоку было очевидно, что три угла наклона плеч различны: красный был самым плоским, а зеленый-самым наклонным. Направления линий тоже были разными: красный - немного назад, зеленый - нормально, синий - вперед. Из-за различий этих морфологических особенностей пространственные формы плечевых скатов различных VC были совершенно разными, что было бы полезно для конструирования плечевой области чертежа.

#### **2.2.4. Морфология руки**

Неудовлетворенность по поводу рукавной части мужской сорочки воспринимается носителем прежде всего тогда, когда размер манжеты слишком велик или мал, длина рукава слишком длинна или коротка, а рукав слишком свободен или тесен (разд. 3.1.2). Эти дефекты посадки соответствуют морфологии сегмента руки, которую следует рассматривать в трех аспектах.

Во-первых, размер запястья следует учитывать по его обхвату. Во-вторых, длина руки должна быть рассмотрена путем измерения Др. В-третьих, толщина предплечья должны быть рассмотрены путем измерения Ор. Через понимание этих трех особенностей руки и соответствующего РП можно изобразить основную морфологию сегмента руки.

### **2.3. Новые размерные признаки**

Использование традиционных размерных признаков РПс часто приводят к дефектам посадки одежды в результате неадекватной

характеристики разнообразных морфологических особенностей фигуры. Чтобы одновременно и всесторонне охарактеризовать морфологию фигуры и построить чертеж, который должен хорошо соответствовать индивидуальной фигуре благодаря комплементарным новым размерным признакам РПн. По этой причине была предложена комбинированная схема использования РПн и РПс, некоторые из которых были преобразованы в чертеж-ориентированные РП, полученные с помощью специальных алгоритмов.

### **2.3.1. Прямые новые размерные признаки**

В соответствии с морфологическими особенностями, рассмотренными в разд. 2.2, была предложена систематическая схема сочетания РПн и РПс для характеристики торса, линии шеи, линии плеча и руки одновременно четырьмя методами получения РП с VC в программе Rhinoceros (разд. 2.1.3). На рис. 2.9 и в табл. 2.5 приведены схемы измерения и перечень РПн и РПс.

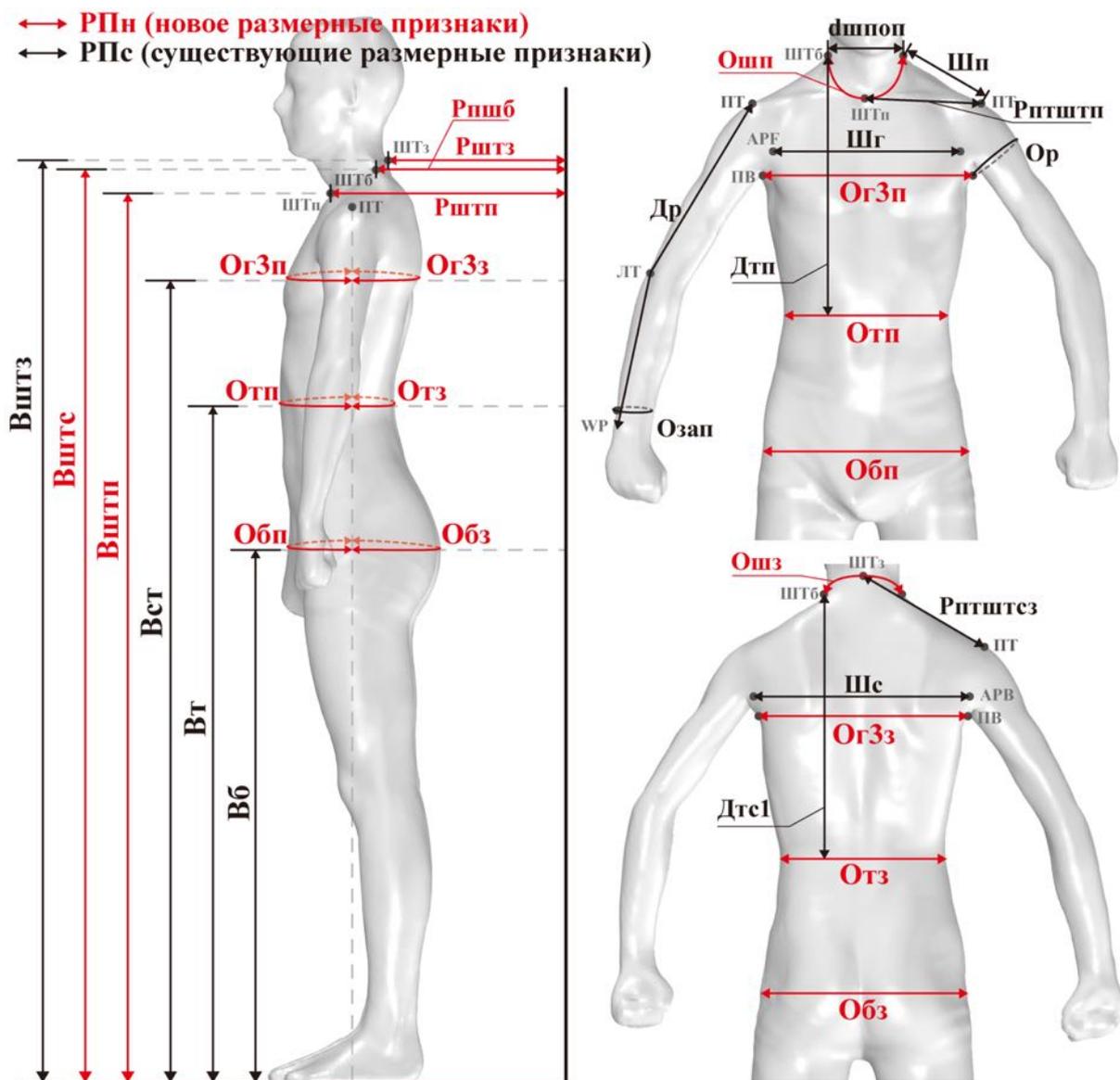


Рисунок 2.9 - Схемы измерения РПн и РПС

Таблица 2.5 - Перечень РПн и РПС

№.	Сегмент фигуры	Размерные признаки	Определение	
1	Торс	РПС	Вст	высота сосковой точки
2			Вт	высота талии
3			Вб	высота бедер
4			Дтп	расстояние от шейной точки сбоку до линии талии спереди
5			Дтс1	расстояние от шейной точки сбоку

				до линии талии сзади		
6			Шг	ширина груди		
7			Шс	ширина спины		
8		РПн	ОгЗп	доля обхвата груди спереди		
9			ОгЗз	доля обхвата груди сзади, $ОгЗп + ОгЗз = ОгЗ$		
10			Отп	доля обхвата талии спереди		
11			Отз	доля обхват талии сзади, $Отп + Отз = От$		
12			Обп	доля обхвата бедер спереди		
13			Обз	доля обхвата бедер сзади, $Обп + Обз = Об$		
14	Шея		РПс	Вштз	высота шейной точки сзади	
15				дшпоп	поперечный диаметр шеи	
16		РПн	Вштп	высота шейной точки спереди		
17			Вштс	высота шейной точки сбоку		
18			Рштп	горизонтальное расстояние от шейной точки спереди до заданной вертикальной плоскости		
19			Рпшб	горизонтальное расстояние от шейной точки сбоку до заданной вертикальной плоскости		
20			Рштз	горизонтальное расстояние от шейной точки сзади до заданной вертикальной плоскости		
21			Ошп	доля обхвата шеи спереди		
22			Ошз	доля обхвата шеи сзади, $Ошп + Ошз = Ош$		
23			Плечо	РПс	Шп	ширина плечевого ската

24			Рптштп	расстояние от плечевой точки до шейной точки спереди
25			Рптштсз	расстояние от плечевой точки до шейной точки сзади
26	Рука	РПс	Ор	обхват руки
27			Др	длина руки
28			Озап	обхват запястья

Как показано на рис. 2.9 и в табл. 2.5, морфологические особенности торса, шеи, плеча и руки должны были быть описаны 28 РП.

Во-первых, на основе торса РП были выделены не только три горизонтальных уровня и измерены их обхваты, но и переднезадние пропорции поперечных обхватов и вертикальных длин поверхности. Кроме того, положение линии руки и точки ШТб были точно зафиксированы и измерены Шг, Шс и Дтп, Дтс1.

Во-вторых, была определена пространственная форма линии шеи. С помощью высот, ширин и расстояний было определено точное положение ШТп, ШТб и ШТз. А передние и задние доли обхватов указывали на размер линии шеи и переднезадние пропорции.

В-третьих, 3D расположение линии плеча было зафиксировано с помощью трех независимых плечевых РП. Наконец, существенная морфология сегмента руки была описана соответствующими тремя РП.

Как правило, весь мужской торс (включая уровень бедер) может быть охарактеризован сочетанием РПн и РПс с критическими уровнями и ориентирами, точно расположенными и правильно сбалансированными переднезадними пропорциями. Схема РПн и РПс была доказана действительной для последующих экспериментов с существующими 150 субъектами тестирования в соответствии с разд. 2.1.4.

### 2.3.2. Преобразованные чертеж-ориентированный размерные признаки

Большинство РПн и РПс могут непосредственно применяться для кастомизации чертежа в соответствии с уравнением (глава 4). Однако некоторые высоты и расстояния не связаны напрямую с параметрами чертежей, поэтому РП были преобразованы в шесть чертеж-ориентированных РПн, которые ранее не могли быть применены при построении чертежей:

$$Вст-Вт = Вст - Вт, \quad (2.2)$$

$$Вт-Вб = Вт - Вб, \quad (2.3)$$

$$Вштсб-Вштсп = Вштсб - Вштсп, \quad (2.4)$$

$$Вштсз-Вштсб = Вштсз - Вштсб, \quad (2.5)$$

$$dшпзп = Рштп - Рпшб, \quad (2.6)$$

$$dшпзсз = Рпшб - Рштз, \quad (2.7)$$

где  $Вст-Вт$  - вертикальная глубина от груди до талии,  $Вт-Вб$  - вертикальная глубина от талии до бедер,  $Вштсб-Вштсп$  - вертикальная глубина от ШТб до ШТп,  $Вштсз-Вштсб$  - вертикальная глубина от ШТз до ШТб,  $dшпзп$  - доля диаметра  $dшпз$  спереди,  $dшпзсз$  - доля диаметра  $dшпз$  сзади.

В соответствии с (2.2 - 2.7),  $Вст-Вт$  и  $Вт-Вб$  описывают вертикальные глубины между уровнями груди, талии и бедер, с помощью которых можно построить горизонтальные линии базисной сетки стана.  $Вштсб-Вштсп$ ,  $Вштсз-Вштсб$ ,  $dшпзп$  и  $dшпзсз$  характеризуют форму шеи на виде сбоку. Таким образом, 25 окончательных чертежно-ориентированных РП для каждого сегмента были суммированы следующим образом:

1. 12 РП для торса:  $Вст-Вт$ ,  $Вт-Вб$ , Шг, Шс, ОгЗп, ОгЗз, Отп, Отз,

Обп, Обз, Дтп, Дтс1;

2. семь РП для шеи: Вштсб-Вштсп, Вштсз-Вштсб, дшпзп, дшпзсз, дшпоп, Ошп, Ошз;

3. три РП для плечевого пояса: Шп, Рптштп, Рптштсз;

4. три РП для руки: Др, Ор, Озап.

## **2.4. Геометрическое моделирование мужского торса**

Чертежно-ориентированные РП применялись для построения графоаналитических геометрических моделей индивидуальных сегментов фигуры (шеи и плеча, основного торса и руки), чтобы точно отражать морфологию фигуры и получить пропорциональную ей форму одежды.

### **2.4.1. Геометрическое моделирование линии шеи и линии плеча**

До сих пор линия горловины на чертеже состоит из переднего и заднего участков, в то время как точное их соотношение для индивидуальных фигур еще не определены точно. Боковые проекции передних и задних линий шеи соответствуют наклону шеи, однако для их измерения требовались сложные операции. Чтобы в дальнейшем отразить индивидуальную морфологию шеи и строить конструктивные линии, необходимы соответствующие РП (рис. 2.9).

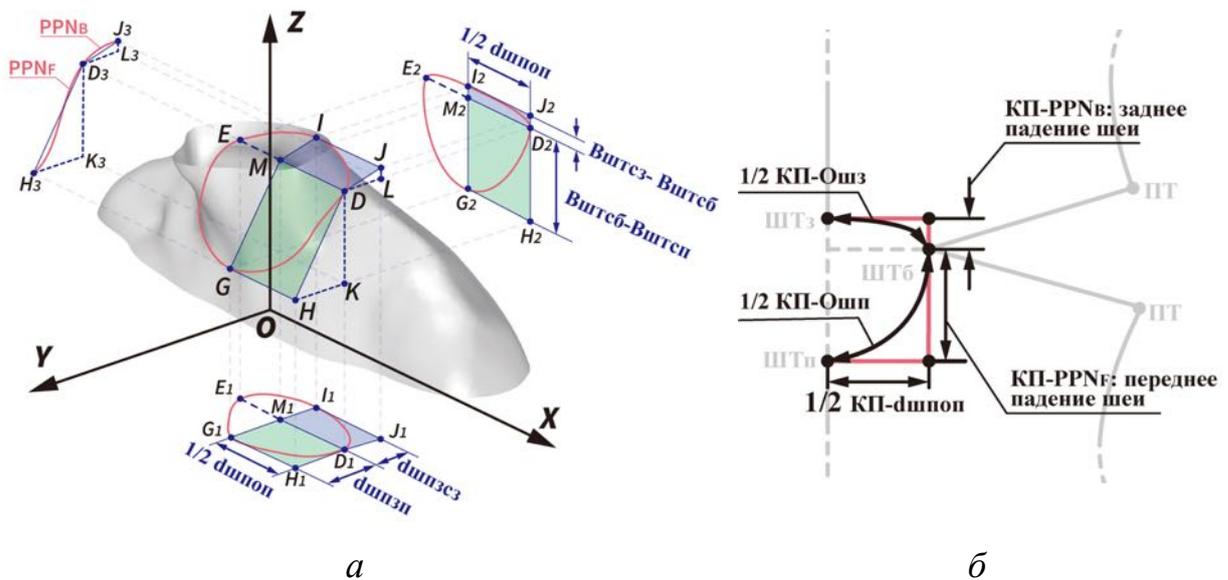


Рисунок 2.10 - Геометрическая модель линии шеи и ее применение для построения чертежа:

- а* - конфигурация линии шеи виртуального клона VC и проекция ее участков в 3D декартовой системе координат,
- б* - построение линии горловины на чертеже

Как показано на рис. 2.10, *а*, линия шеи в 3D декартовой системе координат была представлена пятью ориентирами: G (ШТп), D (левая ШТб), E (правая ШТб), M (средняя точка линии DE) и I (ШТз). Передняя и задняя части линии шеи были приблизительно расположены на прямоугольных плоскостях MDHG и MDJI соответственно. Линия шеи и ее ориентиры проецированы на три осевые плоскости XOY, XOZ и YOZ для отображения переднего, бокового и верхнего видов. На плоскости YOZ передняя и задняя линии шеи спроецированы в виде кривых PPN<sub>F</sub> (проекция полуобхвата шеи спереди) и PPN<sub>B</sub> (проекция полуобхвата шеи сзади) соответственно, что соответствует ширине горловины переда и спинки (параметры КП-PPN<sub>F</sub> и КП-PPN<sub>B</sub>), как показано на рис. 2.11, *б*.

Были составлены вертикальные прямоугольные треугольники DНК, DJЛ и их боковые проекции D<sub>3</sub>Н<sub>3</sub>К<sub>3</sub> и D<sub>3</sub>J<sub>3</sub>Л<sub>3</sub>. С точки зрения многозначности модели линии шеи, соотношения эквивалентности отчетливо отражены в уравнениях (2.8 - 2.11). В результате длины гипотенуз HD и DJ были рассчитаны в прямоугольных треугольниках DНК

и DJ по Уравнениям (2.12, 2.13):

$$HK = H_3K_3 = H_1D_1 = d_{шпзп}, \quad (2.8)$$

$$DL = D_3L_3 = D_1J_1 = d_{шпзсз}, \quad (2.9)$$

$$DK = D_3K_3 = D_2H_2 = \text{Вштсб-Вштсп}, \quad (2.10)$$

$$JL = J_3L_3 = D_2J_2 = \text{Вштсз-Вштсб}, \quad (2.11)$$

$$HD = \sqrt{DK^2 + HK^2} = \sqrt{\text{Вштсб} - \text{Вштсп}^2 + d_{шпзп}^2}, \quad (2.12)$$

$$DJ = \sqrt{JL^2 + DL^2} = \sqrt{\text{Вштсз} - \text{Вштсб}^2 + d_{шпзсз}^2}, \quad (2.13)$$

где HK, H<sub>3</sub>K<sub>3</sub> и H<sub>1</sub>D<sub>1</sub> - боковые ширины передней части шеи; DL, D<sub>3</sub>L<sub>3</sub> и D<sub>1</sub>J<sub>1</sub> - боковые ширины задней части шеи; DK, D<sub>3</sub>K<sub>3</sub> и D<sub>2</sub>H<sub>2</sub> - вертикальные глубины от ШТб до ШТп; JL, J<sub>3</sub>L<sub>3</sub> и D<sub>2</sub>J<sub>2</sub> - вертикальные глубины от ШТз до ШТб; HD и DJ - отрезки прямой линии, аппроксимирующие соответственно PPN<sub>F</sub> и PPN<sub>B</sub>.

Как показано в табл. 2.6, после сравнения проекций PPN<sub>F</sub> и PPN<sub>B</sub> и приблизительных гипотенуз HD и DJ для 150 субъектов, максимальная абсолютная погрешность составила до 0,61 см, что повлияло бы на подгонку горловины и воротника для некоторых фигур. Для улучшения алгоритма прогнозирования были предложены индексы PPN<sub>F-р</sub> и PPN<sub>B-р</sub> (прогнозируемые PPN<sub>F</sub> и PPN<sub>B</sub>) для оценки проекционных значений, линейно выраженных с помощью HD и DJ.

Таблица 2.6 - Абсолютные погрешности прогнозируемых передних и задних боковых проекций шеи

Абсолютная погрешность	Среднее значение, см	Интервал, см
PPN <sub>F</sub> – HD	0,24	0,05 ... 0,61
PPN <sub>B</sub> – DJ	0,06	0,06 ... 0,25
PPN <sub>F</sub> – PPN <sub>F-р</sub>	0,08	0,00 ... 0,21
PPN <sub>B</sub> – PPN <sub>B-р</sub>	0,03	0,00 ... 0,19

Значения PPN<sub>F</sub>, PPN<sub>B</sub>, HD и DJ для 150 субъектов были

импортированы в SPSS, и были проанализированы их линейные соотношения.  $PPN_{F-P}$  и  $PPN_{B-P}$  могут быть вычислены с помощью Уравнений линейной регрессии (2.14) и (2.15) соответственно.

$$\begin{aligned} PPN_{F-P} &= 1,057 \times HD - 0,322 \\ &= 1,057\sqrt{V_{штсб} - V_{штсп}^2 + d_{шпзп}^2} - 0,322, \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} PPN_{B-P} &= 0,994 \times HD + 0,076 \\ &= 0,994\sqrt{V_{штсз} - V_{штсб}^2 + d_{шпзсз}^2} + 0,076, \end{aligned} \quad (2.15)$$

Рассчитанные коэффициенты корреляции составили 0,998 между  $PPN_{F-P}$  и HD, 0,999 между  $PPN_B$  и DJ, т.е. оба коэффициента значимы на уровне 0,01. В табл. 2.6 показана точность вычисления обоих индексов  $PPN_{F-P}$  и  $PPN_{B-P}$ . Средние и максимальные абсолютные ошибки снизились до более низкого уровня, что приемлемо для индивидуального проектирования линии горловины.

Поэтому геометрическая модель линии шеи была установлена с пятью переменными:  $d_{шпоп}$ , Ошп, Ошз от РПн и  $PPN_{F-P}$ ,  $PPN_{B-P}$ , которые линейно вычислены по  $V_{штсб}$ - $V_{штсп}$ ,  $d_{шпзп}$ ,  $V_{штсз}$ - $V_{штсб}$ ,  $d_{шпзсз}$  соответственно. Линия горловины может быть точно построена по параметрам КП- $d_{шпоп}$ , КП- $PPN_F$ , КП- $PPN_B$ , КП-Ошп и КП-Ошз (разд. 4.2.2.1) соответственно, с правильно расположенными ШТп, ШТб и ШТз.

При построении чертежа линия плеча конфигурируется двусторонними точками ШТб и ПТ. Предполагая, что точка ШТб фиксирована, линия плеча может быть определена с помощью точки ПТ. При четкой фиксации ШТп, ШТб, ШТз с помощью вышеупомянутой модели линии шеи положение точки ПТ и модель ПТ соответственно могут быть определены с помощью РП, измеренного между ПТ и ШТп, ШТб, ШТз. Три плечевых размерных признака (Шп, Рптшп, Рптштсз) были вовлечены в преобразование переменных 3D модели плеча на VC в 2D конструктивные линии (рис. 2.11).

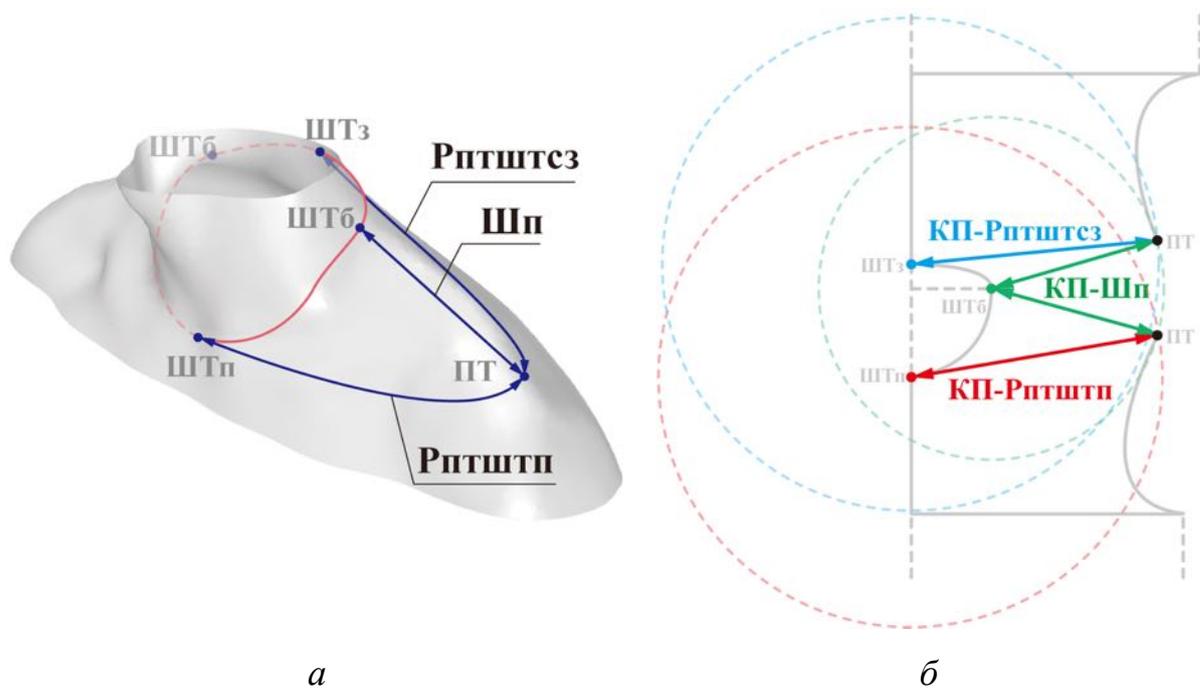


Рисунок 2.11 - Геометрическая модель плечевого ската и ее применение к чертежу:

*a* - плечевой сегмент виртуального клона, *б* - линия плеча конструкции

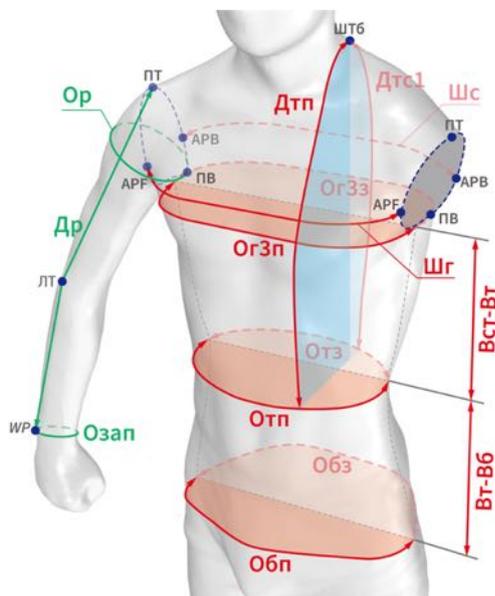
Как показано на рис. 2.11, после того, как линия шеи правильно расположена, Шп определяет длину плечевой линии на чертеже, а Рптштп и Рптштсз помогают отразить наклон и направление. Соответствующая плечевая линия на 2D чертеже была получена путем пересечения трех окружностей соответствующих радиусов (КП-Шп, КП-Рптштп, КП-Рптштсз) и центральных точек ШТп, ШТб, ШТз. Таким образом, плечевая линия чертежа будет совпадать с сегментом плеча фигуры.

Таким образом, чертеж-ориентированные РП были последовательно применены для создания графоаналитических геометрических моделей линии шеи и плечевого ската, а также для точного построения конструктивных линий индивидуального чертежа.

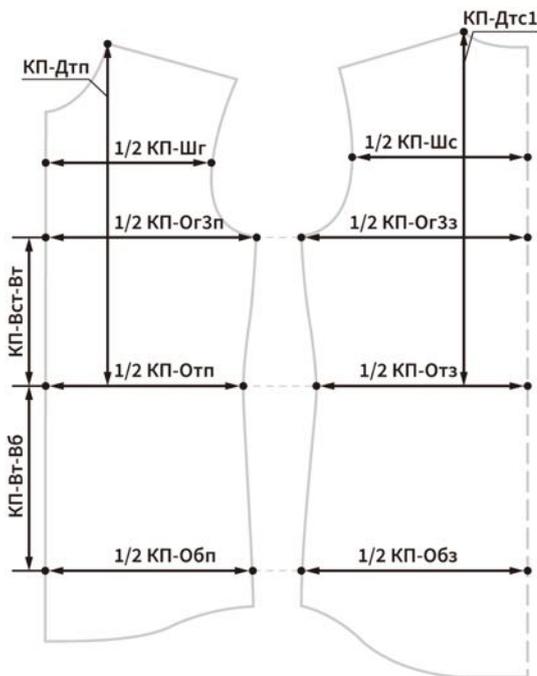
#### 2.4.2. Геометрическое моделирование основного торса и руки

Стан мужской сорочки - это самая важная часть, влияющая на посадку. В этом разделе первичные дефекты посадки, связанные с

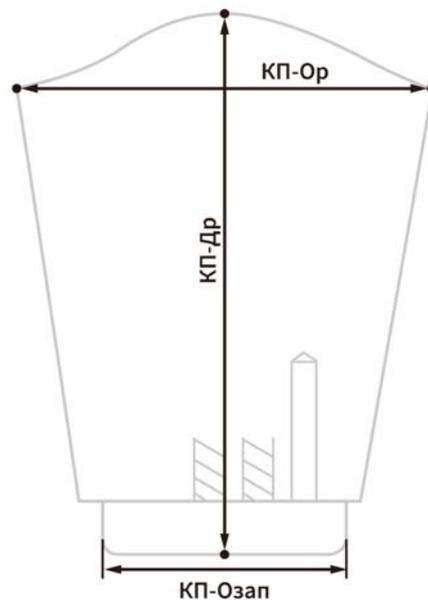
несбалансированными переднезадними пропорциями, влияющими на гладкость поверхности и прямолинейность линий конструкции, были решены с помощью геометрической модели торса. На рис. 2.12, а - б, показаны модель торса и схема чертежа стана.



а



б



в

Рисунок 2.12 - Геометрическая модель торса, руки и их применение к чертежу:  
 а - основной сегмент торса  $V_C$ ,  
 б - чертеж стана, в - чертеж рукава

Как показано на рис. 2.12, *а - б*, Вст-Вт и Вт-Вб и соответствующие им параметры чертежа КП-Вст-Вт и КП-Вт-Вб помогли определить горизонтальные уровни груди, талии и бедер. Ниже уровня груди, шесть переменных РПн (ОгЗп, ОгЗз, Отп, Отз, Обп, Обз) изображали обхваты трех уровней с детальными переднезадними пропорциями. Соответствующие им параметры чертежа КП-ОгЗп, КП-ОгЗз, КП-Отп, КП-Отз, КП-Обп, КП-Обз определяли передние и задние пропорции стана. Кроме того, переменные ширины Шг и Шс отображают относительное положение АРФ и АРВ. Параметры чертежа КП-Шг и КП-Шс помогли отрисовать линию проймы с определенной пропорцией. Когда эти пропорции несбалансированы, то в готовой сорочке будут иметь место напряженные складки и наклонные боковые швы.

Выше уровня груди вертикальные переменные Дтп и Дтс1 и параметры чертежа КП-Дтп и КП-Дтс1 контролируют вертикальную переднезаднюю пропорцию, соединяя ШТб и уровень талии спереди и сзади. Конструктивные линии груди, талии и бедер в готовом изделии будут наклонены, когда эта пропорция несбалансирована.

Как показано на рис. 2.12, *а, в*, переменные руки РП Др, Ор и Озап и параметры рукава КП-Др, КП-Ор и КП-Озап будут использованы, как в обычной практике конструирования, для проектирования длины и ширины рукава и ширины манжеты соответственно.

## **Вывод по главе 2**

1. Антропометрическая база данных мужских фигур была создана на основе новых размерных признаков, с помощью которых можно точно описать морфологические особенности торса, плечевого пояса и шеи.

2. Разработаны геометрические модели для различных сегментов мужской фигуры, содержащие информацию для описания индивидуальной морфологии и конструирования кастомизированного чертежа сорочки.

## **ГЛАВА 3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПОСАДКИ СОРОЧЕК В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ**

Ранее были предложены фундаментальные и расширенные критерии оценки посадки мужской сорочки по ее внешнему виду, но они все еще недостаточны для точного определения качества посадки каждого сегмента сорочки и не содержат конструктивных оснований для улучшения чертежа. Для того, чтобы точно проводить оценку посадки в реальных и виртуальных средах, необходимо разработать более полные критерии посадки.

В этой главе разработаны критерии оценки виртуальной посадки мужской сорочки путем интеграции существующих дефектов посадки, фотографий дефектных сорочек, виртуальных двойников, анализа чертежей конструкций, баз данных мнений потребителей, примерных сорочек, а также сенсорного анализа сорочек с помощью технологии eye-tracking.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в четырех работах [163 – 166, 170].

### **3.1. Методы исследования**

Массив информация о мнениях потребителей и примерных фотографиях была собрана из онлайн-ресурсов, чтобы обнаружить дефекты посадки. Соответствующие виртуальные и реальные образцы сорочки с различными уровнями качества посадки были изготовлены и сгенерированы в CLO 3D, которые были подвергнуты сенсорному анализу с помощью eye-tracker.

#### **3.1.1. Инструменты и программное обеспечение исследований**

Цифровую фотокамеру использовали для съемки одежды в разных

видах. Для измерения расстояний использовали прямую линейку. Инструменты KES-F использовали для измерения показателей механических свойств (растяжение, сдвиг, изгиб) текстильных материалов. На рис. 3.1 показаны инструменты KES - FB1, FB2, FB3.



Рисунок 3.1 - Инструменты KES - FB1, FB2, FB3

Было применено программное обеспечение Adobe Photoshop для обработки изображений и измерения параметров фотографий. CLO 3D была применен для выполнения виртуальной симуляции примерки мужской сорочки.

### 3.1.2. Мнения потребителей из интернета

Для того, чтобы исследовать дефекты посадки, существующие в мужской сорочке, сбор существующей информации о сорочках в интернете проводили одновременно в двух направлениях. Во-первых, это были мнения потребителей о приобретенных сорочках, а во-вторых, фотографии реальных мужских сорочек с явными дефектами посадки.

В результате было собрано в общей сложности 5146 мнений потребителей или отзывов о купленной ими сорочке на самой известной и крупнейшей китайской торговой интернет-платформе TMALL. Чтобы обеспечить сопоставимость результатов, были выбраны 81 сорочка 30 различных брендов (от нормального до начального люкса), с ценами от 100 до 3,000 юаней и разных стилей (от антропометричной формы до свободной формы). В число 30 известных международных и китайских

брендов вошли: American Eagle, Baleno, Bershka, Gap, Giodano, Goldlion, GU, GXG, C&A, G2000, Hollister, Hugo Boss, H&M, JackJones, Jeanswest, Levi's, Massimo Dutti, Metersbonwe, MUJI, Me&city, Peacebird, Pull&Bear, Selected, Seven, Teenie Weenie, Tommy Hilfiger, Trendiano, Uniqlo, VancI, Zara.

### 3.1.3. Фотографии мужских сорочек из интернета

После просмотра сайтов были выбраны 187 фотографий различных сорочек брендов: Black Monday, Calvin Klein, C&A, COS, Diesel, GAOSTUDIOS, Guess, G-STAR, H&M, Jian Shang, Lee, Mr. MIB, Ralph Lauren, Paul Smith, Theory, TOPMAN, Uniqlo, Zara. На этих фотографиях показана вся фигура или фрагменты сорочки на разных видах (спереди, сзади и сбоку) с разными дефектами посадки. На рис. 3.2 приведены примеры фотографий.

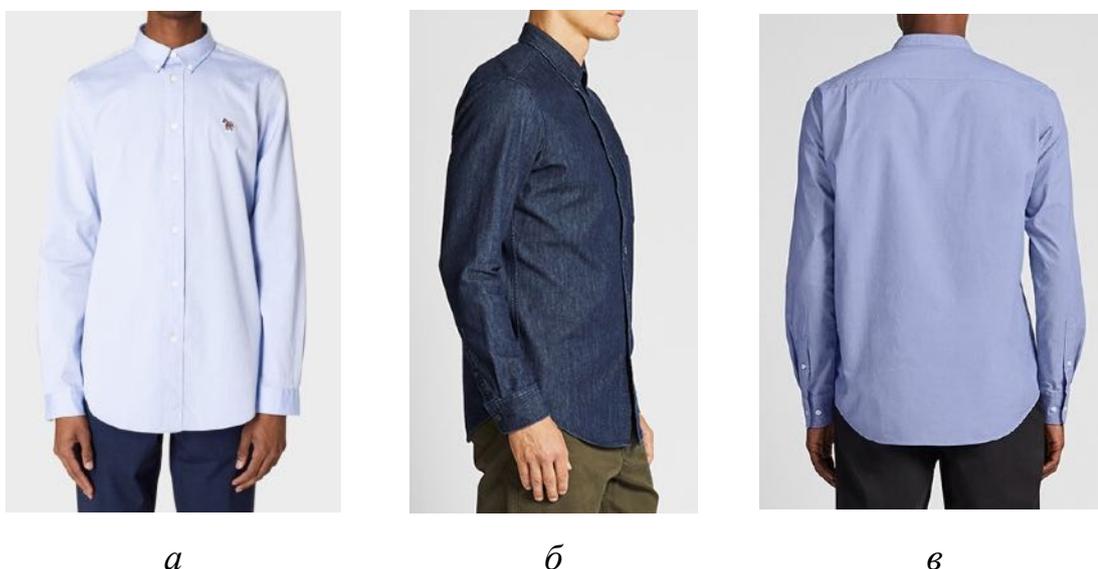


Рисунок 3.2 - Фотографии мужских сорочек с дефектами посадки:  
*а* - спереди, *б* - сбоку, *в* - сзади

На рис. 3.2, *а* показана сорочка с явно несоразмерным воротником, на рис. 3.2, *б* - сорочки с негладкой полочкой, на рис. 3.2, *в* - сорочка с большим количеством складок на рукавах в области проймы. Все

фотографии показывали хорошую или плохую посадку нескольких фрагментов с разных точек зрения.

#### **3.1.4. Цифровой двойник и реальные образцы для валидации**

Для того, чтобы представить дефекты посадки, появившиеся в существующих мужских сорочках, были реальные образцы и сгенерированы их цифровые двойники (ЦД). Во-первых, виртуальное моделирование проводили в CLO 3D. Один ДТ, который трансформировали из реальной сканированной типичной мужской фигуры с типичной морфологией (примерное соотношение долей обхватов 50/50 по линии груди, тип 170/92Y), был использован для виртуальной примерки. В качестве материала верха взята часто используемая дигитальная ткань для изготовления сорочек (название - Cotton 40S Stretched Poplin, содержание - 96% хлопок и 4% эластан, плотность 119,2 г/см<sup>2</sup>, толщина 0,26 мм) была выбрана из библиотеки в CLO 3D.

Реальные образцы сорочек были сшиты одновременно на мужской манекен 175/92A (CG = 92 см, WG = 78 см, HG = 94 см) из пяти различных текстильных материалов. Механические свойства этих пяти материалов сильно различались, как показано в табл. 3.1 и на рис. 3.3.

Таблица 3.1 - Показатели механических свойств текстильных материалов

Ткань	Основная информация				Растяжимость						Сдвиг	Изгиб				
	Содержание волокон	Ткацкая структура	Толщина, см	Масса, г/м <sup>2</sup>	ЕМТ, %		RT, %		F, сН/см				G, сН/[см·(°)]		B, сН·см <sup>2</sup> /см	
					основа	уток	основа	уток	основа	уток			основа	уток	основа	уток
T <sub>1</sub>	100% полиэстер	сатин	0,20	67,2	3,67	9,77	60,79	49,30	415,05	61,37	0,16	0,14	0,06	0,03		
T <sub>2</sub>	100% хлопок	простой	0,25	69,0	4,74	12,81	48,97	37,89	225,33	32,27	0,34	0,31	0,04	0,03		
T <sub>3</sub>	100% хлопок	простой	0,41	147,8	6,25	5,83	42,96	46,52	207,62	206,09	2,69	2,41	0,10	0,14		
T <sub>4</sub>	98% хлопок, 2% спандекс	саржа	0,41	183,0	5,37	7,07	41,93	52,82	273,88	130,68	3,00	2,09	0,00	0,25		
T <sub>5</sub>	95% полиэстер, 5% спандекс	сатин	0,50	206,7	24,79	26,39	59,50	46,36	14,35	19,85	0,45	0,44	0,15	0,16		

В табл. 3.1 приняты сокращения: ЕМТ - относительное удлинение при 500 сН/см, %; RT - упругость при растяжении, %; F - усилие растяжения при удлинении 3%, сН/см; G - жесткость при сдвиге, сН/[см·(°)]; B - жесткость при изгибе, сН·см<sup>2</sup>/см. T<sub>1</sub> - T<sub>5</sub> представляют собой соответственно первый и пятый текстильные материалы.

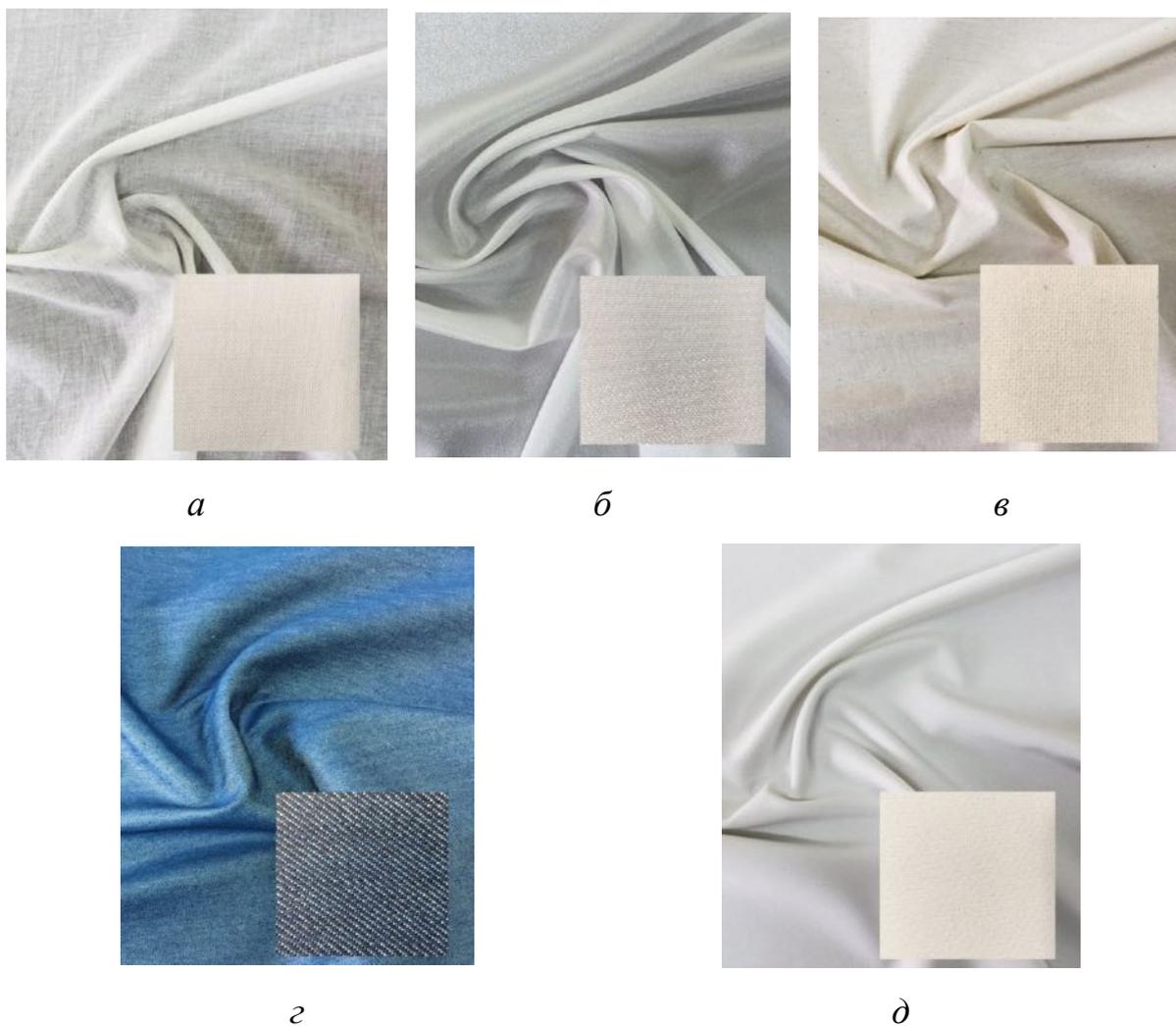


Рисунок 3.3 - Пять текстильных материалов:  
*a* - T<sub>1</sub>, *б* - T<sub>2</sub>, *в* - T<sub>3</sub>, *г* - T<sub>4</sub>, *д* - T<sub>5</sub>

Как показано в табл. 3.1, выбранные ткани имеют несопоставимую формуемость из-за различных свойств. T<sub>1</sub> и T<sub>2</sub> - это неэластичные ткани с низким весом и тонкие. T<sub>3</sub> и T<sub>4</sub> - это толстые твердые ткани с высокой жесткостью. T<sub>5</sub> - это самая толстая ткань с высокой эластичностью.

## 3.2. Исходные базы данных для субъективной оценки

### 3.2.1. База данных мнений потребителей

Мнения потребителей о своих сорочках были самыми разными, но в целом их можно было разделить на три основные категории: положительные, нейтральные и отрицательные. Среди положительных и нейтральных большинство потребителей, как правило, хвалят хороший дизайн, комфортность, подходящий размер и т. д. Отрицательные мнения включали четыре основных аспекта: неправильный размер или форму, нежелательные свойства текстильных материалов, низкое качество продукции или неудовлетворительные предоставляемые услуги.

Таким образом, мнения потребителей были проанализированы и классифицированы, как показано в табл. В.А в Приложении В. Мнения потребителей относительно положительных, нейтральных и отрицательных качеств составляют, %:

- положительные и нейтральные мнения - 81,9,
- отрицательные мнения - 18,1, в том числе относительно размера или формы - 10,9, текстильных материалов - 2,8, качества сорочки - 2,4, качества услуг - 2,0.

Прежде всего, большинство потребителей (10,9%) заявили о неудобстве и нежелательном внешнем виде, вызванном неправильным размером или формой сорочки, хотя они выбрали сорочки самых близких размеров к своим собственным размерным признакам. Конкретно, мнения, связанные с размером или формой, были сформулированы следующим образом:

а. относительно стиля сорочки:

1. размер или форма слишком малы или велики в целом или локально (особенно на уровнях груди, талии);
2. длина от шеи до низа слишком короткая или длинная;

3. рукав слишком свободный или плотный.

б: относительно посадки сорочки:

4. воротник слишком плотно прилегает к шее или излишне свободен;

5. плечевая линия слишком короткая или длинная;

6. рукав слишком короткий или длинный;

7. манжета слишком плотная или свободная;

8. стан (грудь, живот, бедра или спина) слишком плотный;

9. сорочка негладкая со складками после ношения.

Во-вторых, 2,8% потребителей жаловались на текстильные материалы в следующих аспектах:

1. легко мнется;

2. имеет пиллинг на поверхности;

3. слишком толстый или тонкий;

4. слишком мягкий или жесткий;

5. некомфортный при ношении;

6. после стирки сорочка становится больше или меньше.

В-третьих, 2,4% потребителей жаловались на качество продукции из-за низкого мастерства изготовления.

Наконец, 2,0% потребителей были недовольны услугами, предоставляемыми при покупке, смене, возврате денег, послепродажном обслуживании и т.д.

Результаты показали, что большинство негативных мнений о мужских сорочках связано с проблемами размера или формы. Проблемы стиля сорочек во многом зависели от личных вкусов или привычки одеваться. Проблема посадки одежды была вызвана несоответствием между индивидуальной морфологией и конструкцией сорочки на основе системы RtW.

Соответственно была создана база данных дефектов посадки воспринимаемых с субъективной точки зрения потребителей.

### **3.2.2. База данных фотографий дефектов посадки**

Для изучения внешнего вида дефектов кроя на мужской сорочке была создана следующая база фотографий. Из фотографий, собранных из Интернета, были выделены различные фрагменты, где дефекты посадки воспринимались потребителями: стан, область шеи и воротник, плечевой пояс и рукав. Фрагменты, принадлежащие к одному и тому же сегменту фигуры, сравнивали и анализировали вместе, чтобы различить проблемы посадки на разных уровнях.

Для оценки посадки с учетом внешнего вида фрагментов сорочки применяли пятиуровневую шкалу: 1 – худшая, 2 – плохая, 3 – средняя, 4 – хорошая, 5 – лучшая. Как видно из табл. 3.2, качество посадки проиллюстрировано фрагментами фотографий для области шеи, воротника и плечевого шва, показывающими различные интегральные уровни посадки (для рукава и стана показаны в Приложении Г).

Таблица 3.2 - Градация посадки области шеи и воротника

Уровень качества посадки	Область шеи и воротник	
	Слишком большой	Слишком маленький
1		
2		
3		
4		
5		

Как показано в табл. 3.2, сегменты линии шеи и воротника включали двустороннюю градацию (слишком большая или маленькая складка).

Точно также плечевой шов, рукав и стан были отражены двумя двусторонними градациями (слишком длинный или короткий; слишком опущенный или слишком поднятый), двумя двусторонними градациями (слишком длинный или короткий; слишком большая или маленькая высота оката рукава) и тремя градациями, характерными для проймы, груди, бедер соответственно. От уровня 1 до уровня 5 внешний вид сорочки варьировался от худшего с большинством дефектов посадки до лучшего без дефектов.

Для сегмента воротника были отмечены очевидный зазор между воротником и шеей или заметные складки вокруг горловины, когда

спроектированный воротник и был слишком большим или слишком маленькими по отношению к обхвату шеи соответственно.

Для плечевого сегмента были отмечены складки или чрезмерные выпуклости, направленные к ПТ, которые появлялись, когда плечевой шов был слишком коротким или слишком длинным.

Для сегмента рукава были отмечены ситуации: ладонь была покрыта манжетой или запястье было покрыто, когда рукав был слишком длинным или слишком коротким; выпуклости или складки на окате рукава были заметны, когда высота оката рукава слишком велика или слишком мала соответственно.

Для сегмента стана были ситуации: складки вокруг ПВ были заметны, когда глубина проймы была слишком мала; складки в области груди или сзади появлялись, когда ширина полочки по линии груди или бедер были слишком малы соответственно.

Поэтому была создана вторая база данных в виде фотографий сорочек с дефектами посадки с градациями для разных фрагментов. Во-первых, это отражало внешний вид дефектов посадки с точки зрения потребителей. Во-вторых, обе базы данных можно было бы отнести к субъективным критериям оценки мужской сорочки по субъективному восприятию и визуализации посадки.

### **3.3. Критерии оценки мужской сорочки**

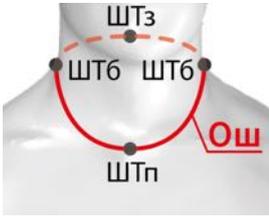
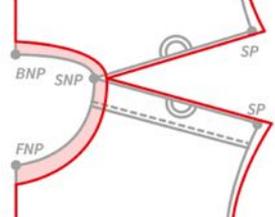
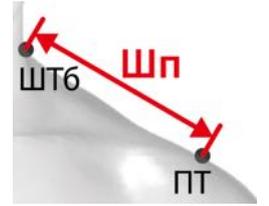
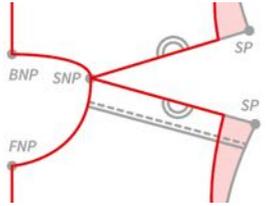
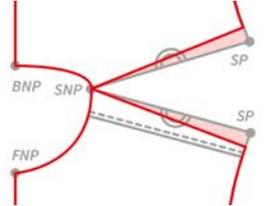
Созданные две исходные базы данных были бы недостаточны для объективной оценки с использованием измеримых индикаторов фигуры, чертежа и самой сорочки. Поэтому одновременно анализировали конструктивные причины дефектов посадки, проводили валидацию с виртуальными двойниками и материальными образцами. Результаты валидаций виртуальных и материальных сорочек и две исходные базы данных фотографий позволили разработать комплексные критерии для

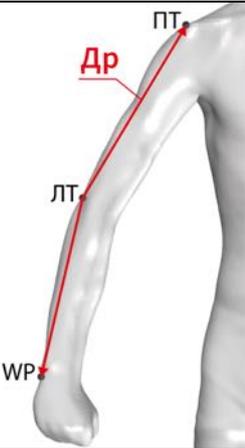
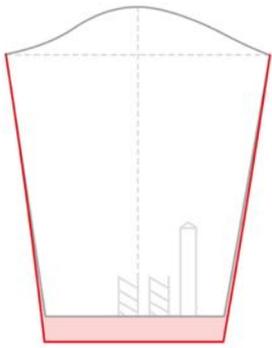
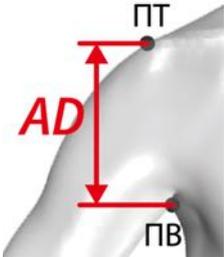
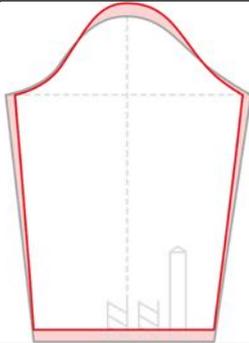
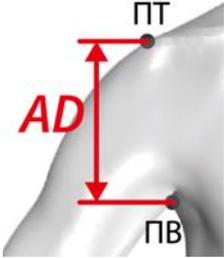
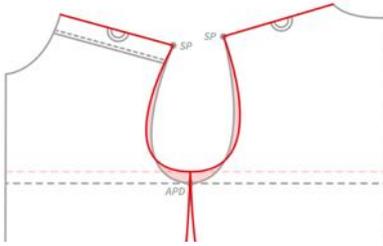
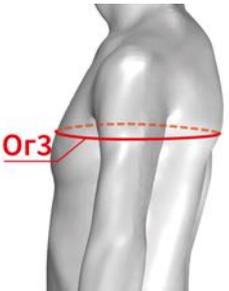
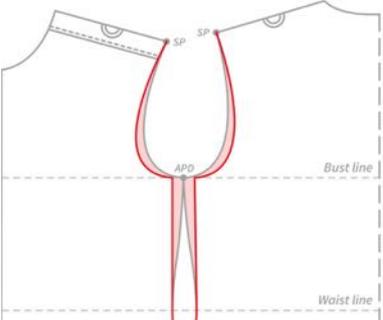
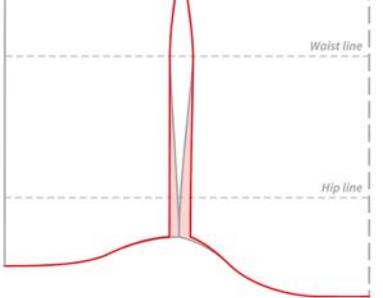
субъективной и объективной оценки мужских сорочек.

### 3.3.1. Конструктивные причины

Появление дефектов посадки было вызвано главным образом несовместимостью морфологии фигуры и размеров различных сегментов сорочки. Первое обстоятельство можно отразить с помощью РП, а второе - конструктивными параметрами сорочки. Таким образом, ответственные за возникновение дефектов РП и конструктивные причины дефектов были систематизированы в табл. 3.3 (серые линии - хорошо подобранный для фигуры чертежи, красные линии - неправильно подобранные чертежи).

Таблица 3.3 - Несовместимые размерные признаки и конструктивные параметры, приводящие к возникновению дефектов посадки

Сегмент	Внешний вид дефекта посадки	Ответственный за дефект РП	Конструктивная причина дефекта
Шея и воротник			
Плечевой шов			
			

Рукав			
			
Стан			
			
			

Ош был решающим РП, примененным для проектирования горловины и воротника. Слишком большой или маленький воротник могут

быть сконструированы с чрезмерной большой или отрицательной конструктивной прибавкой к Ош.

Шп и УНп (угол наклона плечевого ската) являются РП, применяемыми в конструировании плечевых линий. Соответствующим ответственным элементом чертежа является длина плечевой линии, которая должна быть равна Шп, а по направлению быть согласованной с углом ее наклона. Дефекты посадки в плечевом сегменте были вызваны неправильными длиной и углом наклона плечевой линии.

Длина рукава на чертеже определяется и часто принимается равной РП Др. Высота оката рукава определялась по глубине проймы на чертеже стана. Дефекты посадки рукава были вызваны слишком большой или короткой длиной и неверным расчетом оката рукава.

В сегменте стана глубина линии проймы зависит от положения уровня линии груди. Слишком высокая линия груди приведет к дефектам посадки вокруг подмышечной впадины. Ширина сорочки в области груди и бедер связаны с РП ОгЗ, Об и параметрами ширины груди, ширины бедер соответственно. Недостаточная ширина на чертеже вызывает деформацию вокруг передней части груди и задней части бедра.

Разработанные критерии с фотографиями виртуальных сорочек и их чертежами приведены в Приложении Г.

### **3.3.2. Индикаторы посадки с реальной валидацией**

Для дальнейшего изучения влияния конструктивных параметров на посадку сорочки были изготовлены реальные станы сорочек из пяти текстильных материалов с различными механическими свойствами (табл. 3.1, рис. 3.3).

В этом эксперименте мужской манекен типа 175/92А был применен для примерки сорочки. Выведенный из метода, описанного в главе 4, индивидуальный чертеж стана с горизонтальной линией низа был

использован для изготовления сорочек антропометричной формы и большой формы одновременно. Соответственно были составлены десять вариантов чертежей стана (ЧА1, ЧА2, ЧА3, ЧА4, ЧА5 для антропометричной формы, ЧБ1, ЧБ2, ЧБ3, ЧБ4, ЧБ5 для большой формы) с постепенно изменяющимися углами наклона плечевых линий, как показано на рис. 3.4, а.

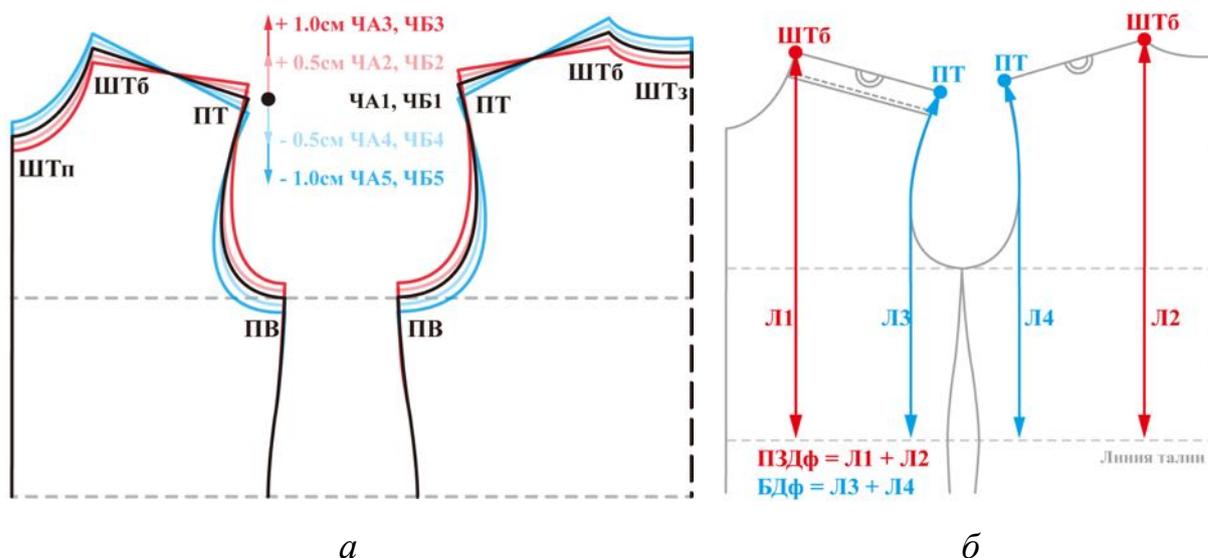


Рисунок 3.4 - Конфигурация плечевых линий и параметры чертежа:  
 а - схема варианта стана,  
 б - параметры для оценки наклона плечевых линий

В итоге было сшито пятьдесят образцов станов с различными посадочными ситуациями. Каждый образец был сфотографирован спереди, сбоку и сзади с одной и той же позиции камеры. Высоту линии низа спереди, сбоку и сзади Рнпсп, Рнпсб и Рнпсз соответственно измеряли прямой линейкой.

Поэтому новые индикаторы для оценки посадки было предложено измерять на фотографиях на основе анализа результатов измерений:

1. Комплексный параметр чертежа (ПЗДф-БДф), определяющий наклон плечевых линий, выражен разницей в вертикальном направлении между ШТб и ПТ:

$$\text{ПЗДф} = \text{Л1} + \text{Л2}, \quad (3.1)$$

$$\text{БДф} = \text{Л3} + \text{Л4}, \quad (3.2)$$

$$\text{ПЗДф-БДф} = \text{ПЗДф} - \text{БДф}, \quad (3.3)$$

где ПЗДф - передне - задняя дуга фигуры, БДф - боковая дуга фигуры, как показано на рис. 3.4. Значения ПЗДф-БДф в исследованных чертежах составили соответственно 7; 5,5; 1,8; 8,7 и 9,9 см.

2. Из-за изменения наклона плеча и вида текстильных материалов, форма линии низа может изменяться разным образом. Как показано на рис. 3.5, а, разность между  $R_{нпсб}$  и  $R_{нпсп}$ ,  $R_{нпсб}$  и  $R_{нпсз}$  рассчитаны как  $\Delta R_{нпсп}$  и  $R_{нпсз}$  (3.4), (3.5).

$$\Delta R_{нпсп} = R_{нпсб} - R_{нпсп}, \quad (3.4)$$

$$\Delta R_{нпсз} = R_{нпсб} - R_{нпсз}. \quad (3.5)$$

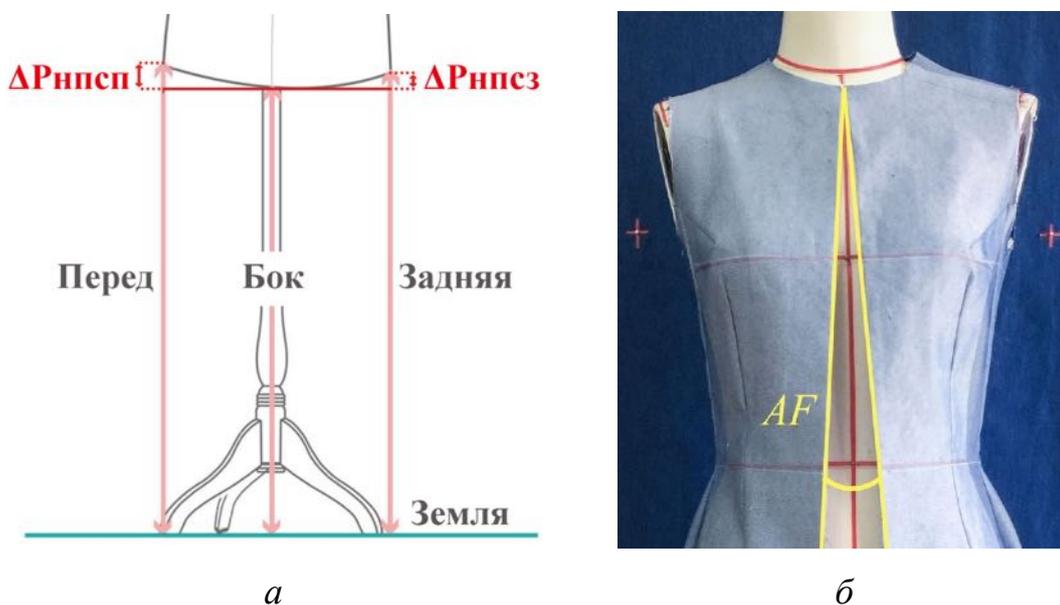


Рисунок 3.5 - Индикаторы посадки:

*a* - измерение высоты линии низа, *б* - угол между краями бортов

3. На фотографиях расстегнутых макетов в Photoshop были измерены углы между краями бортов для антропометричной и большой форм макетов (АФА, АФБ), как показано на рис. 3.5, б.

Далее были установлены соотношения между каждым индикатором посадки, параметром чертежа и показателями свойств текстильных материалов.

При ПЗДф-БДф = 7...9,9 см сорочки с большой формой и при ПЗДф-БДф = 8,7 см сорочки с антропометричной формой сохраняли горизонтальную нижнюю линию во всех трех проекциях. В целом, горизонтальная линия низа у сорочек большой формы сохраняется при изменении угла наклона плечевых линий чаще, чем у сорочек с антропометричной формой.

Кроме того, в сорочках из ЧБ2 и ЧБ3 ( $1,8 \text{ см} \leq \text{ПЗДф-БДф} \leq 5,5 \text{ см}$ ) АFB был равен  $0^\circ$  при вертикальности краев бортов и форма сорочки будет стабильной. Кроме того, у сорочек из ЧБ4 и ЧА5 ( $8,7 \text{ см} \leq \text{ПЗДф-БДф} \leq 9,9 \text{ см}$ ) были большие значения АFA, АFB ( $2,1^\circ \dots 10,5^\circ$ ).

Были получены однофакторные и двухфакторные уравнения линейной регрессии в SPSS на основе показателей свойств ткани, параметров чертежа и индикаторов посадки:

$$\text{АFB} = 4.3 - 19.3 \times \text{V}_{\text{warp}}, \quad (3.6)$$

$$\text{АFB} = 0.8 \times \text{ПЗДф-БДф} - 2.69, \quad (3.7)$$

$$\text{АFA} = 5.4 - 12 \times \text{V}_{\text{warp}}, \quad (3.8)$$

$$\text{АFA} = 0.69 \times \text{ПЗДф-БДф} + 0.04, \quad (3.9)$$

где  $\text{V}_{\text{warp}}$  - жесткость при изгибе в направлении нити основы.

Из (3.6) - (3.9) видно, что АFB и АFA зависят от  $\text{V}_{\text{warp}}$  и ПЗДф-БДф. С увеличением  $\text{V}_{\text{warp}}$  (жесткость ткани возрастает) края бортов, которые совпадают с направлением нити основы, передние склонны сохранять вертикальность. Кроме того, по мере увеличения ПЗДф-БДф соответственно изменяются углы наклона плечевых линий, опорная точка сорочки перемещалась от ШТб к ПЗДф-БДф, изменяется форма сорочки, что приводит к увеличению угла между краями бортов.

Для сорочек облегающей антропометричной формы вариация линии низа в передней и задней проекциях была описана следующим образом:

$$\Delta R_{\text{нпсп}} = -0.194 - 0.0007 \times F_{\text{warp}}, \quad (3.10)$$

$$\Delta R_{\text{нпсз}} = -1.216 + 0.0007 \times F_{\text{warp}}, \quad (3.11)$$

$$\Delta R_{\text{нпсз}} = -0.147 - 0.031 \times \text{ПЗДф-БДф}, \quad (3.12)$$

где  $F_{\text{warp}}$  - предел прочности при растяжении в направлении нити основы.

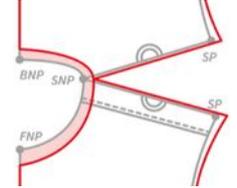
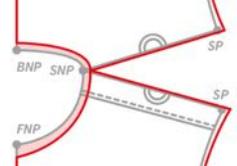
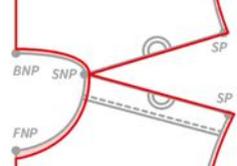
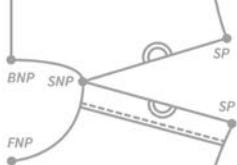
Из (3.10) - (3.12) видно, что  $\Delta R_{\text{нпсп}}$  и  $\Delta R_{\text{нпсз}}$  зависят от  $F_{\text{warp}}$  и ПЗДф-БДф. При изменении  $F_{\text{warp}}$  и ПЗДф-БДф длина и положение передней и задней частей сорочки изменялись, что приводило к изменению  $\Delta R_{\text{нпсп}}$  и  $\Delta R_{\text{нпсз}}$ . Кроме того,  $\Delta R_{\text{нпсз}}$  были более склонны к варьированию в зависимости от ПЗДф-БДф.

Таким образом, установлены новые алгоритмы для прогнозирования индикаторов посадки, которые можно использовать в качестве объективных критериев и улучшить существующую базу данных виртуальной примерки.

### 3.3.3. Окончательные критерии оценки посадки

На основе сформированных баз данных и анализа конструктивных причин были установлены окончательные схемы для критериев посадки, составленные с учетом уровня посадки и конструктивными причинами. В табл. 3.4 показаны примеры критериев посадки и конфигураций линии горловины (серые линии - хорошо подогнанный чертеж, красные линии - плохо подогнанный чертеж).

Таблица 3.4 - Критерии посадки воротника (случай, прибавка к обхвату шеи больше допустимой)

Уровень качества посадки	Схема	Фотография воротника	Схема чертежа
		<p style="text-align: center;">Ответственный РП: Обхват шеи (Ош)</p>	
1	Очевидный большой зазор между шейей и воротником		
2	Очевидный зазор между шейей и воротником		
3	Заметный зазор между шейей и воротником		
4	Небольшой зазор между шейей и воротником		
5	Нормальный зазор, хорошая посадка		

Как показано в табл. 3.4, пятиуровневые критерии посадки подробно описаны с помощью фотографий дефектов посадки и конструктивными причинами. При изменении уровня от 5 до 1 зазор между шейей и воротником становился больше, прибавка к обхвату шеи становится избыточной. Таким образом, уровень посадки воротника сорочки можно было определить исходя из критериев, а соответствующие

конструктивные соображения были рекомендованы для дальнейшей адаптации чертежа.

Основываясь на аналогичных критериях для других сегментов, можно также определить сегментарную и интегральную посадку сорочки и конструктивные причины неправильной посадки. Интегральные критерии посадки воротника, плечевого шва, рукава и стана приведены в табл. Г.А - Г. Г в Приложения Г.

### **Вывод после главы 3**

1. Были созданы исходные базы данных, включающие мнения потребителей о мужских сорочках и фотографии сорочек с дефектами посадки, которые можно было бы применять в качестве субъективных критериев для оценки посадки сорочек.

2. Предлагаемые новые посадочные индикаторы могут быть использованы для проведения объективной оценки виртуальных и материальных сорочек.

3. Установлены комплексные пятиуровневые критерии оценки различных фрагментов мужской сорочки на основе описания, реальных фотографий, виртуальных изображений и объективных индексов (параметры чертежа, РП). Эти критерии могут быть использованы для проверки посадки сорочек и выяснения конструктивных причин возникновения дефектов посадки.

## **ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ МУЖСКОЙ СОРОЧКИ E-BESPOKE**

Предложенная номенклатура РПн и построенные с их помощью геометрические модели различных сегментов индивидуальной морфологии фигуры повышают адекватность внешней формы мужской сорочки и гарантируют качество посадки. Однако существующие методы проектирования чертежей, которые применяют при конструировании чертежей RtW и MtM, не приспособлены к построению чертежей моделей e-bespoke. В этой главе предложен новый метод построения и проверки чертежей сорочек e-bespoke разных стилей на основе индивидуальных РП, параметров чертежей и конструктивных прибавок. Показаны различия между разработанным чертежом и известными чертежами RtW и MtM.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в трех работах [161,167,168].

### **4.1. Методы исследования**

В эксперименте использовали семь виртуальных клонов VC размеров 170/92Y, конструктивные прибавки и разные стили сорочек. Сорочки конструировали индивидуальными e-bespoke и по технологиям RtW и MtM.

#### **4.1.1. Программное обеспечение**

2D САПР ET CAD (BUYI Technology, Китай) была использована для построения чертежей сорочки в формате .dxf. Файлы .dxf были доступны для работы в программном обеспечении CLO 3D и Adobe Illustrator. Графическое программное обеспечение Adobe Illustrator было использовано для построения векторных графиков и различных чертежей.

#### 4.1.2. Субъекты исследования

150 мужских ВС были сгруппированы по высотам, обхвату груди (Ог3) и полноте (разности между обхватами груди и талии) в соответствии с Китайским национальным стандартом [64]. На рис. 4.1 показана диаграмма распределения каждого типа фигур.

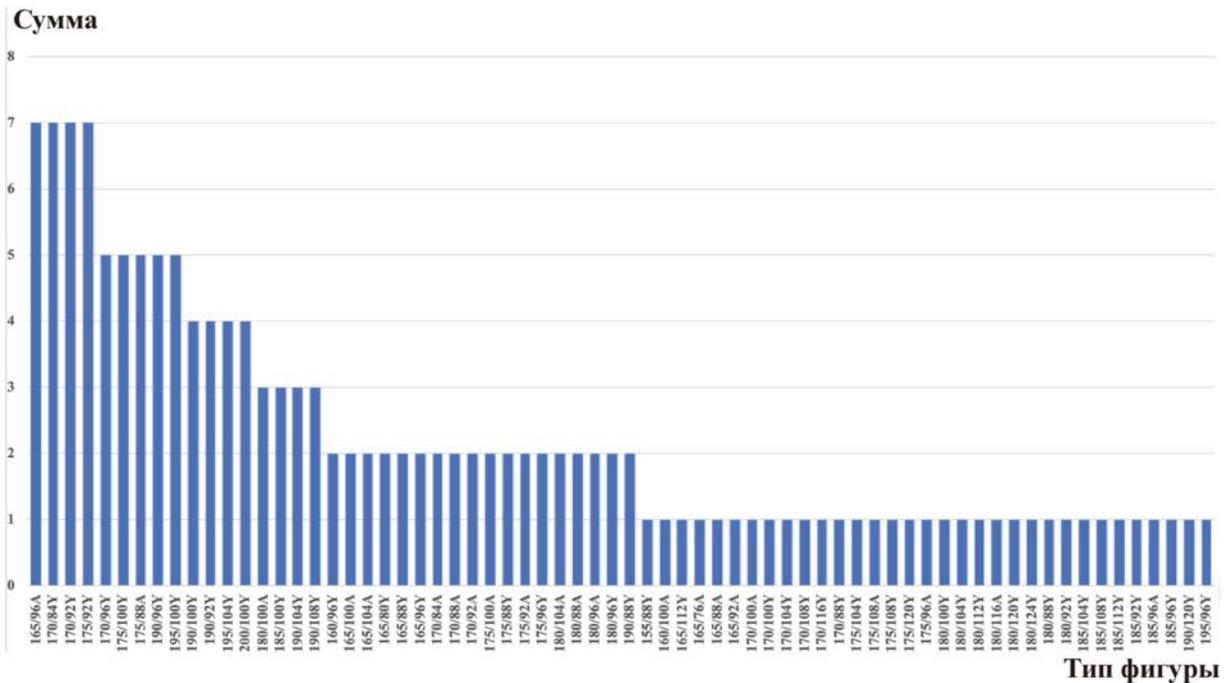


Рисунок 4.1 - Распределение фигур 150 субъектов

Как показано на рис. 4.1, 150 ВС были распределены по 68 типам фигур и 165/96А, 170/84Y, 170/92Y, 175/92Y были самыми частыми типами. Поэтому были выбраны семь ВС 170/92Y в качестве часто встречающихся фигур и субъектов для последующей кастомизации чертежа и виртуальной примерки. На рис. 4.2 показана вариация форм выбранных субъектов на виде сбоку, различия между некоторыми сегментами фигур очень заметны, хотя они принадлежат к одному типу 170/92Y. Семь субъектов 170/92Y были обозначены как С<sub>3</sub>, С<sub>8</sub>, С<sub>34</sub>, С<sub>37</sub>, С<sub>56</sub>, С<sub>72</sub>, С<sub>87</sub>.

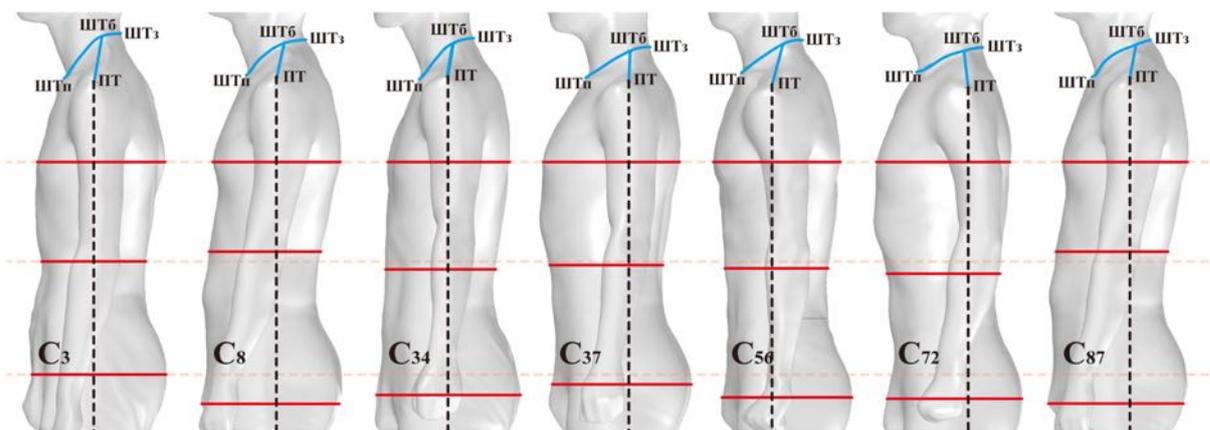


Рисунок 4.2 - Семь виртуальных клонов 170/92У

В табл. 4.1 приведены значения традиционных и преобразованных РП, измеренных в программе Rhinoceros в соответствии с разработанными геометрическими моделями (разд. 2.4).

Таблица 4.1 - РП семи субъектов 170/92У

Субъект	Размерные признаки, см											
	ОгЗп	ОгЗз	Отп	Отз	Обп	Обз	Дтп	Дтс1	Ошп	Ошз	PPN <sub>F</sub>	PPN <sub>B</sub>
C <sub>3</sub>	41.7	50.2	35.8	36.2	46.6	47.3	42.2	42.5	27.5	15.6	10.1	3.5
C <sub>8</sub>	46.0	45.7	40.9	31.1	51.5	43.3	40.6	40.7	24.3	14.8	8.5	3.7
C <sub>34</sub>	42.8	49.5	37.8	36.0	44.8	47.0	43.1	43.4	24.8	15.3	8.5	3.5
C <sub>37</sub>	51.4	41.4	43.8	27.8	49.9	43.1	43.4	41.0	26.3	16.6	9.6	3.6
C <sub>56</sub>	39.1	52.7	30.8	39.6	38.7	50.4	43.0	43.2	23.2	16.0	8.0	3.8
C <sub>72</sub>	53.2	40.7	45.2	28.2	49.9	41.5	46.2	42.4	25.6	15.0	9.6	3.2
C <sub>87</sub>	46.3	45.4	41.3	30.7	51.9	42.9	40.8	40.4	24.6	14.5	9.0	3.4

Рис. 4.2 и данные табл. 4.1 всесторонне иллюстрируют вариацию сегментов фигуры:

1) торсов, для которых выявлены колебания горизонтальных переднезадних пропорции на уровне груди, талии и бедер и вертикальных расстояний между соседними уровнями;

2) плечевых поясов, которые отличаются направлением плечевого ската (его разворотом в пространстве) и углом наклона;

3) шейных отделов, отличающихся обхватами и пропорциями в переднезаднем направлении.

#### 4.1.3. Объекты исследования

Последующие эксперименты в области конструирования чертежей и виртуальной примерки проводили с мужской сорочкой, показанной на рис. 4.3.

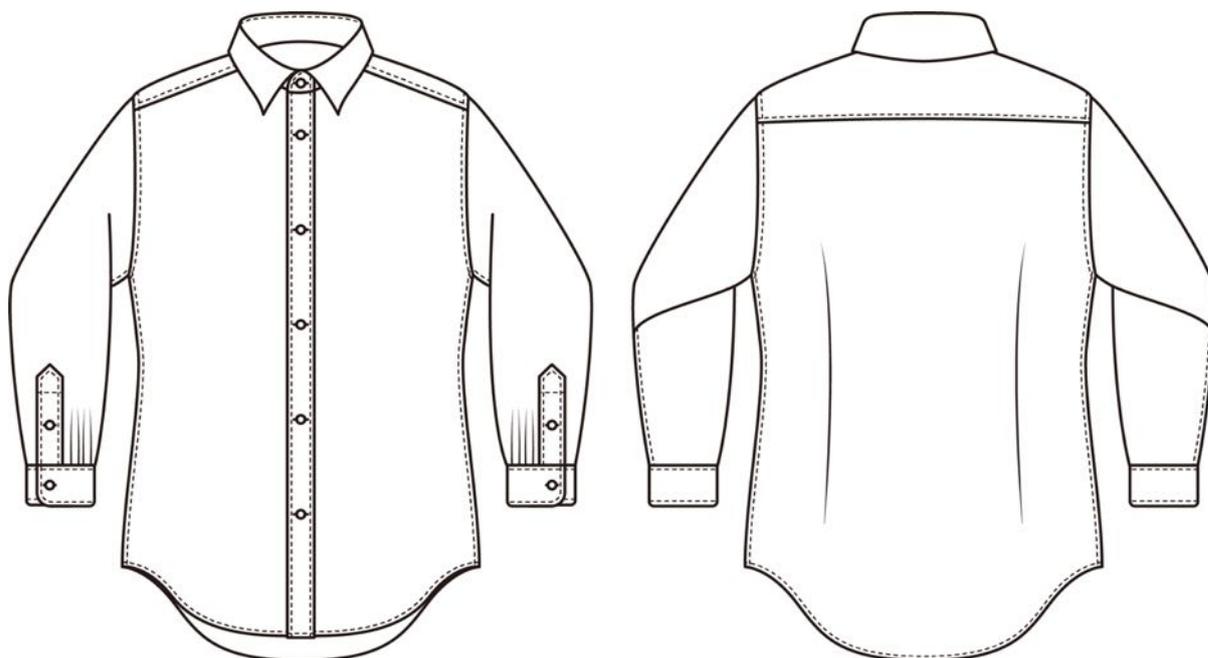


Рисунок 4.3 - Технический рисунок мужской сорочки, использованной в исследовании

Как показано на рис. 4.3, мужская сорочка была разработана с использованием классических и типичных компонентов и элементов: стан с изогнутой линией низа; кокетка на спинке; планка с пятью пуговицами; задние талиевые вытачки талии; воротник с отрезной стойкой; длинные рукава с планками и складками; манжеты с одной пуговицей.

Кроме того, в экспериментах одновременно рассматривали четыре типичных стиля: антропометричный, приталенный, обычный, большой. Сорочки этих стилей имеют различные силуэты и объемы и одинаковые формы воротников.

## 4.2. Чертежи мужской сорочки

В соответствии с РП выбранных ВС и определенными стилями был предложен новый метод конструирования чертежа мужской сорочки e-bespoke. По сравнению с чертежами RtW и MtM, чертеж сорочки e-bespoke должен лучше соответствовать индивидуальной морфологии и гарантировать лучшую посадку сорочек на фигуре.

### 4.2.1. База данных о конструктивных прибавках

Для конструирования чертежей сорочек разных стилей необходимо использовать конструктивные прибавки к размерным признакам для разных фрагментов фигуры.

Во-первых, в соответствии с сегментом фигуры и соответствующими им РП (разд. 2.4), все конструктивные прибавки были разделены на три группы:

1) нулевые прибавки  $P_0$ . Чертеж конструкции строили без прибавок к следующим РП: расстояние от шейной точки сбоку до линии талии спереди и сзади ( $Дтп$  и  $Дтс1$ ), разности между горизонтальными уровнями ( $Вст-Вт$  и  $Вт-Вб$ ), длина руки ( $Др$ );

2) минимально-необходимые прибавки  $P_{мин}$  для обеспечения свободы движений и комфорта независимо от стилей сорочки.  $P_{мин}$  проектировали для следующих РП:  $Ошп$ ,  $Ошз$ ,  $дшпоп$ ,  $PPN_F$ ,  $PPN_B$  и  $Озап$ ;

3) прогнозируемая композиционная прибавка  $P_{пкомп}$ , которая непостоянна по величине и варьируется в зависимости от стиля сорочки, для формирования силуэта.  $P_{пкомп}$  проектировали к следующим размерным признакам:  $ОгЗп$ ,  $ОгЗз$ ,  $Отп$ ,  $Отз$ ,  $Обп$ ,  $Обз$ ,  $Шг$ ,  $Шс$ ,  $Ор$ ,  $Шп$ ,  $Рптштп$ ,  $Рптштсз$  и к глубине подмышечной впадины  $ПВ$ .

Во-вторых, конкретные значения  $P_{мин}$  и  $P_{пкомп}$  к размерным признакам  $Озап$ ,  $Шг$ ,  $Шс$ ,  $Ор$ ,  $Шп$  были непосредственно взяты из

опубликованных книг [69, 104–107, 156]. Ппкомп к размерным признакам Рптштп и Рптштсз было определено как то же самое, что и Ппкомп-Шп.

Прибавки Ппкомп к ОгЗп, ОгЗз, Отп, Отз, Обп, Обз зависят как от индивидуального РПн, так и от прибавок к полным обхватам ОгЗ, От и Об. Значения прибавок к ОгЗ, От, Об для сорочек различных стилей были получены путем измерения реальных сорочек и изучения полезной информации в онлайн-магазинах.

В общей сложности, 62 сорочки определенных размеров (например, 170/92А) 15 брендов (Beanpole, C&A, Fun Day, GAP, Gloria Jeans, Hugo Boss, H&M, Modis, Jack&Jones, K-Boxing, Oodji, O'Stin, SANTA BARBARA POLO & RACQUET CLUB, Scofield, Urban Revivo) были включены в создаваемую выборку. Значения прибавок П были рассчитаны путем вычитания значений РП из измерений сорочки SM по Уравнению (4.1)

$$П = ИС - РП, \quad (4.1)$$

где П - прибавка к ОгЗ, От, Об, ИС - измерения сорочки (ширина на уровне груди, талии и бедер сорочки), РП - размерные признаки для типичных фигур.

Средние значения вычисленных прибавок к ОгЗ, От, Об показаны в табл. А.Б – А.Д Приложения А.

Миимально-необходимые и композиционные прибавки к Ошп, Ошз, дшпоп, РPN<sub>Ф</sub>, РPN<sub>В</sub> неизвестны из существующих ресурсов, причем единственной полезной информацией было то, что прибавка к Ош обычно составляет около 2 ... 3 см. Для определения значений этих прибавок был проведен эксперимент по виртуальной примерке сорочек, в которых постепенно изменяли их значения. Приемлемые значения прибавок определяли тогда, когда сорочка имела наилучшую посадку, а линия горловины шеи располагалась точно по ее периметру. Значения Пмин и Ппкомп приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Минимально-необходимые и композиционные прибавки при конструировании e-bespoke сорочки

Размерный признак	Значения прибавок, см, для разных форм сорочки			
	антропометричная	приталенная	обычная	большая
минимально-необходимые				
dшпоп	2,0			
PPN <sub>F</sub>	0,5			
PPN <sub>B</sub>	- 0,5			
Ошп	1,5			
Ошз	0,5			
Озап	6,0			
композиционные				
Огз	5,0	10,0	16,0	25,0
От	14,0	18,0	23,0	33,0
Об	7,0	8,0	12,0	20,0
ПВ	1,5	3,0	4,5	6,0
Ор	8,0	10,0	12,0	15,0
Шг	2,0	4,0	6,0	8,0
Шс	2,0	4,0	6,0	8,0
Шп	0	0,5	1,0	1,5
Рптштп	0	0,5	1,0	1,5
Рптштсз	0	0,5	1,0	1,5

Как показано в табл. 4.2, постоянные и вариативные прибавки могут быть использованы при построении чертежей, чтобы обеспечить как свободу для движений, так и желаемую форму различных стилей. Систематически используя два типа прибавок Пмин и Ппкомп, интегральный чертеж сорочки может быть сконструирован с получением желаемого стиля сорочки, ее точным положением на фигуре и адекватным объемом пододежного воздуха.

## 4.2.2. Генерация чертежей сорочки

### 4.2.2.1 Чертежи e-bespoke

Для поэтапного генерирования чертежа мужской сорочки потребовалось несколько процедур. Во-первых, преобразованные РПн, которые могли бы быть непосредственно использованы при конструировании чертежей, были сгенерированы из индивидуального VC после 3D сканирования фигуры. Сорочка, во-вторых, был выбран один стиль из четырех существующих. Таким образом, были определены прибавки для различных фрагментов. В-третьих, параметры чертежа для различных фрагментов были рассчитаны путем сложения значений соответствующих РП и прибавки по Уравнению (4.2):

$$КП = РПн + П, \quad (4.2)$$

где КП - параметр чертежа, РПн - индивидуальный новый размерный признак, П - прибавка того же фрагмента.

В соответствии с (4.2) для построения чертежа были предложены четыре типа конструктивных параметров КП:

КП1 – равен исходному РП, например, длина рукава  $КП1 = Др$ ;

КП2 – равен сумме РП и прибавки Пмин, например, ширина манжеты  $КП2 = Озап + Пмин$ ;

КП3 – равен сумме РП и прибавки Пкомп, например, ширина полочки и ширина спинки  $КП3 = Ог3п + Пкомп$ ,  $КП3 = Ог3з + Пкомп$ ;

КП4 – равен прибавки Пкомп без РП, например, глубина проймы вниз от линии груди  $КП4 = ПВ$ .

Все четыре типа параметров чертежей были рассчитаны в соответствии с Табл. 4.3.

Таблица 4.3 - Параметры чертежей для e-bespoke сорочки

Тип	КП	Уравнение, см	Тип	КП	Уравнение, см
КП1	Дтп	Дтп	КП3	Рптштп	Рптштп + Ппкомп
	Дтс1	Дтс1		Рптштез	Рптштез + Ппкомп
	Вст-Вт	Вст-Вт		Ог3п	Ог3п + часть Ппкомп
	Вт-Вб	Вт-Вб		Ог3з	Ог3з + оставшийся Ппкомп
	Др	Др		Отп	Отп + часть Ппкомп
КП2	Ошп	Ошп + 1.5		Отз	Отз + оставшийся Ппкомп
	Ошз	Ошз + 0.5		Обп	Обп + часть Ппкомп
	дшпоп	дшпоп + 2.0		Обз	Обз + оставшийся Ппкомп
	PPN <sub>F</sub>	PPN <sub>F</sub> + 0.5		Шг	Шг + Ппкомп
	PPN <sub>B</sub>	PPN <sub>B</sub> - 0.5		Шс	Шс + Ппкомп
	Озап	Озап + 6.0		Ор	Ор + Ппкомп
КП3	Шп	Шп + Ппкомп		КП4	ПВ

Как показано в табл. 4.3, всего было предложено 24 окончательных параметра, включая пять КП1, которые обеспечивали правильное расположение ориентиров и структурных линий, семь КП2, которые обеспечивали соответствующий объем воздуха или пространство между тканью и фигурой, и 12 КП3, которые обеспечивали стиль сорочки, и один КП4, который контролировал глубину проймы.

В-четвертых, фрагменты чертежа сорочки e-bespoke могут быть построены с помощью КП методом прямых измерений (разд. 1.3.2), как показано на рис. 4.4.

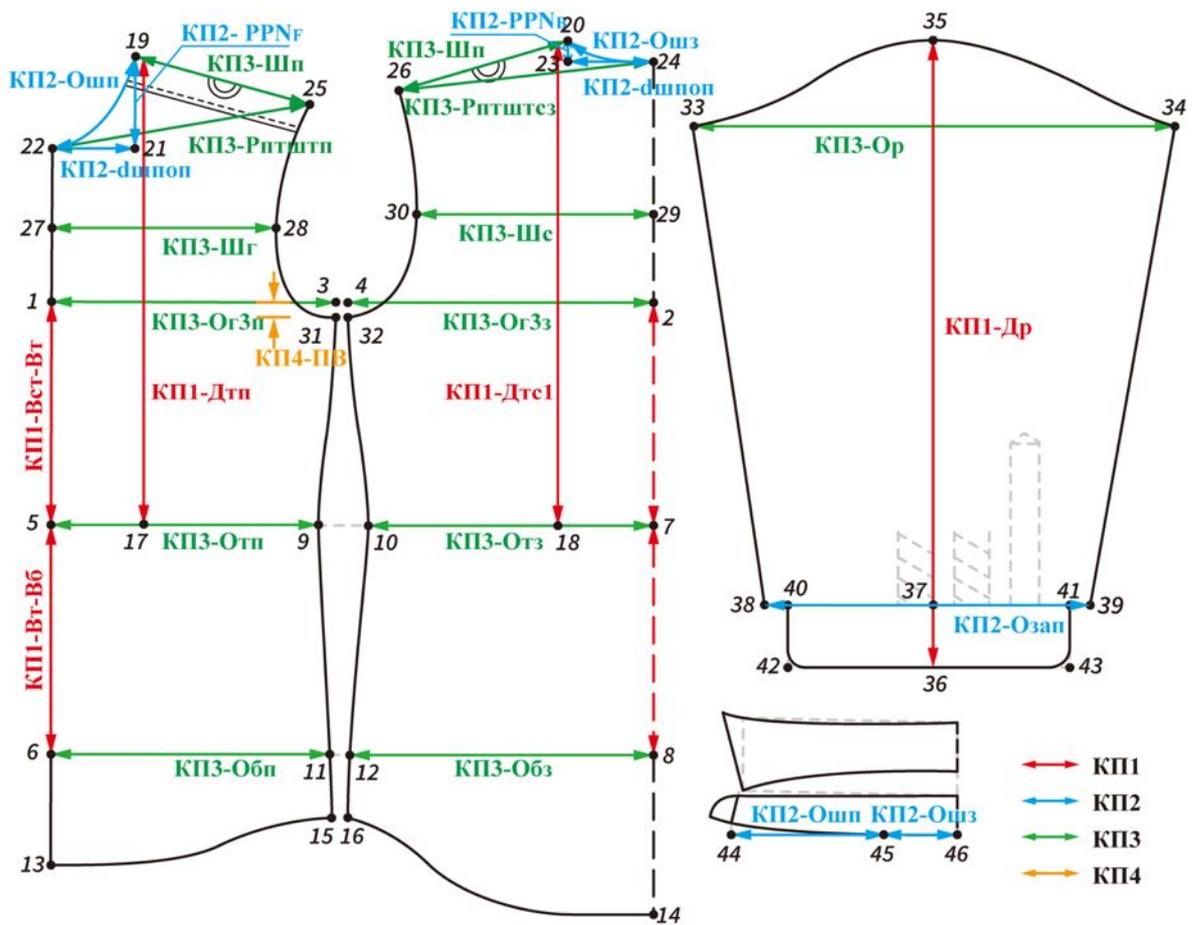


Рисунок 4.4 - Схема использования конструктивных параметров для построения чертежа сорочки e-bespoke

Как показано на рис. 4.4, основные фрагменты чертежа сорочки e-bespoke были кастомизированы путем последовательного соединения 46 референтных точек с применением соответствующих КП (табл. 4.3). Черные кривые линии зависят от дизайна сорочки, а часть воротника сгенерирована обычным пропорциональным методом. Основной стан, линия горловины, плечевая линия, линия проймы, рукав и воротник строили поэтапно. Окончательный чертеж был сгенерирован после определенных адаптаций и проверки (например, сопряженности и накладываемости кривых).

#### 4.2.2.2. Чертежи сорочки RtW и MtM

Чертежи сорочек RtW и MtM для семи 170/92Y VC были

составлены одновременно для сравнения.

Четыре РПС (ОгЗ, Дс, Ош, Др) из системы размеров были применены для расчета КП для всех фрагментов по заранее заданным уравнениям регрессии (как показано на рис. 1.16).

Чертежи сорочки MtM были построены с использованием комбинированного метода, который включал как прототип RtW, так и индивидуальные размерные признаки. После обследования КП, используемых в ателье по кастомизации одежды [29 - 38], были получены четырнадцать РПС для расчета КП для создания чертежей MtM: ОгЗ, От, Об, Ош, Дс, Др, Озап, Ор, Дтп, Дтс1, Вст-Вт, Вт-Вб, Шг, Шс. Прибавки Пмин и Ппкомп (табл. 4.2) также использовали при конструировании чертежей RtW и MtM.

#### **4.2.3. Сравнение чертежей сорочек**

Чтобы проиллюстрировать влияние РПн и возможности новой базы данных, созданной для описания морфологических особенностей мужских фигур, для семи субъектов 170/92Y были разработаны чертежи сорочек антропометрической формы RtW, MtM и e-bespoke. Контур каждого чертежа были наложены друг на друга, как показано на рис. 4.5. Как обычно, вытачка из проймы применяется только в женской одежде. Тем не менее, грудной отдел у С<sub>37</sub> и С<sub>72</sub> был слишком выпуклым, поэтому запроектировали вытачку из проймы, чтобы сделать перед сорочки гладким.

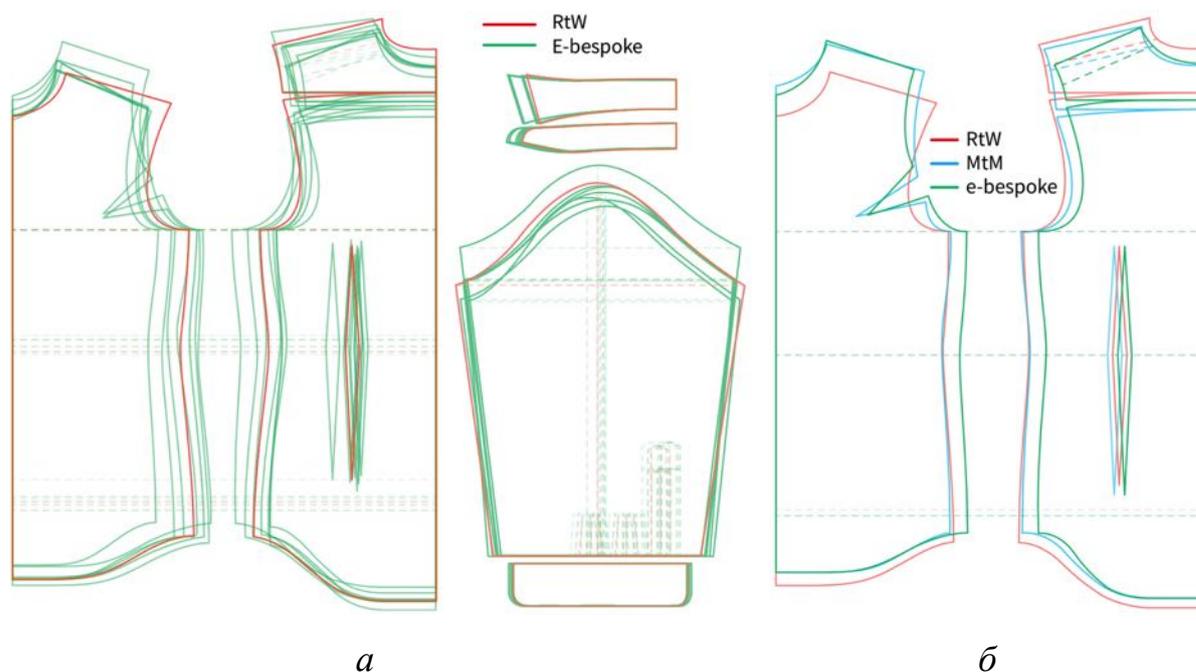


Рисунок 4.5 - Совмещенные чертежи:  
*а* - чертежи RtW и e-bespoke для субъектов 170/92Y,  
*б* - чертежи RTW, MtM и e-bespoke для субъекта C<sub>72</sub>

Как показано на рис. 4.5, *а*, существенные различия существуют не только между двумя категориями чертежей RtW и e-bespoke, но и между внутри семейства чертежей e-bespoke, в горизонтальных и вертикальных переднезадних пропорциях стана, формах и пропорциях линий горловины, размерах воротников, длинах и направлениях плечевых линий, длинах и ширинах рукавов и длинах манжет. Эти отличительные характеристики каждого чертежа e-bespoke отражают индивидуальные морфологические особенности, которые не могут быть отражены РПс и обычными методами конструирования.

Субъект C<sub>72</sub> отличается явно нетипичной морфологией с очень выпуклой килевидной грудью и большой долей переднезаднего диаметра груди. Так, в качестве примера для C<sub>72</sub> сравнили чертежи стана RtW, MtM и e-bespoke (рис. 4.5, *б*). По сравнению с чертежом RtW, чертеж MtM имеет иную пропорцию вертикальной длины (от SNP до переднезадней талии), длины горловины и плеч из-за более индивидуальных РПс. Чертежи E-bespoke и MtM более сходны по вертикали, длинам плечевых линий и

горловины из-за равенства одинаковых РП (например, Дтп, Дтс1, Шп, Ош = Ошп + Ошз) и соответствующих КП. Однако переднезадние пропорции стана, горловины (пропорция передней и задней частей) и направление плечевой линии значительно отличаются из-за РПн (например, ОгЗп, ОгЗз, Отп, Отз, Обп, Обз, РРН<sub>Ф</sub>, РРН<sub>В</sub>, Ошп, Ошз, Рптштп, Рптштсз) и соответствующих КП, используемых в чертеже e-bespoke.

Чтобы проиллюстрировать влияние РПн и КП на различные формы сорочек, четыре чертежа антропометричного, приталенного, обычного, свободного стилей были разработаны для субъекта С<sub>72</sub> и совмещены друг с другом, как показано на рис. 4.6.

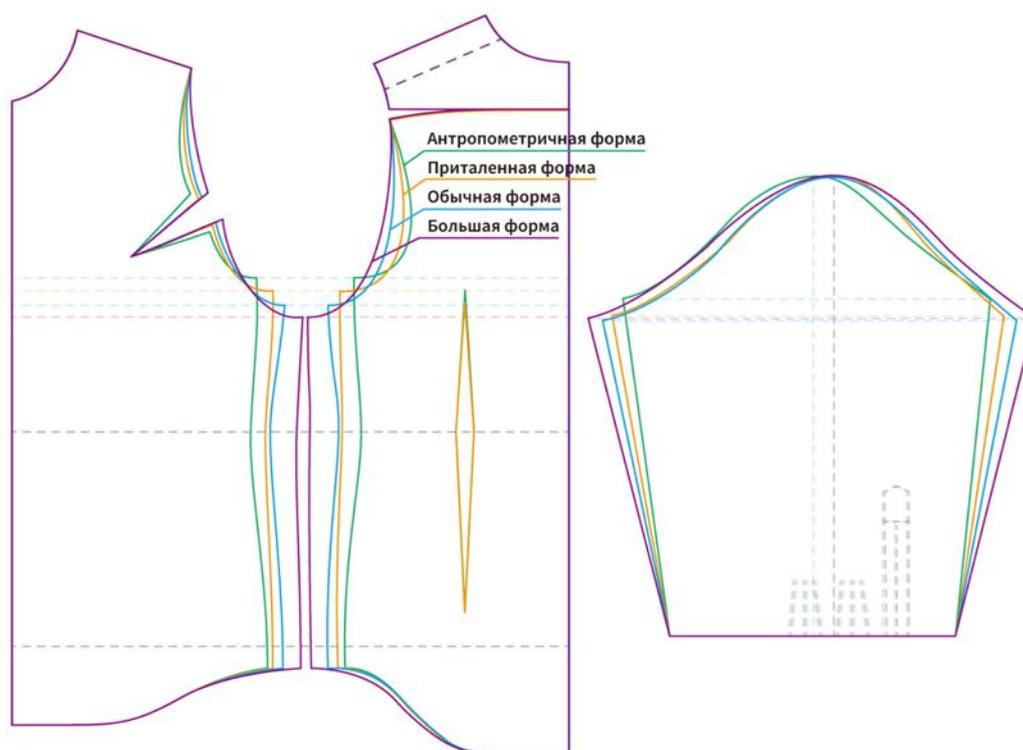


Рисунок 4.6 - Чертежи сорочек e-bespoke разных стилей для субъекта С<sub>72</sub>

Как показано на рис. 4.6, вертикальные пропорции, формы горловины, плечевой линии и длины рукава были одинаковыми по причине равенства соответствующих минимально-необходимых прибавок П<sub>мин</sub>, использованных в этих фрагментах. Более того, конфигурация стана и рукава на чертеже e-bespoke зависит от стиля и изменяются от

антропометрической к свободной форме из-за композиционной прибавки  $P_{\text{комп}}$ .

#### 4.2.4. Прогнозирование посадки с помощью чертежей

Чертеж *e-bespoke* отражает больше индивидуальных морфологических особенностей, чем чертежи *RtW* и *MtM*. Кроме того, новые параметры КП чертежа включают РПн и новые прибавки ( $P_{\text{мин}}$ ,  $P_{\text{комп}}$ ), как в (4.2). Новое значение прибавки может быть вычислено путем вычитания РПн из соответствующего КП

$$P = \text{КП} - \text{РПн}, \quad (4.3)$$

Для сорочки *e-bespoke*,  $P_{\text{мин}}$ ,  $P_{\text{комп}}$  были predeterminedены с конкретными значениями для обеспечения адекватного объема и пространства для конкретного сегмента фигуры. Однако РПн не были использованы при построении чертежей сорочек *RtW* и *MtM*, и, следовательно, прибавки и соответствующие им КП были неизвестны при конструировании чертежей. Например,  $O_{\text{ш}}$  и минимальная прибавка к обхвату шеи  $P_{\text{мин}}$  были использованы при построении линий горловины чертежей *RtW* и *MtM*.

Для оценки посадки сорочек *RtW* или *MtM* и объяснения влияния РПн на чертеж *e-bespoke*, были сопоставлены прибавки трех типов согласно (4.4) и рис. 4.7:

$$P_{\text{п}} = \text{КПи} - \text{РПн}, \quad (4.4)$$

где  $P_{\text{п}}$  - прогнозируемая конструктивная прибавка,  $\text{КПи}$  - измеренный конструктивный параметр (для чертежей *RtW* и *MtM*).

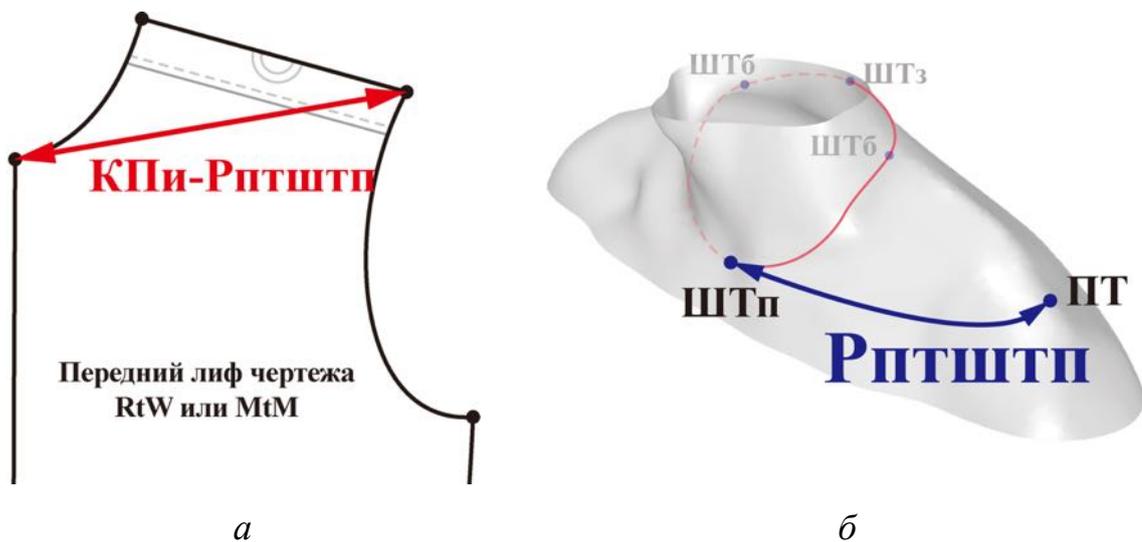


Рисунок 4.7 - Схема измерения конструктивного параметра КПи и соответствующего ему РП:  
*a* – КПи, *б* - Рптштп

Как показано на рис. 4.7, измеренный конструктивный параметр Пи вдоль Рптштп равен длине отрезка, соединяющего вершину средней линии и конечную точку плечевой линии, Рптштп - расстояние от ШТп до ПТ на поверхности фигуры. Поэтому значение прибавки Пп можно рассчитать, вычитая значения Рптштп из КПи. На чертеже e-bespoke КПи точно равен КП, в то время как КПи на чертежах RtW и MtM отличаются от значения Рптштп.

В табл. 4.4 для субъекта  $C_{72}$  приведены РПн, Пп и КПи для трех типов сравниваемых чертежей.

Таблица 4.4 - Значения РПн и КПи, Пп для чертежей RtW, MtM и e-bespoke субъекта С<sub>72</sub>

Метод построения чертежа	Значения размерного признака РПн, измеренного конструктивного параметра КПи и прогнозируемой величины прибавки Пп, см, для разных чертежей												
	дппоп	PPN <sub>F</sub>	PPN <sub>B</sub>	Ошп	Ошз	Рлтшп	Рлтшз	Ог3п	Ог3з	Отп	Отз	Обп	Обз
	13.6	9.6	3.2	25.6	15.0	21.4	20.2	53.2	40.7	45.2	28.2	49.9	41.5
Значения КПи													
RtW	14.4	8.8	1.4	25.2	13.9	23.0	22.2	48.5	48.5	44.0	44.0	50.1	50.1
MtM	15.7	8.8	2.7	25.4	17.2	21.7	21.1	49.5	49.5	43.8	43.8	49.2	49.2
e-bespoke	14.6	10.1	2.7	27.1	15.5	21.4	20.2	55.7	43.2	50.0	37.5	55.5	43.0
Значения Пп													
RtW	0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-1.1	1.6	2.0	-4.7	7.8	-1.2	13.8	0.2	8.6
MtM	2.1	-0.8	-0.5	-0.2	2.2	0.3	0.9	-3.7	8.8	-1.4	13.6	-0.7	7.7
e-bespoke	1.0	0.5	-0.5	1.5	0.5	0	0	2.5	2.5	4.8	9.2	5.5	1.5

Для чертежа e-bespoke Пп были predeterminedены как новые прибавки Пмин и Пкомп. Однако для чертежей RTW и MtM значения Пп были различны и варьировались от слишком малых до слишком больших значения. Согласно критериям оценки посадки, Посадка окончательной сорочки может быть предсказана с помощью Пп.

В табл. 4.5 приведены принципы прогнозирования посадки на основе значений Пп. Когда  $P \neq 0$ , то появится дисбаланс или неправильное расположение структурных линий и ориентиров. Когда  $P_{\text{мин}}, P_{\text{комп}} < 0$ , то это приведет к растяжению ткани, появлению ненужных складок на соответствующих сегментах. Когда  $P_{\text{мин}}, P_{\text{комп}} > P_{\text{мин}} (P_{\text{комп}})$ , то возникает избыток свободной ткани.  $P_0, P_{\text{мин}}, P_{\text{комп}}$  соответствуют нулевой, минимально-необходимой и композиционной прибавкам соответственно, используемых на чертеже e-bespoke.

Таблица 4.5 - Принципы прогнозирования посадки по значениям Пп

Пп	Значение Пп	Влияние на качество посадки
Пп0	$Пп0 = 0$	хорошая посадка – правильное расположение конструктивных линий и ориентиров
	$Пп0 \neq 0$	плохая посадка – дисбаланс или неправильное расположение конструктивных линий и ориентиров
Ппмин, Ппкомп	$Ппмин (Ппкомп) < 0$	плохая посадка – растяжение ткани, ненужные складки
	$0 < Ппмин (Ппкомп) < Пмин (Пкомп)$	плохая посадка – недостаточность объема
	$Ппмин (Ппкомп) = Пмин (Пкомп)$	хорошая посадка – сбалансированные конструктивные линии и ориентиры без складок
	$Ппмин (Ппкомп) > Пмин (Пкомп)$	плохая посадка – большой объем

Как показано в табл. 4.4 и 4.5, Пп можно использовать для прогнозирования возможного уровня посадки сорочек RtW и MtM путем сравнения с e-bespoke.

Оба типа чертежей RtW и MtM пренебрегают переднезадними пропорциями обхвата шеи. Для чертежа RtW, за исключением Ппмин к размерному признаку  $d_{шпоп}$ , остальные четыре прибавки к  $PPN_F$ ,  $PPN_B$ , Ошп, Ошз были отрицательными ( $K_{Pi} < P_i$ ), что привело к небольшой длине и расположению линии горловины выше антропометрических точек ШТп и ШТз. Для чертежа MtM установлены слишком большие значения прибавки Ппмин к размерным признакам  $d_{шпоп}$  и Ошз, что привело к положению линии горловины ниже антропометрических точек ШТб и ШТз, а отрицательные значения прибавок Ппмин к  $PPN_F$  и Ошп привели к повышению линии горловины спереди.

Кроме того, чрезмерные значения Пп0 для Рптштп и Рптштз привели к неправильному положению и наклону плечевой линии с деформацией плечевого сегмента сорочки. Наконец, неадекватные

передние доли обхватов с отрицательными значениями Ппкомп к ОтЗп, Отп и Обп привели к напряженным складкам и деформированию структурных линий стана.

Виртуальные эксперименты по примерке трех стилей сорочек были одновременно выполнены в CLO 3D для проверки точности этих принципов и доказательств влияния РПн на качество чертежа e-bespoke (разд. 5.3).

#### **Вывод после главы 4**

1. Создана база данных конструктивных прибавок для расчета конструктивных параметров чертежей e-bespoke. Часть этих прибавок также может быть применена при построении чертежей RtW и MtM.

2. Метод построения чертежа e-bespoke позволяет точно генерировать индивидуальные чертежи сорочек с гарантированной посадкой на высоком уровне. Чертеж сорочки e-bespoke показал явную разницу с чертежами RtW и MtM.

3. Качество посадки сорочек, изготовленных по технологиям RtW или MtM, может быть спрогнозировано путем сравнения с чертежом e-bespoke на основе установленных соотношений.

## **ГЛАВА 5. ВИРТУАЛЬНАЯ E-BESPOKE МУЖСКАЯ СОРОЧКА**

С развитием технологии VR, цифровые двойники систем “мужская фигура - сорочка” (ЦДс) создают путем интеграции виртуальных двойников мужских фигур (VT), которые трансформируют из VC, цифровых двойники текстильных материалов (ЦДм), которые генерируют алгоритмами и сенсорными экспериментами, и чертежей.

Сгенерированные виртуальные сорочки e-bespoke были оценены субъективно и объективно, показав хорошую посадку одежды, которая была намного лучше, чем у сорочек RtW и MtM. Кроме того, практическая проверка реальных и виртуальных сорочек e-bespoke, которая были проведена для отдельных потребителей мужского пола, доказала обоснованность и целесообразность разработанного метода.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в трех работах [161, 168, 169, 171].

### **5.1. Методы исследования**

С помощью визуализации виртуальной посадки сорочек в CLO 3D были сгенерированы виртуальные e-bespoke сорочки для выбранных субъектов.

#### **5.1.1. Инструменты и программное обеспечение**

Для измерения механических свойств тканей использовали инструменты KES-F FB1, FB2, FB3 комплекса Kawabata KES-F.

Программное обеспечение 3D САПР CLO 3D было применено в качестве платформы VR для выполнения всех виртуальных процедур примерки и оценки. Для получения реалистичных примерочных эффектов были задействованы различные модули: модули редактирования аватаров,

которые могли генерировать различные типы моделей фигур; модули 3D сшивания, которые могли бы редактировать технологию сборки сорочки; модуль оцифровывания ткани, который обеспечивал выбор определенных тканей по умолчанию и генерирование индивидуальных тканей; модуль 3D виртуального симулирования, который визуализировать и оценивать эффекты виртуальной сшитой одежды.

Кроме того, ET CAD была использована для экспорта чертежей сорочки в формате .dxf в CLO 3D. Rhinoceros был применен для обработки и измерения VC и VT. Онлайн-платформа Mixamo была использована для вставки виртуальных скелетов и суставов в VC. Adobe Photoshop и Illustrator использовались для постобработки изображений и создания графиков соответственно.

### **5.1.2. Свойства текстильных материалов**

Для получения более реалистичных цифровых тканей, были измерены показатели механических свойств (растяжение, сдвиг, изгиб) пяти различных текстильных материалов с помощью KES-F (как показано в табл. 3.1). Индексы показателей свойств были импортированы в CLO 3D для генерации соответствующих цифровых двойников.

### **5.1.3. Субъекты исследования**

В качестве объектов исследования были выбраны ранее упомянутые семь мужских фигур типа 170/92Y (C<sub>3</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>34</sub>, C<sub>37</sub>, C<sub>56</sub>, C<sub>72</sub>, C<sub>87</sub>) с различными морфологическими особенностями (разд. 4.1.2). Эти субъекты были преобразованы в VT, который действовал как цифровой двойник каждой фигуры в CLO 3D.

## 5.2. Генерация сорочки e-bespoke

Виртуальные мужские сорочки e-bespoke были сгенерированы поэтапно на основе генерации костного двойника VT с той же морфологией, что и реальная фигура, ЦДм как аналога реальных тканей и чертежей e-bespoke, созданных для каждой индивидуальной фигуры.

### 5.2.1. Виртуальные двойники мужских фигур

VT - это морфированная виртуальная человеческая фигура, которую генерируют на основе размерных признаков либо с помощью ручных, либо автоматических измерений [91], которая часто действует как 3D модель фигуры для примерки одежды в VR. Одним из основных факторов, влияющих на качество и надежность виртуальной одежды, является соответствие между VT и реальной фигурой.

Как обсуждалось в разд. 1.5.2, четыре типа VT (рис. 1.34) могут быть сгенерированы различными методами:

VT<sub>у</sub>: виртуальный двойник VT по умолчанию с типичными морфологическими особенностями и размерные признаки РП выбраны из существующей библиотеки в CLO 3D;

VT<sub>п</sub>: параметрический виртуальный двойник VT с адаптивной морфологией, генерируемый вводом базовых измерений РП;

VT<sub>к</sub>: виртуальный двойник VT, который трансформировали из виртуального клона VC после 3D сканирования фигуры;

VT<sub>и</sub>: индивидуализированный виртуальный двойник VT, который автоматически генерируется путем ввода цифрового клона VC в новейшей версии CLO3D.

Как показано на рис. 1.34, VT<sub>к</sub> обладает оригинальной индивидуальной морфологией, поскольку все данные сетки были сгенерированы с реальной сканированной фигуры. VT<sub>и</sub> выглядит очень похожим на VT<sub>к</sub>. VT<sub>у</sub> имеет совершенно другую форму фигуры и высоту,

VT<sub>П</sub> имел похожую морфологию. Поэтому позже адекватность между VT<sub>К</sub> и VT<sub>И</sub> была дополнительно проанализирована для субъекта С<sub>72</sub>, который имел явно нетипичную морфологию.

Виртуальный клон VC является твердотельным, мало похож на виртуальную модель или аватар, чтобы его напрямую применить в CLO3D. Поэтому VC был экспортирован в Mixamo для генерации VT<sub>К</sub> с виртуальными скелетами и суставами (формат.fbx), которые поддерживали бы реальную морфологию фигуры и допускали изменение поз (рис. 5.1).

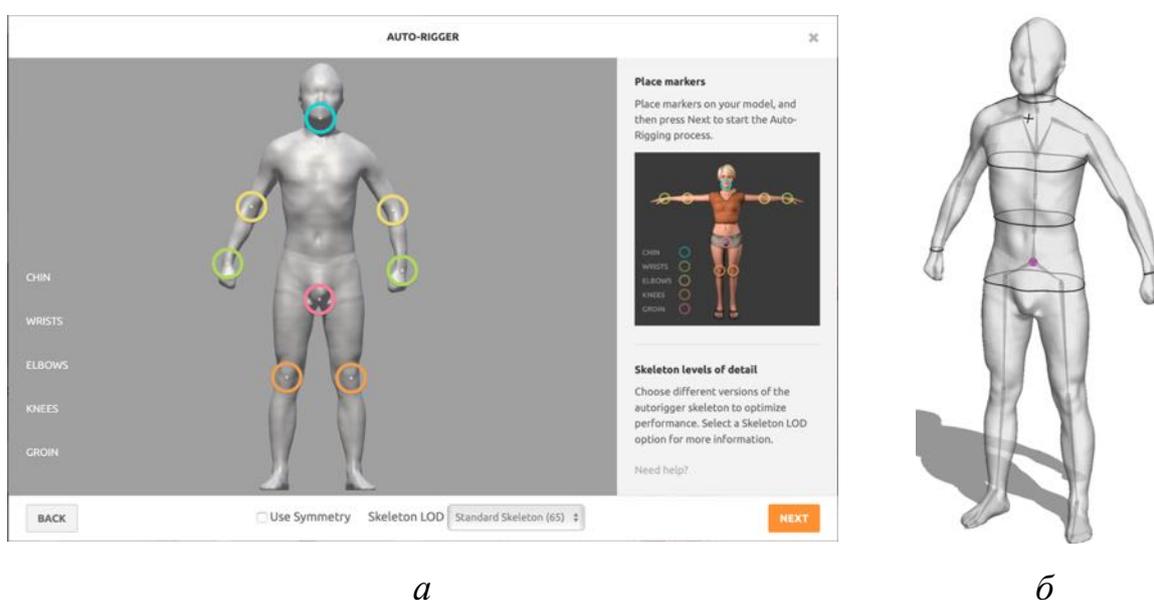


Рисунок 5.1 - Преобразование виртуального клона VC в VT<sub>К</sub> мужской фигуры:  
а - расположение суставов в Mixamo,  
б - VT<sub>К</sub> с виртуальными суставами и скелетом

3D. Таким образом, для VT<sub>К</sub> и VT<sub>И</sub> можно сравнить поперечные сечения, выполненные в разных направлениях, положения и РП разных секций.

Для сравнения VT<sub>К</sub> и VT<sub>И</sub> были разрезаны одновременно в разных направлениях в программе Rhinoceros, чтобы получить корональные, боковые и горизонтальные поперечные сечения торсов и контуры шейного отдела позвоночника (рис. 5.2).

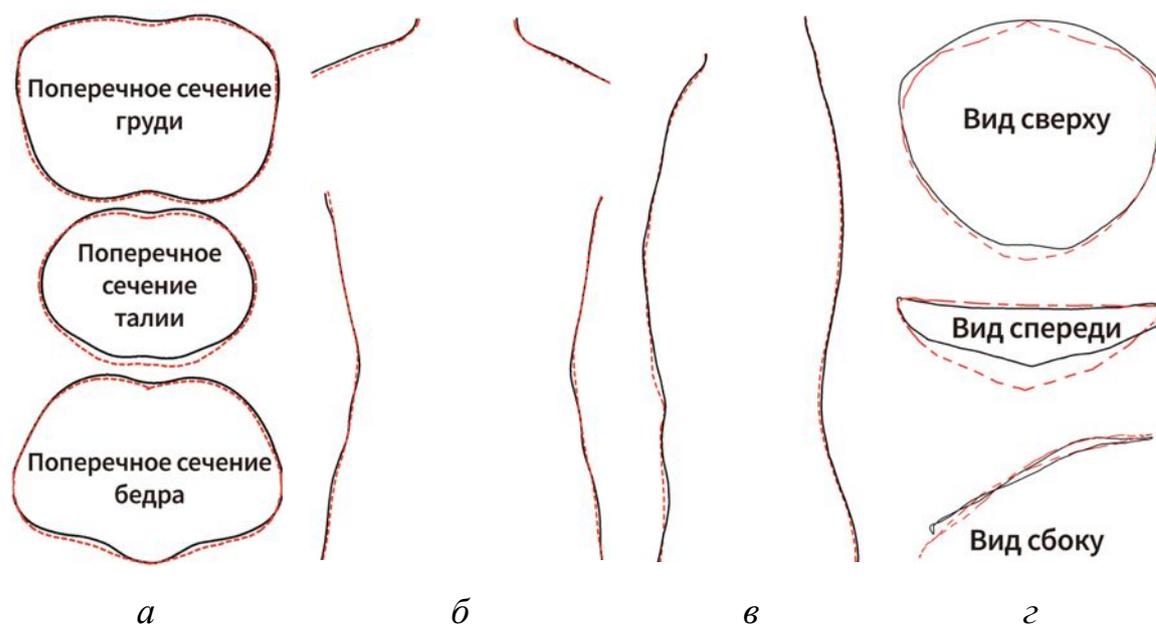


Рисунок 5.2. Поперечные сечения виртуального двойника  $VT_K$ , полученного из виртуального клона (сплошные линии), и индивидуализированного виртуального двойника  $VT_I$ , сгенерированного автоматически в CLO3D (пунктирные линии):  
*a* - горизонтальные, *б* - корональные,  
*в* - сагиттальные, *г* - контуры шейного отдела

Как показано на рис. 5.2, основные сечения торсов  $VT_K$  и  $VT_I$  очень похожи, так как поперечные сечения перекрываются почти полностью. Обе линии шеи также имеют сходную конфигурацию. Однако различия в деталях (контур задней части шеи, глубина передней части шеи, боковая проекция передней части шеи) заметны.

Некоторые РПн, которые могли бы отражать важные морфологические особенности (как показано в разд. 2.3), были измерены с помощью  $VT_K$  и  $VT_I$  на тех же уровнях или позициях. Табл. 5.1 показывает РПн для  $VT_K$  и  $VT_I$ .

Таблица 5.1 - Результаты измерений виртуальных двойников VT<sub>к</sub> и VT<sub>и</sub>

Вид виртуального двойника	Результаты измерений РПн виртуальных двойников, см									
	ОгЗп	ОгЗз	Отп	Отз	Обп	Обз	Ошп	Ошз	Шп	Др
VT <sub>к</sub>	53.3	40.9	44.6	28.1	49.9	41.7	25.6	15.0	13.7	55.5
VT <sub>и</sub>	54.2	40.9	46.5	28.1	50.2	41.5	26.0	15.3	13.3	58.6
Разница	0.9	0.0	1.9	0.0	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	3.1

Как показано в табл. 5.1, оба двойника VT<sub>к</sub> и VT<sub>и</sub> в целом имеют аналогичные РП. Однако определенные различия наблюдаются между ОгЗп, Отп, Обп, Ошз, Шп и Др, что может оказаться очень существенным во время виртуальных примерок. Например, различия между ОгЗп и Отп приведут к дисбалансу и плохой посадке стана. Различия между Ошп, Ошз и Шп приведут к неправильному положению линии горловины и линии плеча. Размерный признак Др у VT<sub>и</sub> был слишком велик по сравнению с VT<sub>к</sub>.

Хотя VT<sub>к</sub> и VT<sub>и</sub> имеют в целом сходные внешние формы и внешний вид, имеет место различие между отдельными морфологическими признаками, контурами и РП. Поэтому для достижения более высокой точности и более реалистичных результатов в качестве виртуальной модели фигуры взяты VT<sub>к</sub> из CLO 3D.

### 5.2.2. Цифровые двойники текстильных материалов

Еще одним основным фактором, влияющим на качество и реалистичность виртуальной одежды, является соответствие между ЦДм и реальными текстильными материалами. Механические свойства реальных тканей и цифровые свойства виртуальных тканей могут быть совершенно разными. Поэтому для создания ЦДм в качестве аналога реальных тканей были использованы две процедуры.

Во-первых, были сгенерированы исходные виртуальные ткани. В соответствии с типовыми реальными сорочечными тканями ближайшие виртуальные ткани могут быть выбраны из библиотеки тканей в CLO3D. Толщина (мм), плотность (г/м<sup>2</sup>) виртуальных тканей были адаптированы к аналогичным показателям реальных тканей (табл. 3.1). Затем были использованы алгоритмы преобразования показателей реальных тканей в аналогичные показатели их цифровых двойников (5.1 - 5.3), предложенные ранее [149] и основанные на измеренных показателях механических свойств (RT, EMT, Fmax, G), измеренных KES-F (табл. 3.1):

$$Y_1 = (1/RT_{\text{warp}} + 1/EMT_{\text{warp}}) \times 10^5 + F_{\text{max.warp}} + a, \quad (5.1)$$

$$Y_2 = (1/RT_{\text{weft}} + 1/EMT_{\text{weft}}) \times 10^5 + F_{\text{max.weft}} + a, \quad (5.2)$$

$$Y_3 = (G_{\text{warp}} + G_{\text{weft}}) \times 10^4, \quad (5.3)$$

где RT – восстанавливаемость, %; EMT – удлинение при 500 сН/см, %; F<sub>max</sub> – то же самое, что F(E<sub>max</sub>), которое представляет собой силу нагрузки/натяжения при E<sub>max</sub>, E<sub>max</sub> = 6,1...448,5 сН/см; G – жесткость сдвига. Для получения параметров цифровых тканей в CLO3D: Y<sub>1</sub> используют для использования в качестве цифрового показателя "растяжение – деформация по основе (г/с<sup>2</sup>)" без единиц измерения; Y<sub>2</sub> – "растяжение - жесткости по утку (г/с<sup>2</sup>)" без единиц измерения; Y<sub>3</sub> – "сдвиг жесткости (г/с<sup>2</sup>)" без единиц измерения; a – поправочный коэффициент без единиц измерения.

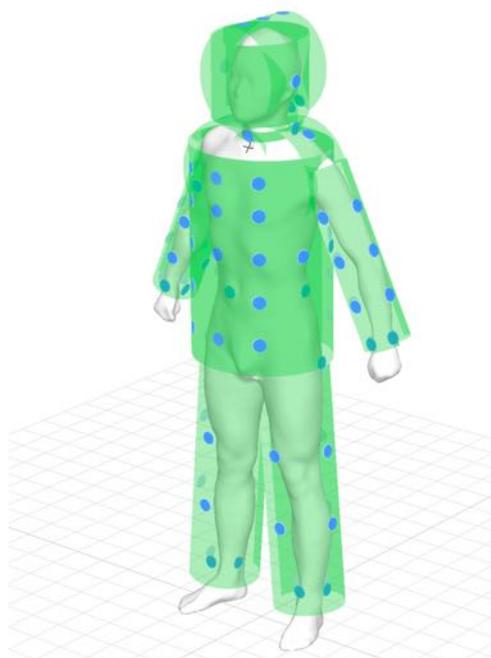
Во-вторых, были сгенерированы окончательные ЦДм. Сенсорный эксперимент проводили с целью корректировки цифровых свойств путем сравнения изображений реальной и виртуальной тканей по предложенной методике [157, 158].

Таким образом, ЦДм были способны симулировать реалистичный эффект ношения, помогая точно анализировать и оценивать посадку одежды виртуальных сорочек e-bespoke.

### 5.2.3. Цифровые двойники e-bespoke сорочки

Согласно наиболее распространенному в настоящее время процессу моделирования виртуальной одежды, виртуальный двойник сорочки e-bespoke был создан в CLO 3D путем выполнения пяти шагов.

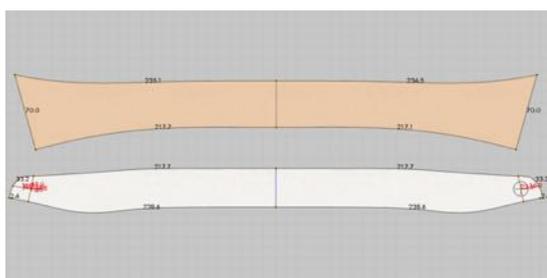
Во-первых, VT<sub>к</sub> (формат .fbx), преобразованный из VC, был импортирован в CLO 3D. Как показано на рис. 5.3, *a*, каждый сегмент фигуры (Arm\_L, Arm\_R, Wrist\_L, Wrist\_R, Figure\_L, Figure\_R, Shoulder\_L, Shoulder\_R, Head\_L, Head\_R, Head\_vertical, Neck\_L, Neck\_R, Leg\_L, Leg\_R, Ankle\_L, Ankle\_R) был сформирован в редакторе аватаров, чтобы правильно позиционировать чертежи деталей вокруг VT<sub>к</sub> на следующем этапе.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 5.3 - Процессы изготовления виртуальных сорочек в CLO 3D:

*a* - определение сегментов фигуры на VT<sub>к</sub>, *б* - позиционирование шаблонов и швов в 3D, *в* - шаблоны деталей воротника

Во-вторых, чертеж e-besproke (формат .dxf), составленный в ET CAD, был импортирован в CLO 3D.

В-третьих, было отредактирован процесс сшивания деталей в 3D среде (рис. 5.3, *б*, *в*). Каждая 3D часть (полочка, спинка и планка, детали воротника, рукав, его планка и манжета) были расположены на соответствующих сегментах фигуры (фигура, шея, рука) соответственно. Кроме того, располагали и конструировали пуговицы и петли, выполнялась подкладка на планке, воротнике и манжетах. Наконец, швы соседних пар

были скоординированы, и выточки сшиты.

В-четвертых, ЦДм был сгенерирован, как описано в разд. 5.2.2.

Наконец, 3D визуализация виртуальной примерки сорочки e-bespoke для получения ее рендера проведена автоматически, когда все детали были сшиты на VT<sub>к</sub>.

### **5.3. Оценка виртуальной e-bespoke сорочки**

Для проверки достаточности предложенной номенклатуры РПн, нового метода построения чертежей для виртуальных сорочек e-bespoke оценку посадки проводили субъективно и объективно в CLO 3D. Сравнительные эксперименты с сорочками RtW и MtM доказали валидность и преимущества метода e-bespoke.

#### **5.3.1. Субъективная оценка**

Экспертами-профессионалами в области дизайна одежды и конструирования была проведена субъективная оценка виртуальных двойников сорочек e-bespoke. Они должны были изучить критерии оценки мужской сорочки (разд. 3.3.3) и оценить эффект посадки каждой сорочки с помощью пятибалльной шкалы (1 = худший, 2 = плохой, 3 = удовлетворительный, 4 = хороший, 5 = лучший) с учетом гладкости, расположения структурных линий и ориентиров, переднезаднего баланса и т. д.

Среди сорочек разных стилей сорочка антропометричной формы, как правило, демонстрируют больше дефектов посадки из-за самого малого объема воздуха между тканью и фигурой. Когда оба цифровых двойника несовместимы с позиций морфологии и пропорций VT<sub>к</sub>, можно было наблюдать очевидные дефекты посадки. Таким образом, сорочка антропометричной формы наиболее чувствительна к причинам,

вызывающим плохую посадку под влиянием дефектов конструкции. На рис. 5.4 показан внешний вид антропометричной сорочки e-bespoke на семи субъектах 170/92Y (С<sub>3</sub>, С<sub>8</sub>, С<sub>34</sub>, С<sub>37</sub>, С<sub>56</sub>, С<sub>72</sub>, С<sub>87</sub>).



*a*



*б*



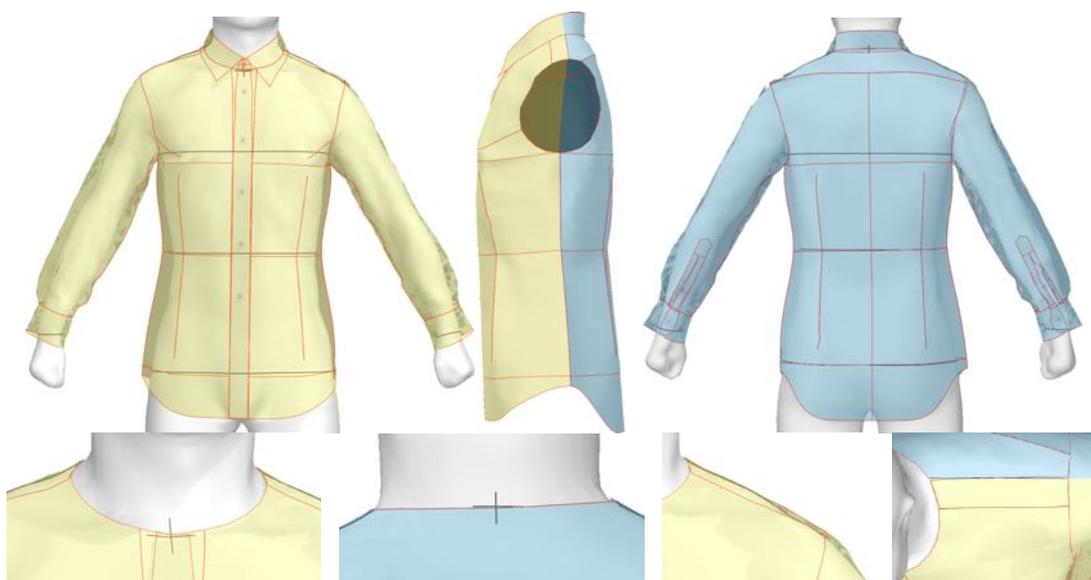
*б*



*в*



*г*



*e*



*и*

Рисунок 5.4 - Цифровые двойники сорочек антропометрической формы на видах спереди, сбоку, сзади, сегменты шеи и плечевого субъектов 170/92У:

*a* - С<sub>3</sub>, *б* - С<sub>8</sub>, *в* - С<sub>34</sub>, *г* - С<sub>37</sub>, *д* - С<sub>56</sub>, *e* - С<sub>72</sub>, *и* - С<sub>87</sub>

Как показано на рис. 5.4, черные линии были основными антропометрическими ориентирами (грудь, талия, бедра, ШТп, ШТб, ШТз, линия плеча) на поверхности VT<sub>с</sub>, а красные линии были основными конструктивными линиями сорочек. Желтые и синие области представляли переднюю и заднюю части соответственно.

Семь сорочек e-bespoke имели хорошую посадку, несмотря на значительно отличающиеся морфологические особенности цифрового

двойника и чертежа конструкции. В целом сегменты стана, плеча и проймы были гладкими; линии груди, талии и бедер располагались горизонтально вблизи естественных антропометрических уровней; боковые швы были вертикальными; линии горловины и плечевые линии точно совпадали с естественными ориентирами.

Конкретно, для фигуры С<sub>56</sub> существовала диагональная складка на боковой стороне в результате чрезмерной задней доли обхвата груди третьего (ОгЗп = 39.1 см, ОгЗз = 52.7 см, Обп = 38.7 см, Обз = 50.4 см). Небольшая выпуклость на полочке для фигуры S<sub>87</sub> была вызвана чрезмерной передней долей (ОгЗп = 41.3 см, ОгЗз = 30.7 см, Обп = 51.9 см, Обз = 42.9 см). Более того, опорная поверхность была искажена из-за вогнутой середины плечевого ската у субъектов С<sub>8</sub>, С<sub>34</sub>, С<sub>37</sub>, С<sub>56</sub>. На основе изображений виртуальных сорочек e-bespoke экспертами были выставлены баллы субъективной оценки (Табл. 5.2).

Таблица 5.2 - Субъективная оценка сорочек e-bespoke антропометричной формы

Субъект	Оценка сегмента сорочки				Общий балл
	Стан	Шея, воротник	Плечевой пояс	Пройма, рукав	
С <sub>3</sub>	5	4	3	4	4
С <sub>8</sub>	4	5	5	5	5
С <sub>34</sub>	5	4	4	4	4
С <sub>37</sub>	4	5	4	5	5
С <sub>56</sub>	4	5	4	4	4
С <sub>72</sub>	4	5	5	4	5
С <sub>87</sub>	4	5	4	4	4

Как показано в табл. 5.2, все сорочки были оценены как имеющие хорошую или отличную посадку с общими баллами в диапазоне от 4 до 5. Для большинства субъектов оценки стана, шеи, плечевого пояса и рукава были равными или превышали 4 балла. В исключительных случаях

плечевой для фигуры С<sub>3</sub> был оценен оценивалось как удовлетворительный из-за незначительной асимметрии левого и правого плеча.

Сравнительный виртуальная примерка сорочек RtW, MtM и e-bespoke была проведена в CLO 3D. Чтобы конкретно проиллюстрировать различия между тремя типами сорочек, в качестве примера был приведен случай субъекта С<sub>72</sub>. На рис. 5.5 показаны виртуальные эффекты примерки сорочек RtW и MtM на С<sub>72</sub>.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 5.5 - Виды спереди, сбоку, сзади и сегменты шеи и плечевого пояса виртуальных сорочек антропометрической форме для субъекта  $C_{72}$ :

*a* - RtW, *б* - MtM, *в* - e-bespoke

Как показано на рис. 5.5, сорочки RtW и MtM имеют худший внешний, чем сорочка e-bespoke. Сорочка RtW продемонстрировала очевидную плохую посадку с деформацией спины и проймы, узкой верхней линией шеи, слишком длинным плечевым швом с большой выпуклостью и

слишком длинными рукавами.

При более индивидуальном применении РПс, MtM сорочка была лучше применима к субъекту, имела более гладкий контур спины и проймы, более свободную линию горловины и более короткие плечевой шов и рукав. Однако некоторые дефекты посадки все еще остались в сорочке MtM: кривой боковой шов, негоризонтальное положение уровней груди, талии и бедер, неправильное расположение ориентиров (ШТп, ШТз, ШТб, ПТ) и небольшая выпуклость над ПТ. Причина заключалась в том, что РПс неспособны охарактеризовать морфологию фигуры. Во-первых, Ош сам по себе не мог хорошо отразить конкретную форму линии шеи и ориентиры. Во - вторых, с помощью Шп невозможно точно определить местонахождение плеча и ПТ. В-третьих, переднезадняя пропорция стана не могла быть сбалансирована только с помощью ОгЗ, От и Об. Хотя Дтп и Дтс1 помогли сбалансировать пропорции вертикальных длин, но оказались неспособными сбалансировать пропорции обхватов.

В соответствии с вышеупомянутыми критериями оценки посадки по пятибалльной рейтинговой шкале, субъективная оценка сорочек RtW и MtM для семи субъектов была выполнена экспертами одновременно. В табл. 5.3 приведены средние баллы субъективной оценки трех типов сорочек.

Таблица 5.3 - Средние баллы субъективных оценок сорочек антропометрической формы RtW, MtM и e-bespoke

сорочка типа	Оценка сегментов сорочки				Общий балл
	Стан	Шея, воротник	Плечевой пояс	Пройма, рукав	
RtW	1.3	1.3	1.1	1.6	1.4
MtM	2.6	1.6	2.1	2.9	2.6
E-bespoke	4.1	4.7	4.1	4.3	4.4

Как показано в табл. 5.3, сорочки RtW, MtM и e-bespoke оценены имеющие худший, удовлетворительный и хороший уровни посадки

соответственно. Сорочки MtM были изготовлены по индивидуальным РПС, но полученная посадка одежды не была удовлетворительной, особенно в стане, горловине и плечевом поясе. В отличие от нее, e-bespoke имела хорошую посадку каждого сегмента благодаря РПн и новому индивидуальному чертежу.

Таким образом, по результатам субъективной оценки трех типов антропометрических сорочек, метод e-bespoke может гарантировать неизменно хорошую посадку для субъектов Y-типа и A-типа, которая превосходит сорочки RtW и MtM.

### **5.3.2. Объективная оценка**

Карта деформаций и измерения скорости Коэффициент трех типов сорочек были использованы в CLO 3D, чтобы показать влияние РПн и чертежа. Коэффициент деформации одежды представлял собой деформацию, вызванную внешним стрессом, и измеряется в процентах. Высокий коэффициент деформации часто наблюдается, когда появляется дефект посадки или недостаточной по величине прибавки. Карта деформации отражает деформацию одежды градиентными цветами: от белого до синего, зеленого, желтого и красного иллюстрирует коэффициент деформации от 100% (без деформации) до 110%.

Изнаночная сторона воротников была скрыта для лучшего наблюдения за линией горловины, а рукава были скрыты по аналогичной причине для наблюдения стана. На рис. 5.6 показаны карты деформаций трех типов сорочек и их сегментация для измерения коэффициента деформации.

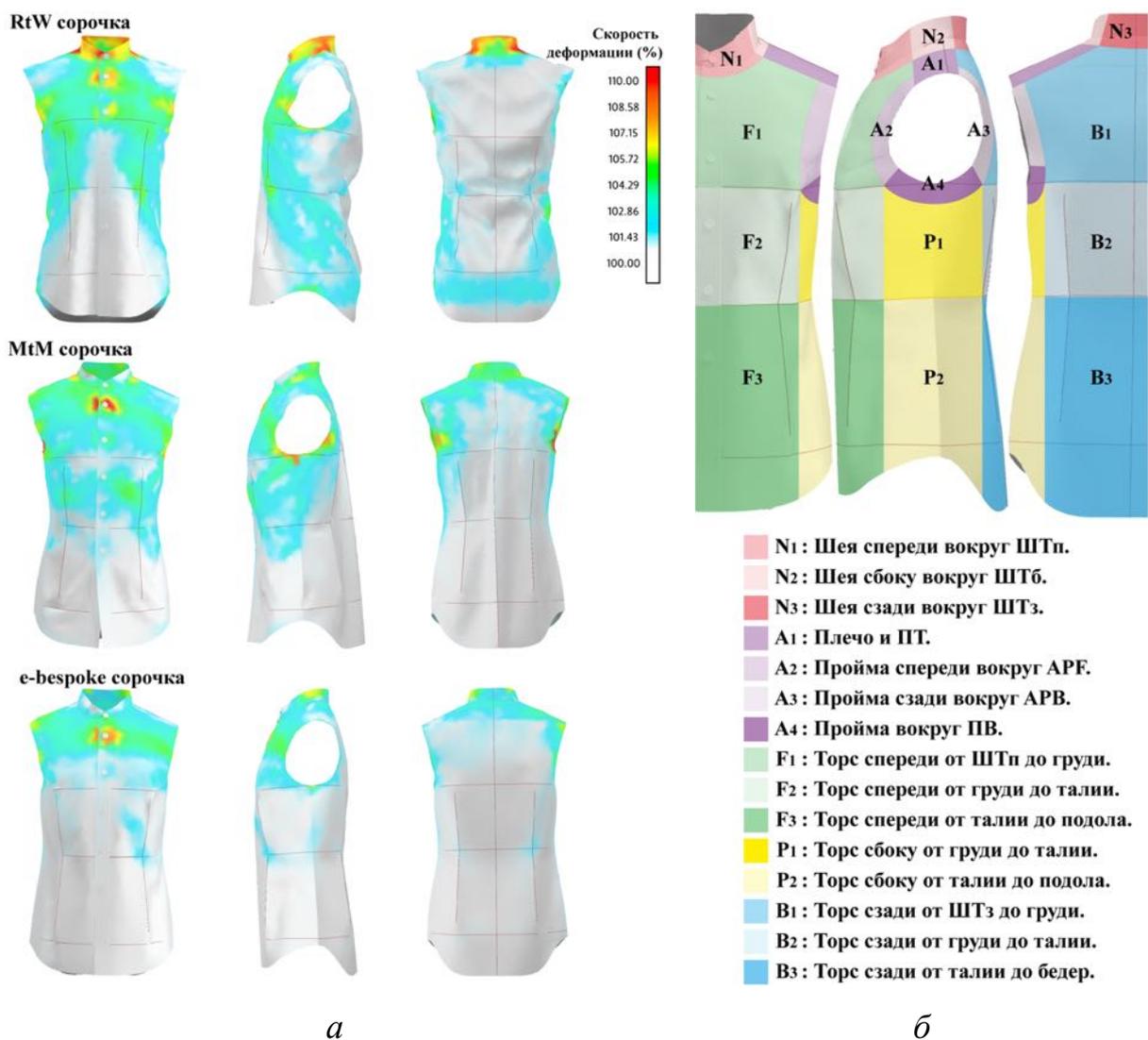


Рисунок 5.6 - Карты деформаций сорочек RtW, MtM и e-bespoke антропометрической форме на субъекте С<sub>72</sub>:  
*а* - карты деформаций,  
*б* - сегменты для измерения коэффициентов деформаций

На рис. 5.6, *а* показаны коэффициенты деформаций различных сегментов трех типов сорочек. Как показано на рис. 5.6, *б*, стан сорочки был разделен на пятнадцать частей (три на шее, четыре на пройме, три на центральной части полочки, два сбоку и три на спинке), чтобы точно продемонстрировать распределение деформаций в различных частях.

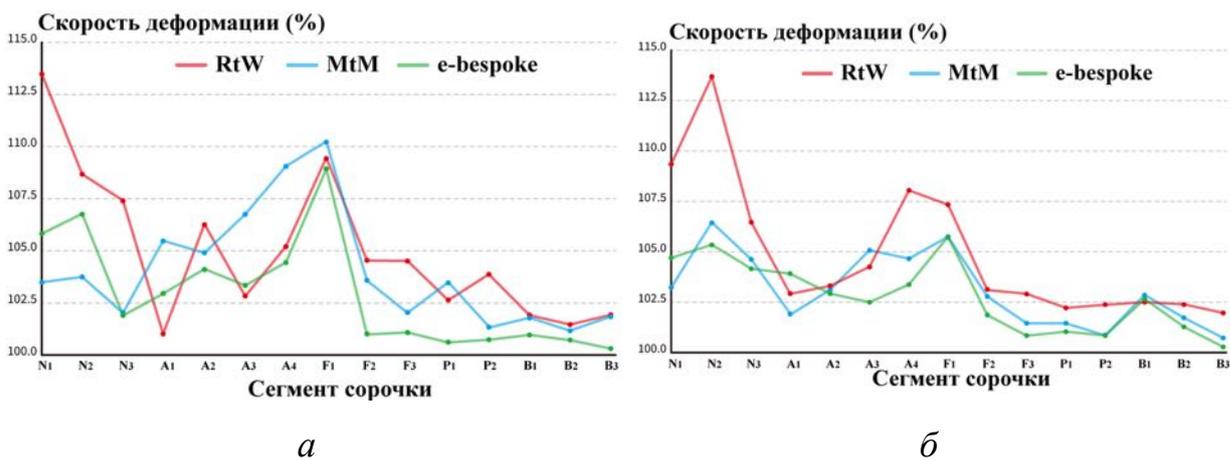


Рисунок 5.7 – Скорость деформации сорочек RtW, MtM и e-bespoke:  
*а* - субъект С7, *б* - средние значения для семи 170/92Y субъектов

Сорочка e-bespoke, как показано, продемонстрировала наименьшую область деформации. Наличие асимметричного шейного отдела, выпуклой груди и выступающего живота привели к относительно более высоким коэффициентам деформации слева, около второй пуговицы на планке и на полочке в области талии соответственно.

Напротив, сорочка MtM показала большую деформацию на полочке и талии, в области лопаток и сзади проймы из-за силы напряжения, создаваемой отрицательными конструктивными прибавками на передней части торса. Более того, передний и боковой сегменты шеи были деформированы меньше всего не из-за принятой линии горловины, а из-за очень свободной ширины горловины, далекой от естественных ШТп и ШТб.

Весь стан сорочки RtW был деформирован от шеи до низа из-за слишком маленькой линии горловины и долей передних обхватов. Причиной меньшей деформации в области ПТ был чрезмерный наклон плечевого пояса и большая ширина плечевого ската (линия плечевого шва и естественное плечевой скат не соприкасаются из-за большой выпуклости согласно рис. 5.5, *а*). Точно так же, чрезмерная длина задней части проймы привела к меньшей деформации в этой области.

Точно так же в CLO 3D были измерены средние показатели

деформации виртуальных сорочек RtW, MtM и e-bespoke антропометричной форме для всех семи субъектов 170/92Y (всего 21 виртуальная сорочка была проанализирована). Как показано на рис. 5.7, б, большинство сегментов сорочки e-bespoke были деформированы меньше всего среди трех типов.

В противном случае самый низкий коэффициент в сорочках MtM был вызван непригодными линиями горловины, располагавшимися выше естественного обхвата шеи у большинства субъектов (рис. 5.5, б). Более низкий коэффициент в сорочках RtW и MtM был вызван чрезмерным наклоном плечевого пояса у большинства субъектов (рис. 5.5, а, б), а самый низкий коэффициент у сорочек RtW был вызван неправильным учетом долей передней и задней частей обхватов (большая деформация имеет место спереди и меньшая сзади).

Таким образом, результаты объективной оценки с помощью карт напряжений подтвердили дефекты посадки, появившиеся на трех типах сорочек, и доказывают справедливость принципа прогнозирования посадки на основе анализа чертежа (разд. 4.2.4). Метод e-bespoke также может обеспечить меньшие деформации на сорочке для субъектов Y-типа и A-типа, чем RtW и MtM.

### **5.3.3. Сорочки e-bespoke в различных формах**

Чертежи сорочки приталенной, обычной и свободной форм проверяли одновременно в CLO 3D. В качестве примера был взят субъект C<sub>72</sub>, а внешний сорочек показан на рис. 5.8.

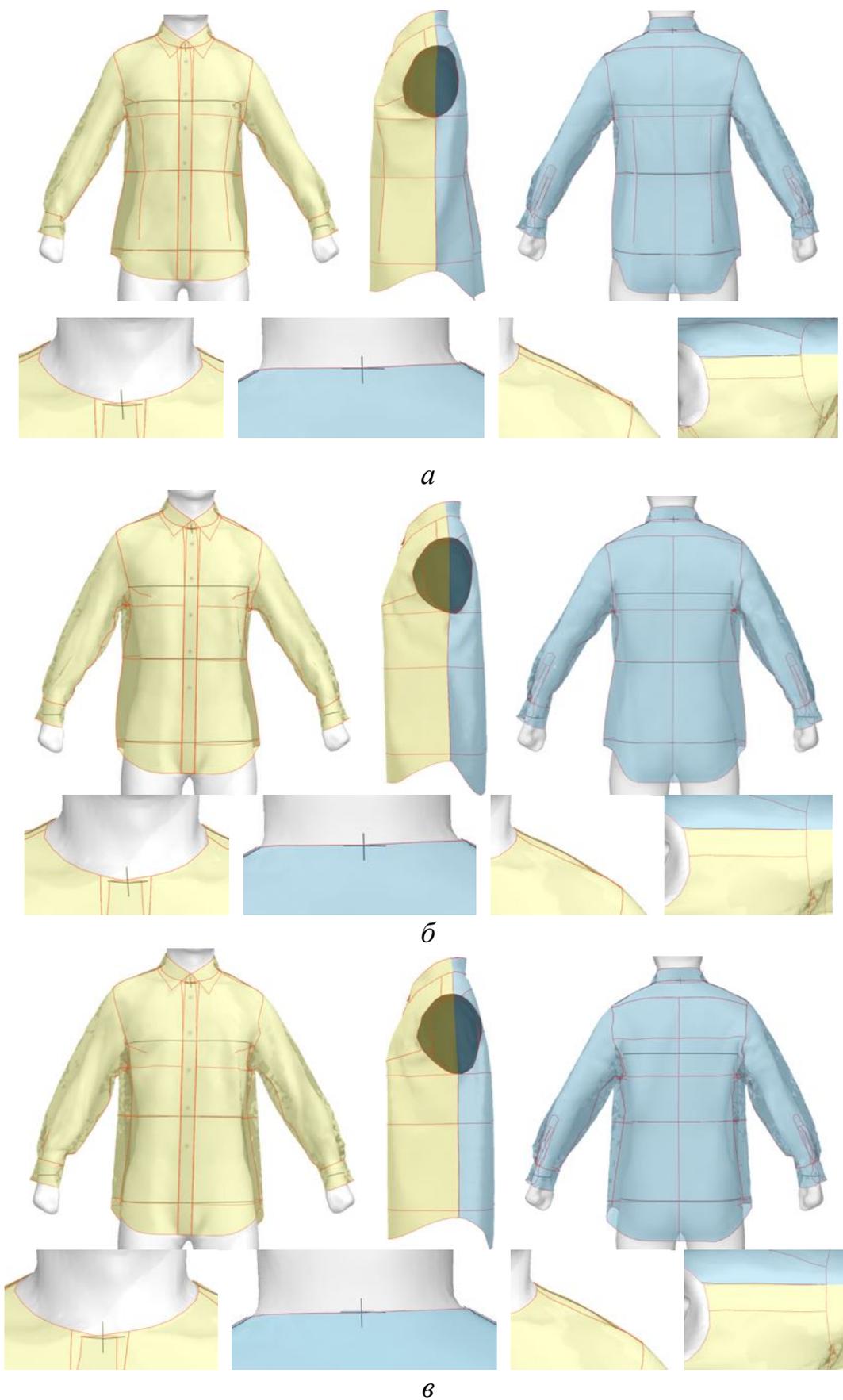


Рисунок 5.8 - Цифровые двойники сорочек e-bespoke для субъекта  $S_{72}$  различных стилей:  
*а* - приталенная, *б* - обычная, *в* - свободная

Как показано на рис. 5.8, каждый тип формы сорочки демонстрировал в целом хорошую посадку. От антропометричной формы к свободной форме уменьшается количество напряженных складок (дефекты посадки), увеличивается количество естественных драпирующих складок, увеличивается объем стана и рукава. Между тем, положение линий горловины и краев манжет было неизменным из-за постоянства конструктивных параметров чертежей. В некоторых случаях стан не был вертикальным из-за слегка наклоненного торса. Сорочки обычных и больших форм с большими объемами стана и рукавов имели слегка деформированные проймы. Таким образом, метод e-bespoke может быть применен к различным формам от антропометрических до больших с гарантированной посадкой на высоком уровне.

#### **5.3.4. Сорочки e-bespoke из разных тканей**

Пять вышеупомянутых цифровых тканей ЦДм были нанесены на одну и ту же сорочку антропометричной формы для субъекта С<sub>72</sub>. Из-за сходных свойств тканей ЦДм1 и ЦДм2 сорочки демонстрировали сходные внешний вид и посадку. Сорочки из ЦДм3 и ЦДм4 также имели схожий внешний вид. На Рис. 5.9 показаны репрезентативные виды виртуальных сорочек из тканей ЦДм1, ЦДм4 и ЦДм5.

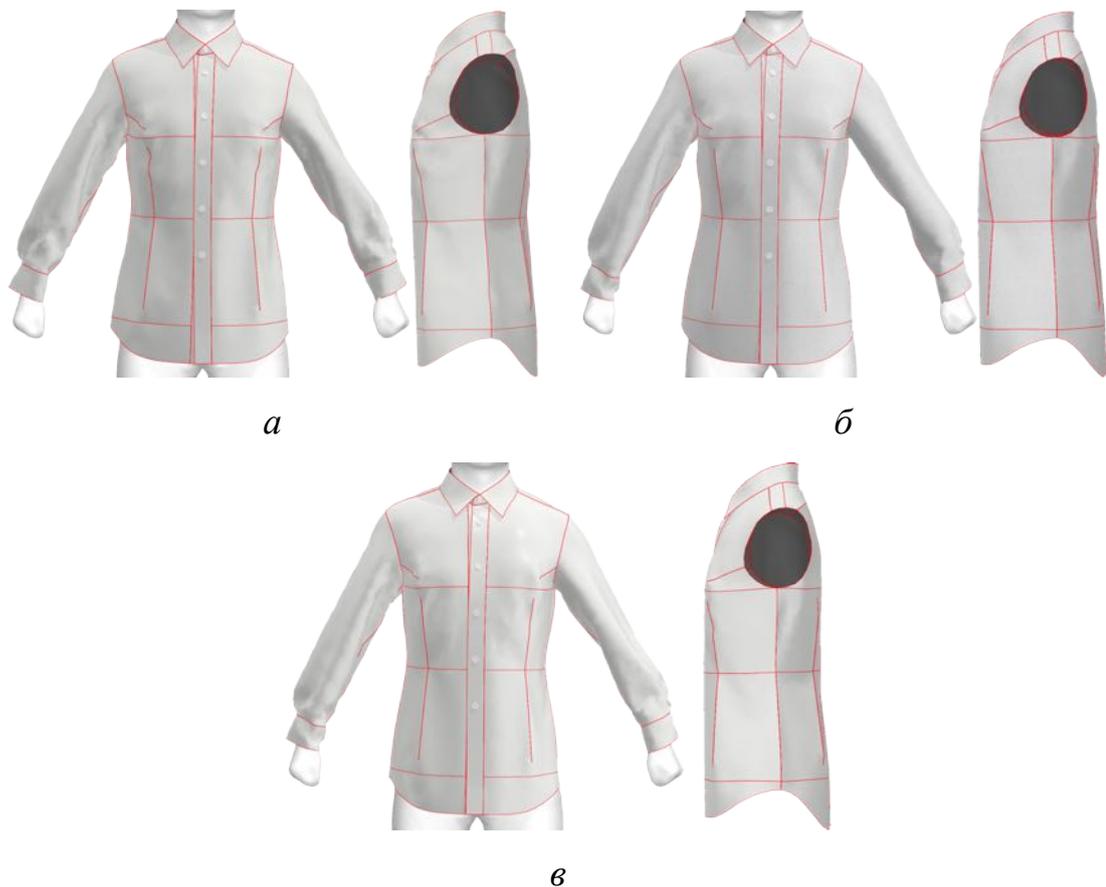


Рисунок 5.9. Внешний вид сорочек для субъекта  $S_{72}$ ,  
изготовленных из различных ЦДм:  
*a* - ЦДм1, *б* - ЦДм4, *в* - ЦДм5

Как показано на рис. 5.9, некоторые незначительные различия были заметны в трех сорочках. Ткань ЦДм1 была неэластичной и мягкой, и некоторые крошечные складки существовали на полочке и спинке сорочки. ЦДм5 отличается высокой эластичностью и низкой жесткостью, а сорочка имела меньше складок и более гладкую поверхность. ЦДм4 обладала высокой жесткостью, и сорочка имела накрахмаленный вид с наименьшим количеством складок. Тем не менее, линии структуры всех трех сорочек хорошо расположены, а пропорции сбалансированы.

Таким образом, метод e-bespoke также может обеспечить аналогичную хорошую посадку для сорочек, изготовленных из разных тканей.

#### 5.4. Практические производственные испытания

Чтобы проверить достоверность и практичность вышеупомянутого метода генерации мужской сорочки e-bespoke, было проведено практическое производственное тестирование в компании Тексел (Москва), которая занимается 3D-сканированием и виртуальной примеркой.

Все практическое тестирование проводили по следующим процедурам:

а) в компании "Тексел" восемь индивидуальных потребителей мужского пола были сканированы. Все сканированные виртуальные клоны были (рис. 5.10) сохранены в виде файлов. obj и загружены Текселем;

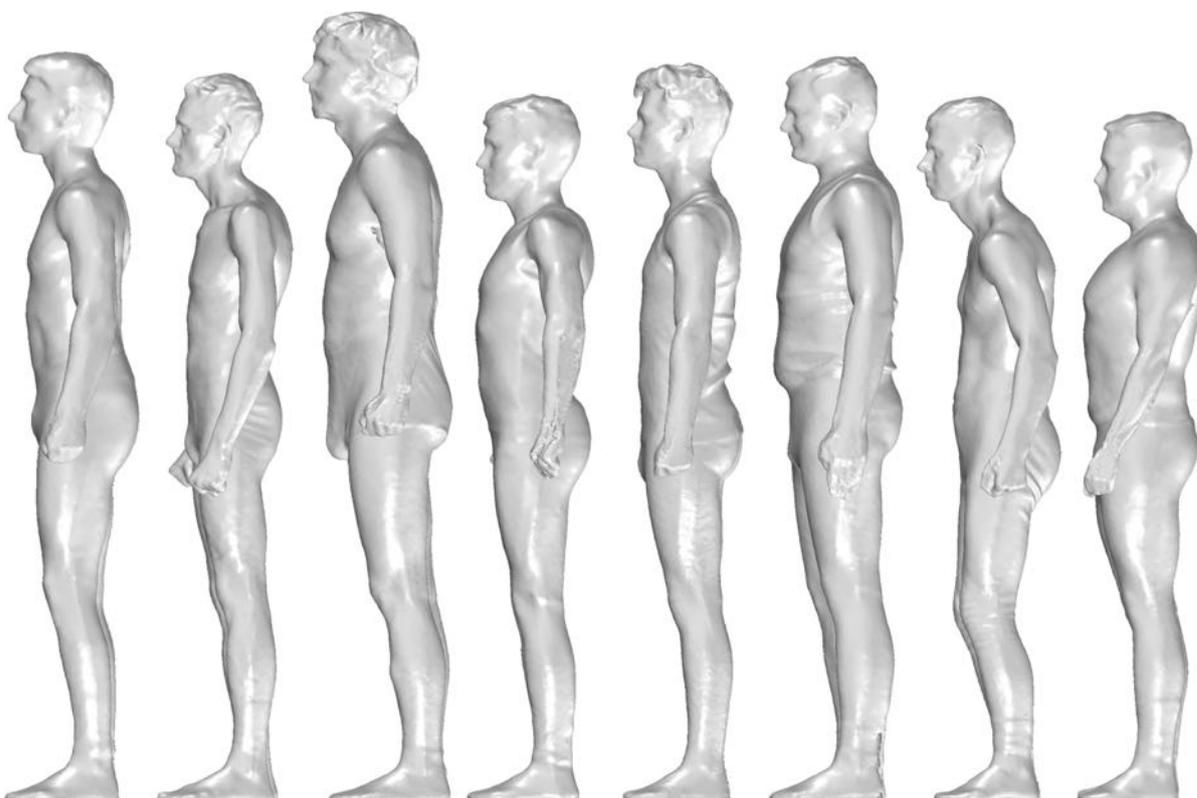


Рисунок 5.10 - Вид сбоку восьми виртуальных клонов из компании Тексел

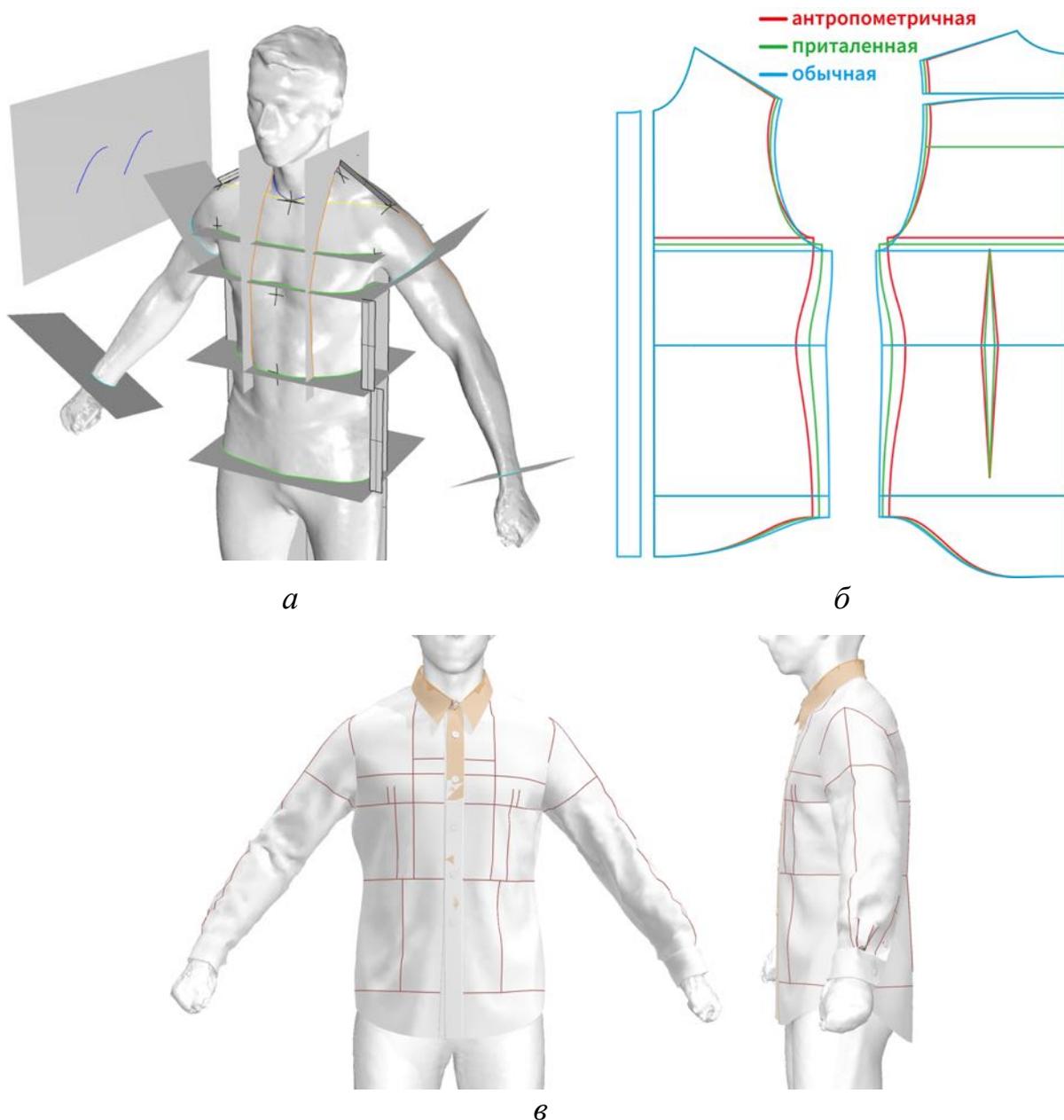
б) в ИВГПУ виртуальные клоны были обработаны в Rhinoceros для маркировки ориентиров и размерных признаков (рис. 5.11, а) и преобразованы в виртуальных двойников в Mixamo;

в) с помощью виртуального двойника и его размерных признаков в

CLO 3D были сгенерированы чертежи e-bespoke (рис. 5.11, б) и виртуальные сорочки в различных формах. Все цифровые чертежи в формате. dxf были переданы Тексел;

г) готовые виртуальные сорочки (рис. 5.11, в) для потребителей генерировались в ИВГПУ, а реальные образцы сорочек (рис. 5.11, з) одновременно производились в Тексел;

д) оценку виртуальных и реальных сорочек проводили с помощью виртуальных изображений, фотографий реальных сорочек и мнений потребителей после примерки.





2

Рисунок 5.11-Процедура практического производственного тестирования Сергея К.:

- а - маркировка ориентиров и размерных признаков на виртуальном клоне,
- б - кастомизированные чертежи стана сорочки различной формы,
- в - готовая виртуальная приталенная сорочка,
- г - сшитый образец реальной приталенной сорочки

Как показано на рис. 5.10, восемь виртуальных клонов имели различные и нетипичные морфологические признаки. Рис. 5.11 показывает процедуру генерации виртуальной и реальной кастомизированной сорочки для одного из потребителей Сергея К. Реальная и виртуальная приталенная сорочка демонстрировали сходные плавные внешние контуры с вертикальным боковым швом, соответствующей длиной стана и рукава и несколькими нежелательными складками. В целом результаты тестирования показали высокую степень удовлетворенности восьми индивидуальных потребителей (Приложение Д).

Таким образом, практическое производственное испытание подтвердило новый метод создания e-bespoke мужской сорочки.

## **Выводы после главы 5**

1. Новый метод генерации e-bespoke мужской сорочки различных форм и выполненных из разных тканей был разработан на основе создания виртуальных двойников мужских фигур и цифровых двойников текстильных материалов.

2. Преимущества и валидность метода e-bespoke были изучены с помощью субъективных и объективных оценок. E-bespoke сорочки обеспечивают посадку на высоком уровне и лучше, чем современные RtW и MtM.

3. Практические производственные испытания показали высокую степень удовлетворенности потребителей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

1. Разработана технология индивидуального виртуального дизайна мужской сорочки e-besrok с помощью интегрированной системы аппаратного и программного обеспечения, позволяющей получать, обрабатывать, передавать и принимать данные о 2D или 3D объектов для генерации виртуальных двойников систем “фигура - сорочка” с прогнозируемым уровнем качества посадки.

2. Создана новая антропометрическая база данных о мужских фигурах на основе совокупности 25 чертежно-ориентированных размерных признаков, измеренных на виртуальных клонах фигур и точно описывающих пространственную форму, расположение и пропорции участков торса, плечевого пояса, шеи и руки. Разработаны геометрические модели различных сегментов фигуры для демонстрации и визуализации функциональности каждого нового размерного признака, а также для исследования механизма применения размерных признаков в кастомизированном чертеже сорочки.

3. Созданы исходные референтные базы данных для валидации дефектов посадки мужских сорочек в соответствии с мнениями потребителей. Влияние конструктивных параметров, показателей свойств текстильного материала и объемно-пространственной формы сорочки подтверждены натурными экспериментами и установленными математическими соотношениями. Разработаны рекомендации в виде пятиуровневых критериев для оценки различных участков мужских сорочек, включающие субъективные элементы (вербальные описания, фотографии готовых сорочек) и объективно-измеряемые индексы (параметры чертежей, размерные признаки), которые могут быть использованы для прогнозирования посадки, проверки качества сшитой

сорочки и установления конструктивных причин дефектов посадки.

4. Разработан алгоритм генерирования индивидуального чертежа сорочки с гарантированным высоким уровнем посадки с использованием баз антропометрических данных, геометрических моделей, конструктивных прибавок и конструктивных параметров для сорочек с различными объемно-пространственными формами.

5. Структура аппаратного и программного обеспечения для виртуального дизайна мужской сорочки e-bespoke была получена путем интеграции различных подходов для передачи информации в цифровом виде, включая сканирование человеческих фигур, обработку и измерение цифрового клона, тестирование текстильных материалов, конструирование чертежа, визуализацию 3D виртуальной системы “фигура - сорочка” и ее объективную и субъективную оценки.

6. Технология индивидуального дизайна мужской сорочки e-bespoke была протестирована на реальных и виртуальных образцах в лабораторном и практическом производстве. Полученные результаты показали ее применимость и высокую удовлетворенность индивидуальных потребителей ввиду правильности разработанных баз данных и целостности структуры программно-аппаратного комплекса.

7. Результаты рекомендуется использовать в следующих аспектах:

- в качестве теоретического содержания антропометрии, дизайна мужской сорочки, кастомизации или квалиметрии;
- в учебном процессе высших и средних учебных заведений при подготовке дизайнеров одежды и инженеров-конструкторов, а также в системе дополнительного профессионального образования;
- в разработке национальной технологической инициативы FashionNet;
- в разработке новых модулей или библиотек для САПР одежды;
- в онлайн-ателье цифрового дизайна кастомизированной одежды.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

1. Предложенные подходы были проверены для мужских фигур нескольких морфологических типов. Для обогащения антропометрической базы данных и совершенствования технологии дизайна сорочки необходимо исследовать мужские фигуры других типов и полнот.

2. Этапы примерки и оценки мужских сорочек были выполнены по обычному сценарию без нижнего белья и в статической позе стоя. В будущем целесообразно расширить число сценариев и поз для более всесторонней разработки и оценки виртуального двойника системы “фигура - сорочка”.

3. Созданные базы данных и модули, генерируемые аппаратно-программным обеспечением, будут обучены и протестированы для создания интегральной модели кастомизации мужской сорочки на основе искусственного интеллекта AI, которая может автоматически анализировать морфологию фигуры, генерировать индивидуальный чертеж и оценивать посадку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gill, S. A review of research and innovation in garment sizing, prototyping and fitting / S. Gill // Textile Progress, 2005, 47(1), pp. 1-85.
2. Bespoke [Электронный ресурс] // URL: [en.wikipedia.org/wiki/Bespoke](http://en.wikipedia.org/wiki/Bespoke) (дата обращения: 30.07.2018).
3. Song, G. Improving comfort in clothing / G. Song // Woodhead Publishing, 2011, - 459p.
4. Pargas, R.P. Automatic measurement extraction for apparel from a three-dimensional body scan / R.P. Pargas, N.J. Staples, J.S. Davis // Optics and Lasers in Engineering, 1997, 28(2), pp. 157-172.
5. Fairhurst, C. Advances in apparel production / C. Fairhurst // Woodhead Publishing, 2008, - 311p.
6. Chinese standard GB/T 22187-2008 / General requirements for establishing anthropometric databases.
7. ISO standard ISO 15535:2006 / General requirements for establishing anthropometric databases.
8. Ashdown, S. Sizing in clothing / S. Ashdown // Woodhead Publishing, 2007, -384p.
9. Anderson, L.J. Understanding fitting preferences of female consumers: Development of an expert system to enhance accurate sizing selection / L.J. Anderson, E.L. Brannon, P.V. Ulrich, A.B. Presley // National Textile Center Annual Report, 2001, 198, pp. 1-10.
10. Brackelsberg, P. Unit method of clothing construction / P. Brackelsberg, R. Marshall // Waveland PressInc, 1990.
11. Ashdown, S.P. A study of automated custom fit: Readiness of the technology for the apparel industry / S.P. Ashdown, L. Dunne // Clothing and Textiles Research Journal, 2006, 24(2), pp. 121-136.
12. Amed, I. The State of Fashion 2018/ I. Amed, A. Berg, S. Kappelmark, S. Hedrich, J. Anderson, M. Drageset, R. Young // The Business of

Fashion and McKinsey & Company, 2017, pp. 44-45.

13. Kang, Y. From tool-driven revolution to decision-making revolution: a path to smart manufacturing transformation / Y. Kang, W. Wang, L. Meng, Y. Zheng, P. Xiao, F. Song, X. Cheng // KPMG and AliResearch Institute, 2019, pp. 1-16.

14. Fenech, C. Made-to-order: The rise of mass personalization / C. Fenech, B. Perkins // The Deloitte consumer review 2015, 11(1), pp. 1-20.

15. China National Garment Association. 2016–2017 China garment industry development report / China National Garment Association // Beijing: China Textile & Apparel Press, 2017, pp. 84–90.

16. Compilation and publishing center of Changshu men's wear index of China. Report on the development of China men's wear industry in 2017 / Compilation and publishing center of Changshu men's wear index of China // Beijing: China Textile & Apparel Press, 2017, pp.173-177.

17. Walters, J. Five profiles that explain China's consumer economy / J. Walters, H. Gao, V. Hui, A. Wang, J. Yang, Z. Lyu // The Boston Consulting Group and AliResearch Institute, 2017, pp. 2-8.

18. China Electronic Commerce Research Center. 2015-2016 China Garment E-Commerce Industry Report / China Electronic Commerce Research Center // China Electronic Commerce Research Center, 2016, pp.12-25.

19. Zhong, R.Y. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review / R.Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, S.T. Newman // Engineering, 2017, 3(5), pp. 616-630.

20. Zheng, P. Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives / P. Zheng, H. Wang, Z. Sang, R.Y. Zhong, Y. Liu, C. Liu, K. Mubarok, S. Yu, X. Xu // Frontiers of Mechanical Engineering, 2018, 13(2), pp. 137-150.

21. Ministry of Industry and Information Technology. Development plan of textile industry (2016 - 2020) / Ministry of Industry and Information Technology // Ministry of Industry and Information Technology of China, 2016,

99. 1-31.

22. Foresight. The future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK Summary Report / Foresight // The Government Office for Science, London, 2013.

23. Kagermann, H. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group / H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger, W. Wahlster // Forschungsunion, 2013, pp. 1-78.

24. Dragevic, Z. Investigating the development of digital patterns for customized apparel / Z. Dragevic, Y. Yang, W. Zhang, C. Shan // International Journal of Clothing Science and Technology, 2007, 19(3/4), pp. 167-177.

25. Thomassey, S. Artificial intelligence for fashion industry in the big data era / S. Thomassey, X. Zeng // Singapore: Springer, 2018, -288p.

26. Walter, L. Transforming clothing production into a demanddriven, knowledge-based, high-tech Industry. Transforming Clothing Production into a Demand-Driven, Knowledge-Based, High-Tech Industry / L. Walter, G.A. Kartsounis, S. Carosio // The Leapfrog Paradigm, Springer, London, 2009, -212p.

27. Lehmann, M. Pulse of the fashion industry / M. Lehmann, S. Tärneberg, T. Tochtermann, C. Chalmer, J. Eder-Hansen, J.F. Seara, S. Boger, C. Hase, V.V. Berlepsch, S. Deichmann // Global Fashion Agenda and The Boston Consulting Group, 2018, pp. 86-96.

28. Wang, Y. Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production / Y. Wang, H.S. Ma, J.H. Yang, K.S. Wang // Advances in Manufacturing, 2017, 5(4), pp. 311-320.

29. Brooks Brothers [Электронный ресурс] // URL: [www.brooksbrothers.com/on/demandware.store/Sites-brooksbrothers-Site/ru\\_RU/Page-FitSizeGuide?guideID=men-dress-shirts&activeTab=fit](http://www.brooksbrothers.com/on/demandware.store/Sites-brooksbrothers-Site/ru_RU/Page-FitSizeGuide?guideID=men-dress-shirts&activeTab=fit) (дата обращения: 09.09.2020).

30. Budd Shirtmakers [Электронный ресурс] // URL:

[www.buddshirts.co.uk/shirts/made-to-measure](http://www.buddshirts.co.uk/shirts/made-to-measure) (дата обращения: 30.07.2019).

31. Bivolino.com [Электронный ресурс] // URL: [www.bivolino.com/en/made-to-measure-shirts](http://www.bivolino.com/en/made-to-measure-shirts) (дата обращения: 30.07.2019).

32. Uniqlo Co. Ltd. [Электронный ресурс] //URL: [www.uniqlo.com/us/en/page/customizedforyou-easycasha-shirts-fit.html](http://www.uniqlo.com/us/en/page/customizedforyou-easycasha-shirts-fit.html) (дата обращения: 30.07.2019).

33. Spier & Mackay [Электронный ресурс] // URL: [www.spierandmackay.com/design-your-customshirt.html](http://www.spierandmackay.com/design-your-customshirt.html) (дата обращения: 30.07.2019).

34. Proper Cloth [Электронный ресурс] // URL: [propercloth.com/sizes/measure-body](http://propercloth.com/sizes/measure-body) (дата обращения: 30.07.2019).

35. iTailor [Электронный ресурс] // URL: [www.itailor.com/designshirts/](http://www.itailor.com/designshirts/) (дата обращения: 30.07.2019).

36. Tailor Store Sweden [Электронный ресурс] // URL: [www.tailorstore.com/mens-body-measurements](http://www.tailorstore.com/mens-body-measurements) (дата обращения: 30.07.2019).

37. MatchU Tailor [Электронный ресурс] // URL: [www.matchutailor.com/collections/matchu-dressshirts/products/indigo-triangle-houndstooth-cotton](http://www.matchutailor.com/collections/matchu-dressshirts/products/indigo-triangle-houndstooth-cotton) (дата обращения: 30.07.2019).

38. Indochino [Электронный ресурс] // URL: [www.indochino.com/measurements](http://www.indochino.com/measurements) (дата обращения: 30.07.2019).

39. Ross, F. Refashioning London's bespoke and demi-bespoke tailors: new textiles, technology and design in contemporary menswear / F. Ross // *Journal of the Textile Institute*, 2007, 98(3), pp. 281-288.

40. Li, P. A model of an e-customized co-design system on garment design / P. Li, J.H. Chen // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018, 30(5), pp. 628-640.

41. Elbrecht, P. Information Processing for Mass-Customized Clothing Production / P. Elbrecht, K.J. Palm // 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC), Laguna Hills, CA, USA, 4-6 Feb. 2016, pp. 362-365.

42. Lee, W. Heuristic misfit reduction: A programmable approach for 3D garment fit customization / W. Lee, H.S. Ko // *Computers & Graphics*, 2018, 71, pp. 1-13.
43. Wang, C.C. Design automation for customized apparel products / C.C. Wang, Y. Wang, M.M. Yuen // *Computer-aided design*, 2005, 37(7), pp. 675-691.
44. Tailor-i [Электронный ресурс] // URL: [api.textronic.online/demo/custom.html?p=Men-Shirt](http://api.textronic.online/demo/custom.html?p=Men-Shirt) (дата обращения: 09.05.2018).
45. Meerl. [Электронный ресурс] // URL: [www.meerl.com/solutions/made-to-measure](http://www.meerl.com/solutions/made-to-measure) (дата обращения: 09.05.2018).
46. Dong, Z. A web-based 3D virtual display framework for warp-knitted seamless garment design / Z. Dong, G. Jiang, G. Huang, H. Cong // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018, 30(3), pp. 332-346.
47. Kuzmichev, V.E. Virtual design of knitted compression garments based on bodyscanning technology and the three-dimensional-to-two-dimensional approach / V.E. Kuzmichev, I.V. Tislenko, D.C. Adolphe // *Textile Research Journal*, 2019, 89(12), pp. 2456-2475.
48. Chan, A.P. Prediction of men's shirt pattern based on 3D body measurements / A.P. Chan, J. Fan, W.M. Yu // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2005, 17(2), pp. 100-108.
49. Liu, K. Parametric design of garment pattern based on body dimensions / K. Liu, C. Zhu, X. Tao, P. Bruniaux, X. Zeng // *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2019, 72, pp. 212-221.
50. Gu, B. Individualizing women's suit patterns using body measurements from two-dimensional images / B. Gu, G. Liu, B. Xu // *Textile Research Journal*, 2017, 87(6), pp. 669-681.
51. Liu, K. Construction of a prediction model for body dimensions used in garment pattern making based on anthropometric data learning / K. Liu, J.

Wang, E. Kamalha, X. Zeng // The Journal of The Textile Institute, 2017, 108(12), pp. 2107-2114.

52. Kim, K. Individualized male dress shirt adjustments using a novel method for measuring shoulder shape / K. Kim, N. Innami, M. Takatera, M. Kanazawa, Y. Kitazawa // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29(2), pp. 215-225.

53. Morphology (biology) [Электронный ресурс] // URL: [en.wikipedia.org/wiki/Morphology\\_\(biology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Morphology_(biology)) (дата обращения: 09.05.2020).

54. Anthropometry [Электронный ресурс] // URL: [biologydictionary.net/anthropometry/](https://biologydictionary.net/anthropometry/) (дата обращения: 09.05.2020).

55. Zakaria, N. Anthropometry, apparel sizing and design / N. Zakaria, D. Gupta // Cambridge, Woodhead Publishing, 2019, - 413p.

56. Faust, M.E. Designing apparel for consumers: The impact of body shape and size / M.E. Faust, S. Carrier // Cambridge, Woodhead Publishing, 2014, - 322p.

57. August, B. The complete Bonnie August dress thin system: 642+ ways to correct figure with clothes / B. August // New York, Rawson, Wade Publishers, 1981.

58. Simmons, K.P. Body shape analysis using three-dimensional body scanning technology / K.P. Simmons // Unpublished doctoral dissertation, Raleigh, North Carolina State University, 2003, - 196p.

59. Connel, L.J. Body shape assessment scale: Instrument development for analyzing female figures / L.J. Connell, P.V. Ulrich, E.L. Brannon, M. Alexander, A.B. Presley // Clothing and Textiles Research Journal, 2006, 24(2), pp. 80–95.

60. Rasband, J.A. Fabulous fit: Speed fitting and alteration / J.A. Rasband, E.G. Liechty // New York, Fairchild, 2006.

61. ISO standard ISO 8559-2:2007(E) / Size designation of clothes - Part 2: Primary and secondary dimension indicators.

62. Japanese standard JIS L4004:2001 / Sizing systems for men's

garments.

63. German standard DIN EN 13402-3 / Size designation of clothes - Part 3: Size labelling based on body measurements and intervals.

64. Chinese standard GB/T 1335.1-2008 / Standard sizing systems for garments - Men.

65. USA standard ASTM D8241/D8241M-19 / Standard Tables of Body Measurements for Young Men Type, Size Range 32-48.

66. USA standard D6240/D6240M-12e1 / Standard Tables of Body Measurements for Mature Men, ages 35 and older, Sizes Thirty-Four to Fifty-Two (34 to 52) Short, Regular, and Tall.

67. USA standard ASTM D8077/D8077M-16 / Standard Tables for Body Measurements for Mature Big Men Type, Size Range 46-64.

68. Yang, X.M. Treatment of special body form pattern sheet in MTM system of men' s shirts / X.M. Yang, J.J. Yan // Journal of Tianjin Institute of Textile Science and Technology, 2005, 2, pp. 19-23.

69. Miyoshi, M. Costumes: Theoretical papers / M. Miyoshi // Beijing: China Textile & Apparel Press, 2006, - 340p.

70. Naglic, M.M. A method for body posture classification of three-dimensional body models in the sagittal plane / M.M. Naglic, S. Petrak // Textile research journal, 2019, 89(2), pp.133-149.

71. ISO standard ISO 7250-1 / Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks.

72. ISO standard ISO 8559-1:2017(E) / Size designation of clothes – Part 1: Anthropometric definitions for body measurements.

73. Winks, J.M. Clothing sizes: international standardization / J.M. Winks / Manchester, Textile Institute, 1997.

74. Jang, S.E. A study on a men's dress shirt pattern by somatotype for mass customization system / S.E. Jang, J.H. Chang // Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 2008, 32(2), pp. 294-306.

75. Han, H. Investigation of chest girth and height variation affecting

other body dimensions for men's upper body clothes pattern grading / H. Han // International Journal of Clothing Science and Technology, 2019, 31, pp. 415-430.

76. Luo, S. A novel method for determining skin deformation of lower limb in cycling / S. Luo, J. Wang, X. Yao, L. Zhang // The Journal of The Textile Institute, 2017, 108(9), pp. 1600-1608.

77. Simmons, K.P. Body measurement techniques / K.P. Simmons, C.L. Istook // Journal of Fashion Marketing and Management, 2003, 7(3), pp. 306-332.

78. Vitronic 3D body scanner [Электронный ресурс] // URL: [www.vitronic.com/industrial-and-logistics-automation/sectors/3d-body-scanner.html](http://www.vitronic.com/industrial-and-logistics-automation/sectors/3d-body-scanner.html) (дата обращения: 19.09.2020).

79. [TC]<sup>2</sup> 3D body scanner [Электронный ресурс] // URL: [www.tc2.com/tc2-19m-3d-body-scanner.html](http://www.tc2.com/tc2-19m-3d-body-scanner.html) (дата обращения: 19.09.2020).

80. FIT3D 3D body scanner [Электронный ресурс] // URL: [fit3d.com/product](http://fit3d.com/product) (дата обращения: 19.09.2020).

81. TechMed3D BodyScan Scanner [Электронный ресурс] // URL: [techmed3d.com/products/bodyscan-scanner/](http://techmed3d.com/products/bodyscan-scanner/) (дата обращения: 19.09.2020).

82. SizeStream SS20 Classic 3D body scanner [Электронный ресурс] // URL: [sizestream.com/ss20-classic/](http://sizestream.com/ss20-classic/) (дата обращения: 19.09.2020).

83. Avalution body scanning [Электронный ресурс] // URL: [www.avalution.net/en/solutions/body-scanning/index.html](http://www.avalution.net/en/solutions/body-scanning/index.html) (дата обращения: 19.09.2020).

84. SizeUSA [Электронный ресурс] // URL: [www.sizeusa.com](http://www.sizeusa.com) (дата обращения: 19.09.2020).

85. SizeKorea [Электронный ресурс] // URL: [sizekorea.kr](http://sizekorea.kr) (дата обращения: 19.09.2020).

86. Pei, J. Female breast shape categorization based on analysis of CAESAR 3D body scan data / J. Pei, H. Park, S.P. Ashdown // Textile Research Journal, 2019, 89(4), pp. 590-611.

87. Šajatović, B.B. Analysis of body proportions of Croatian basketball players and the untrained population and their influence on garment fit / B.B. Šajatović, S. Petrak, M.M. Naglić // Textile research journal, 2019, 89(23-24), pp. 5238-5251.
88. Scott, E. Novel Methods to Drive Pattern Engineering Through and For Enhanced Use of 3D Technologies / E. Scott, S. Gill, C. McDonald // Proceedings of 3DBODY.TECH 2019 Lugano, Switzerland, 22-23 Oct. 2019, pp. 211-221.
89. Cheng, Z. Research on the male lower torso for improving underwear design / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Textile Research Journal, 2019, 89(9), pp. 1623-1641.
90. Wang, S. Finite element modelling of Chinese male office workers' necks using 3D body measurements / S. Wang, Y. Xu, H. Wang // The Journal of The Textile Institute, 2017, 108(5), pp. 766-775.
91. ISO standard ISO 18825-1 / Clothing – Digital fittings – Part 1: Vocabulary and terminology used for the virtual human body.
92. Vuruskan, A. Modeling of half-scale human bodies in active body positions for apparel design and testing / A. Vuruskan, S.P. Ashdown // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29(6), pp. 807-821.
93. Kuzmichev V.E. Real and virtual shaping of skirts / V.E. Kuzmichev, M.T. Yan, J.Q. Yan, Q.Z. Yan, Y.Y. Zhou // Proc. Of 16th World Textile Conference AUTEX 2016, Ljubljana, Slovenia, 8-10 Jun. 2016, pp. 138.
94. Guo, M. Human-friendly design of virtual system “female body-dress” / M. Guo, V.E. Kuzmichev, D.C. Adolphe // Autex Research Journal, 2015, 15(1), pp. 19-29.
95. Gu, B. Predicting distance ease distributions on crotch curves of customized female pants / B. Gu, W. Lin, J. Su, B. Xu // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29(a), pp. 47-59.
96. Hong, Y. Visual-simulation-based personalized garment block design

method for physically disabled people with scoliosis (PDPS) / Y. Hong, P. Bruniaux, X. Zeng, K. Liu, A. Curteza, Y. Chen // *Autex Research Journal*, 2018, 18(1), pp. 35-45.

97. Hong, Y. Interactive virtual try-on based three-dimensional garment block design for disabled people of scoliosis type / Y. Hong, X. Zeng, P. Bruniaux, K. Liu // *Textile Research Journal*, 2017, 87(10), pp. 1261-1274.

98. Lee, H. Development of 3D patterns for functional outdoor pants based on skin length deformation during movement / H. Lee, K. Hong, Y. Lee // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2017, 29(2), pp. 148-165.

99. Stark, R. Innovations in digital modelling for next generation manufacturing system design / R. Stark, S. Kind, S. Neumeyer // *CIRP Annals*, 2017, 66(1), pp. 169-172.

100. Coffin, D.P. The shirtmaking workbook Pattern, Design, and Construction Resources / D.P. Coffin // *Quarry Books*, 2015, - 176p.

101. Mossakowska-Gaubert, M. Tunics worn in Egypt in Roman and Byzantine times: The Greek vocabulary / M. Mossakowska-Gaubert // *Textile Terminologies from the Orient to the Mediterranean and Europe*, 2017, 1000, pp. 321-345.

102. Zhang, W.B. Chinese Basic Block--Structure Designing Principle and Technical of Donghua Basic Block / W.B. Zhang, W.Y. Zhang // *Journal of Donghua University, Natural Science*, 2002, 28(3), pp. 45-50.

103. Xie, J. The comparative research on Donghua prototype, Japanese culture style new prototype and Russia Mgutd prototype / J. Xie // *Melliand China*, 2014, 3, pp. 71-72, 74-76.

104. Liu, R.P. Pattern making theory & technology / R.P. Liu // *Beijing, China Textile & Apparel Press*, 2005, - 227p.

105. Armstrong, H.J. *Pearson New International Edition - Pattern making for fashion design Fifth Edition* / H.J. Armstrong // *Pearson*, 2014, - 918p.

106. Kershaw, G. Pattern Cutting for Menswear / G. Kershaw // Laurence King Publishing, 2013, - 320p.
107. Aldrich, W. Metric Pattern Cutting for Menswear / W. Aldrich // John Wiley & Sons, 2011, pp. - 173p.
108. Hong, Z.L. Pattern forming research of custom shirt / Z.L. Hong / Master dissertation of Soochow University, China, 2017, - 108p.
109. Duan, J. Research on relational model for pattern of menswear based on digitizing 3D human model / J. Duan / Master dissertation of Xi'an Polytechnic University, China, 2017, - 91p.
110. Zhang, L.L. Parametric flat pattern design for clothing based on matlab / L.L. Zhang, G.P. Zhang // Journal of Textile Research, 2019, 40 (a), pp. 130 - 135.
111. Qi, L. Intelligent pattern forming research on custom men's shirt / L. Qi // Master dissertation of Soochow University, China, 2019, - 92p.
112. Wang, Q.M. Theory and technical research of the menswear basic block base on the character of male build in Zhejiang province- study on male body measurement and the shape of standard manikin / Q.M. Wang, W.B. Zhang // Journal of Donghua University, Natural Science, 2003, 29(6), pp. 31-34.
113. Peng, Z.Y. Optimal design of the side seam of the young man's shirt based on anthropometric measurements / Z.Y. Peng // Master dissertation of Wuhan Textile University, China, 2018, - 62p.
114. Surikova, O.V. Improvment of Clothes Fit for Different Female Bodies / O.V. Surikova, V.E. Kuzmichev, G.I. Surikova // Autex Research Journal, 2017, 17(2), pp. 111-119.
115. Gill, S. Improving garment fit and function through ease quantification / S. Gill // Journal of Fashion Marketing and Management, 2011, 15(2), pp. 228-241.
116. Monobe, A. Effect of the difference between body dimensions and jacket measurements on the appearance of a ready-made tailored jacket / A. Monobe, K. Kim, M. Takatera // International Journal of Clothing Science and

Technology, 2017, 29(5), pp. 627-645.

117. Gill, S. Determination of Functional Ease Allowances Using Anthropometric Measurement for Application in Pattern Construction / S. Gill // Ph.D. dissertation of Manchester Metropolitan University, 2009.

118. Zeng, X. A new method of ease allowance generation for personalization of garment design / X. Zeng, L. Koehl, Y. Chen, M. Happiette, P. Bruniaux, R. Ng, W. Yu // International journal of clothing science and technology, 2008, 20(3), pp. 161-173.

119. Lage, A. Virtual try-on technologies in the clothing industry. Part 1: investigation of distance ease between body and garment / A. Lage, K. Ancutiene // The Journal of The Textile Institute, 2017, 108(10), pp. 1787-1793.

120. Xue, Z. An intelligent method for the evaluation and prediction of fabric formability for men's suits / Z. Xue, X. Zeng, L. Kohel // Textile Research Journal, 2018, 88(4), pp. 438-452.

121. Chen, C.M. Fit evaluation within the made-to-measure process / C.M. Chen // International Journal of Clothing Science and Technology, 2007, 19(2), pp. 131-144.

122. Fujii, C. Effects of combinations of patternmaking methods and dress forms on garment appearance / C. Fujii, M. Takatera, K. Kim // Autex Research Journal, 2017, 17(3), pp. 277-286.

123. Du, H. Clothing Comfort Evaluation Model Based on Adaptive Fuzzy Neural Network / H. Du, R. Wang, D. Deng, Y. Liu // 2012 Fourth International Conference on Digital Home IEEE, Guangzhou, China, 23-25 Nov. 2012, pp. 128-132.

124. Kim, K.O. Effect of bust line position on appearance of upper garment / K.O. Kim, M. Sakaguti, M. Takatera // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 254, p. 172014.

125. Yu, W.M. Assessment of garment fit / W.M. Yu, K.W. Yeung, Y.L. Lam // Proceedings of HKITA and CTES Conference on Hand-in-hand Marching into the 21st Century, 1998, pp. 1125-129.

126. BOĞDAY SAYĞILI, B. Determination of Body-Clothing Pattern Fit Problems In Men's Jacket and Pattern Proposal / B. BOĞDAY SAYĞILI, Ş, ÇİVİTÇİ // Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 2015, 25(3). pp. 270-279
127. Huck, J. Protective overalls: Evaluation of clothing design and fit / J. Huck, O. Maganga, Y. Kim // International journal of clothing science and technology, 1997, 9(1), pp. 45-61.
128. Guo, M.N. Pressure and comfort perception in the system “female body–dress” / M.N. Guo, V.E. Kuzmichev // AUTEX research journal, 2013, 13(3), pp. 71-78.
129. Liu, K. Wearing comfort analysis from aspect of numerical garment pressure using 3D virtual-reality and data mining technology / K. Liu, J. Wang, Y. Hong // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29(2), pp. 166-179.
130. How A Men’s Dress Shirt Should Fit [Электронный ресурс] // URL: [www.realmenrealstyle.com/proper-dress-shirt-fit/](http://www.realmenrealstyle.com/proper-dress-shirt-fit/) (дата обращения: 09.09.2020).
131. Zvereva, J.S. Identification of textile materials properties in “Body-clothes” scanned systems / J.S. Zvereva, V.E. Kuzmichev, D. Adolphe, L. Schacher // 3rd International Conference on 3D Body Scanning *Technologies*, Lugano, Switzerland, October 2012, pp. 335-342.
132. Computer-aided-design [Электронный ресурс] // URL: [en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_design](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design) (дата обращения: 09.09.2020).
133. Wu, H.F. CAD for clothes / H.F. Wu, Y.M. Xing, Z.J. Wang // Hefei, Hefei University of Technology Press, 2010, - 96p.
134. Accumark pattern design software [Электронный ресурс] // URL: [www.gerberttechnology.com/accumark-pattern-design-software/](http://www.gerberttechnology.com/accumark-pattern-design-software/) (дата обращения: 09.09.2020).
135. Assyst. Cad [Электронный ресурс] // URL: [www.assyst.de/en/products/cad/index.html](http://www.assyst.de/en/products/cad/index.html) (дата обращения: 09.09.2020).

136. ET SYSTEM [Электронный ресурс] // URL: [www.etsystem.cn/index.html](http://www.etsystem.cn/index.html) (дата обращения: 09.09.2020).
137. GRAFIS CAD Clothing [Электронный ресурс] // URL: [www.grafis.com/clothing](http://www.grafis.com/clothing) (дата обращения: 09.09.2020).
138. MODARIS AND QUICK ESTIMATE: 3D PATTERNMAKING SOFTWARE [Электронный ресурс] // URL: [www.lectra.com/en/products/modaris-quick-estimate](http://www.lectra.com/en/products/modaris-quick-estimate) (дата обращения: 09.09.2020).
139. PAD CAD [Электронный ресурс] // URL: [www.padsystem.com/en/](http://www.padsystem.com/en/) (дата обращения: 09.09.2020).
140. Richforever CAD/CAM [Электронный ресурс] // URL: [www.richforever.cn](http://www.richforever.cn) (дата обращения: 09.09.2020).
141. TUKAcad [Электронный ресурс] // URL: [tukatech.com/tukacad/](http://tukatech.com/tukacad/) (дата обращения: 09.09.2020).
142. Yin, Y. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0 / Y. Yin, K.E. Stecke, D. Li // International Journal of Production Research, 2018, 56(1-2), pp. 848-861.
143. ASSOL CAD [Электронный ресурс] // URL: [assol.org/en/](http://assol.org/en/) (дата обращения: 09.09.2020).
144. CLO [Электронный ресурс] // URL: [www.clo3d.com](http://www.clo3d.com) (дата обращения: 09.09.2020).
145. Marvelous Designer [Электронный ресурс] // URL: [www.marvelousdesigner.com](http://www.marvelousdesigner.com) (дата обращения: 09.09.2020).
146. OPTITEX [Электронный ресурс] // URL: [optitex.com/products/2d-and-3d-cad-software/](http://optitex.com/products/2d-and-3d-cad-software/) (дата обращения: 09.09.2020).
147. VStitcher [Электронный ресурс] // URL: [browzwear.com/products/v-stitcher/](http://browzwear.com/products/v-stitcher/) (дата обращения: 09.09.2020).
148. Sandra, K. IEEE SA Industry Connections The Measurement of Fabric Properties for Virtual Simulation—A Critical Review / K. Sandra, L. Christiane, G. Hugh // IEEE, 2020, - 42p.

149. Cheng, Z. A digital replica of male compression underwear / Z. Cheng, V. Kuzmichev, D. Adolphe // *Textile Research Journal*, 2020, 90(7-8), pp. 877-895.
150. Kim, M. Comparison and analysis of men's classic-fit and slim-fit shirt patterns-Utilizing the 3D virtual try-on system / M. Kim, M.O. Kim, S. Park // *The Research Journal of the Costume Culture*, 2014, 22(2), pp. 209-224.
151. Kuzmichev, V. Computer reconstruction of 19th century trousers / V. Kuzmichev, A. Moskvina, E. Surzhenko, M. Moskvina // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2017, 29(4), pp. 594-606.
152. Moskvina, A. Digital replicas of historical skirts / A. Moskvina, V. Kuzmichev, M. Moskvina // *The Journal of The Textile Institute*, 2019, 110(12), pp. 1810-1826.
153. Mixamo [Электронный ресурс] // URL: [www.mixamo.com/#/](http://www.mixamo.com/#/) (дата обращения: 09.09.2020).
154. ISO standard ISO 20685:2010(E) / 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases.
155. Charan, J. How to calculate sample size for different study designs in medical research? / J. Charan, T. Biswas // *Indian Journal of Psychological Medicine*, 2013, 35, pp. 121-126.
156. Xiong, N. World classic clothing design and pattern volume 5: men's clothing / N. Xiong // Nanchang, Jiangxi Fine Arts Publishing House, 2007, pp. 121-123.
157. Chen, X. Optimization of human perception on virtual garments by modeling the relation between fabric properties and sensory descriptors using intelligent techniques / X. Chen, X. Zeng, L. Koehl, X. Tao, J. Boulenguez-Phippen // *Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. IPMU 2014. Communications in Computer and Information Science*, 2014, 443, pp. 606-615.
158. Lee, M.J. A study on representation of 3D virtual fabric simulation with drape image analysis II—focus on the comparison between real clothing

and 3D virtual clothing / M.J. Lee, H.S. Sohn, J.J. Kim // Journal of Fashion Business, 2019, 15, pp. 97-111.

159. Янь, Ц. Сценарные технологии виртуального проектирования: переход от схемы "фигура-чертеж" к "потребитель-одежда" / Ц. Янь, В.Е. Кузьмичев // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с. 142-146.

160. Yan, J.Q. Virtual technology of Made-to-Measure Men Shirt (Виртуальная технология сорочек MtM) / J.Q. Yan, V.E. Kuzmichev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 18th World Textile Conference AUTEX , 2018, 460, pp. 012014.

161. Yan, J.Q. A virtual e-bespoke men's shirt based on new body measurements and method of pattern drafting (Виртуальные кастомизированные мужские сорочки, основанные на новых размерных признаках и методе конструирования) / J.Q. Yan, V.E. Kuzmichev // Textile Research Journal, 2020, 90(19-20), pp. 2223-2244. <https://doi.org/10.1177/0040517520913347>

162. Янь, Ц. Генерирование новой информации о морфологических особенностях мужских фигур после их оцифровывания / Ц. Янь, Ц. Пэн, В.Е. Кузьмичев // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с. 138-141.

163. Yan, J.Q. New data base for improving virtual system "body-dress" (Новая база данных для совершенствования виртуальных систем "фигура-платье") / J.Q. Yan, V.E. Kuzmichev, S.C. Zhang, D.C. Adolphe // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 17th World Textile Conference AUTEX, 2017, 254, pp. 172029. doi:10.1088/1757-899X/254/17/172029

164. Yan, J. Virtual design of system "body-dress" improving with scanning technologies (Виртуальное проектирование систем "фигура-платье", улучшаемое за счет технологий сканирования) / J. Yan, S. Zhang, V.E. Kuzmichev // Book of abstracts 7th International conference on 3D

Body scanning technologies. Lugano, Switzerland, 30 Nov. - 1 Dec. 2016, pp. 132-138. <http://dx.doi.org/10.15221/16.132>

165. Янь, Ц. Инструменты для формообразования одежды свободной формы в виртуальном проектировании / Ц. Янь, В.Е. Кузьмичев // Информационная среда вуза: материалы XXII международной науч.-техн. конф. 23-25 ноября 2016. ИВГПУ, Иваново, с. 192-195.

166. Янь, Ц. Разработка критериев посадки сорочек на виртуальных двойниках / Ц. Янь, В.Е. Кузьмичев // Молодые ученые -развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК 2019): сб. материалов межвуз. науч.-техн. аспирантов и студентов (с межд. участием). Ч.1. -Иваново: ИВГПУ, 2019, с. 181-184.

167. Yan, J.Q. Hierarchical fit criteria of made-to-measure men shirt with virtual technology (Иерархия критериев посадки MtM мужских сорочек с помощью виртуальных технологий) / J.Q. Yan, V.E. Kuzmichev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference AITAE, 2019, 459, pp. 012086. doi:10.1088/1757-899X/459/1/012086

168. Янь, Ц. Совершенствование технологии кастомизированного проектирования мужских сорочек (A development of men's e-bespoke shirt) / Ц. Янь, В.Е. Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2020. (в печати)

169. Янь, Ц. Проверка адекватности сканатаров и их аватаров, генерируемых в CLO 3D / Ц. Янь, В.Е. Кузьмичев // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2020): сб.материалов Национальной молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2020, с. 771-774.

170. Yan, J.Q. Fit evaluation for virtual men's shirt (Оценка посадки виртуальной мужской сорочки) / J.Q. Yan, V.E. Kuzmichev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2020, 2020.

171. Кузьмичев, В.Е. Цифровое дизайн-проектирование и оценка виртуальной одежды: перспективы развития после Fhub Congress Ivanovo I /В.Е. Кузьмичев, Ц. Янь, П. Ся, С. Ван // Международный научно-практический форум SMARTEX. 20-23 октября 2020 года. Иваново, ИВГПУ, с. 56-63.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Конструктивные прибавки в мужских сорочках

Формы и измерение сорочки ИС (полная обхват груди, талии и бедер) 62 мужских сорочек от 17 брендов были измерены или опрошены в физических или интернет-магазинах соответственно. Некоторые сорочки, которые продавались в интернете, не имели всех измерений. В табл. А.А приведены формы и размеры обследованных 62 мужских сорочек.

Таблица А.А - Формы и размеры мужских сорочек

Бренд	№	форма	Размер	Измерение сорочки		
				ширина груди, см	ширина талии, см	ширина бедер, см
O'Stin	1	Slim	175/96A	111	101	109
	2	Shaped	175/96A	111	109	109
	3	Regular	175/96A	122	117	117
H&M	4	Slim fit	170/92A	104	97	103
	5	Regular fit	170/92A	112	108	110
	6	Regular fit	175/100A	120	113	114
Modis	7	Slim fit	48	110	106	110
	8	Regular fit	48	118	112	112
Oodji	9	Extra slim	182/40	104	94	104
	10	Slim	182/40	108	96	108
GJ	11	Slim fit	182/92/39	106	98	104
	12	Regular fit	182/96/40	112	106	110
Fun Day	13	Super slim fit	46	106	92	100
	14	Slim fit	46	110	94	102
	15	Regular fit	46	110	106	106
	16	Neat fit	170/92A	101	97	
	17	Slim fit	170/92A	101	94	
	18	Slim fit	170/92A	101	96	
	19	Straight fit	170/92A	101	97	
	20	Regular fit	170/92A	103	99	
	21	Boxy fit	170/92A	109	108	
	22	Oversize fit	170/92A	111	109	
	23	Oversize fit	170/92A	112	112	
BEANPOLE	24	Standard	175/92A	108	98	
	25	Standard	175/92A	112	107	
	26	Standard	175/92A	110	102	

SANTA BARBARA POLO & RACQUET CLUB	27	Standard	175/92B	114	108	
	28	Standard	175/92B	118	111	
K-BOXING	29	Regular fit	180/96A	109	101	109
	30	Regular fit	180/96A	110.5	105	110
	31	Slim fit	180/96A	109	101	109
	32	Slim fit	180/96A	106	99	107
Urban Revivo	33	Loose	170/92A	116	114	
	34	Loose	170/92A	127	126	
	35	Loose	170/92A	122	117	
	36	Loose	170/92A	114	109	
	37	Regular	170/92A	103.5	97	
	38	Regular	170/92A	112.2	112.2	
C&A	39	Loose fit	170/92A	114		110
	40	Loose fit	170/92A	116		112
	41	Loose fit	170/92A	122		124
	42	Regular fit	170/92A	110		106
	43	Regular fit	170/92A	108	104	106
	44	Regular fit	170/92A	112		112
	45	Regular fit	170/92A	106	102	104
	46	Slim fit	170/92A	104	98	102
Scofield	47	Regular fit	170/92A	98	94	99
	48	Regular fit	170/92A	97	96	101
	49	Regular fit	170/92A	103	98	101
	50	Regular fit	170/92A	105	98	103
	51	Regular fit	170/92A	109	102	105
	52	Regular fit	170/92A	97	91	101
	53	Slim fit	170/92A	101	98	99
	54	Slim fit	170/92A	103	95	99
HugoBoss	55	Slim fit	170/92A	102	96	
	56	Slim fit	170/92A	101	92	
	57	Regular fit	170/92A	108	102	
GAP	58	Regular fit	175/92A	110	104	
	59	Regular fit	175/92A	105	98	
	60	Slim fit	175/92A	106	98	
Uniqlo	61	Regular fit	165/84A	106	98	104
Zara	62	Slim fit	175/92A	106	96	102

Согласно табл. А.А, четыре репрезентативные формы рубашек были заключены следующим образом: антропометричная (body-fit), приталенная

(slim-fit), обычная (regular-fit) и большая (loose-fit).

Прибавки к обхвату груди, талии и бедер были рассчитаны путем вычитания ИС из РП из систем размеров в виде уравнения (А.1 - А.3).

$$\text{ПогЗ} = \text{ИСогЗ} - \text{ОгЗ}, \quad (\text{А.1})$$

$$\text{Пот} = \text{ИСот} - \text{От}, \quad (\text{А.2})$$

$$\text{Поб} = \text{ИСоб} - \text{Об}, \quad (\text{А.3})$$

где: ПогЗ, Пот, Поб - прибавки к обхвату груди, талии и бедер соответственно; ИСогЗ, ИСот, ИСоб - измерения сорочки полный обхват груди, талии и бедер, соответственно; ОгЗ, От и Об - РП обхват груди, обхват талии и обхват бедра от системы размеров, соответственно.

В связи с различными критериями определения формы сорочки от разных брендов, форма сорочки была сначала классифицирована на принадлежавшую группу в соответствии с официально определенной формой. Затем сорочку с необычными увеличениями, отличающимися от других в группе, переклассифицировали в более близкую группу.

Поэтому ПогЗ, Пот, Поб четырех форм были рассчитаны в виде табл. А.Б, А.В, А.Г и А.Д. Округленные средние значения трех прибавок были применены при конструировании чертежа сорочки.

Таблица А.Б – Прибавки в сорочках антропометрической формы

Сорочка №	ПогЗ, см	Пот, см	Поб, см
47	6	12	6
48	5	18	8
52	5	13	8
Округленное среднее значение	5 (5.3)	14 (14.3)	7 (7.3)

Таблица А.В – Прибавки в сорочках приталенной формы

Сорочка №	ПогЗ, см	Пот, см	Поб, см
4	8	12	
9	9	19	
10	9	16	

16	9	18	
17	9	19	
18	10	17	11
19	9	20	6
20	10	18	
32	9	14	
37	12	19	10
46	12	14	
49	11	21	
53	11.5	19	
54	12	20	9
55	11	20	8
56	11	17	6
Округленное среднее значение	10 (10.2)	18 (17.7)	8 (8.3)

Таблица А.Г – Прибавки в сорочках обычной формы

Сорочка №	ПогЗ, см	Пот, см	Поб, см
1	15	19	12
2	15	27	12
5	20	30	17
6	20	27	14
7	14	22	
11	14	22	
12	16	24	
13	14	12	5
14	18	14	7
15	18	26	11
21	17	30	
22	19	31	
23	20	34	
24	16	20	
25	20	29	
26	18	24	
29	13	19	13
30	14.5	23	14
31	13	19	13
42	18		13
43	16	26	13
44	20		19
45	14	24	11
50	13	20	10

51	17	24	12
57	16	24	
58	18	26	
59	13	20	
60	14	20	
62	14	18	9
Округленное среднее значение	16 (16.3)	23 (23.4)	12 (12.1)

Таблица А.Д – Прибавки в сорочках свободной формы

Сорочка №	ПогЗ, см	Пот, см	Поб, см
3	26	35	20
8	22	28	
27	22	26	
28	26	29	
33	24	36	
34	35	48	
35	30	39	
36	22	31	
38	20.2	34.2	
39	22		17
40	24		19
41	30		31
61	22	28	15
Округленное среднее значение	25 (25)	33 (33.4)	20 (20.4)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Размерные признаки мужских фигур

Размерные признаки 95 субъектов мужской фигуры Y-типа показаны в табл. Б.А, Б.Б.

Таблице Б.А – Измерения торса субъектов Y-типа

№	Вст, см	Вт, см	Вб, см	Дпл, см	Дтс1, см	Шг, см	Шс, см	Ог3л, см	Ог3з, см	Отп, см	Отз, см	Обп, см	Обз, см
1	126.3	106.7	84.6	20.0	20.1	44.4	36.4	48.9	44.6	46.7	27.1	51.5	40.5
3	125.5	108.2	88.4	20.8	22.2	37.6	39.8	41.7	50.2	35.8	36.2	46.6	47.3
4	122.4	102.8	81.7	19.0	18.4	37.3	33.0	47.6	37.4	41.8	21.0	54.9	31.7
6	125.0	106.2	85.3	20.8	21.3	45.1	37.0	50.8	47.6	49.6	29.9	53.0	47.4
7	126.0	105.6	82.7	21.0	22.2	41.2	41.1	44.3	53.2	36.4	38.3	47.9	49.8
8	122.3	103.0	79.9	20.2	20.6	39.9	35.7	46.0	45.7	40.9	31.1	51.5	43.3
9	140.4	118.9	94.8	21.4	22.3	41.1	40.4	46.7	49.6	39.9	33.1	55.3	40.0
10	141.8	121.9	99.4	21.3	22.4	41.6	42.3	43.7	57.4	34.6	42.8	38.6	52.0
11	146.5	125.9	100.8	21.1	22.0	45.9	37.7	52.9	46.8	45.3	30.6	59.7	37.8
12	138.7	119.2	94.9	20.7	23.0	35.7	44.6	40.8	58.0	23.8	48.2	39.5	56.2
13	143.9	123.0	100.1	22.0	22.5	48.7	39.4	53.3	49.4	46.7	27.8	59.5	36.5
14	139.2	117.9	94.0	21.2	21.3	40.4	36.2	49.9	42.4	47.2	27.0	58.0	39.3
15	143.0	120.8	95.4	21.3	21.2	38.7	38.5	49.3	48.3	41.8	32.2	58.7	38.2
16	139.3	118.6	94.3	20.6	20.5	45.2	44.8	52.2	54.0	41.8	32.6	48.3	47.7
17	136.4	117.2	93.9	21.8	23.4	43.3	44.9	47.5	58.3	36.6	39.7	46.7	45.7
18	139.3	120.0	97.6	22.1	22.5	42.1	41.5	46.7	52.2	38.7	38.4	45.1	48.5
19	137.7	119.8	98.2	20.6	20.9	42.3	42.6	45.8	55.9	38.9	36.9	43.8	46.0
20	143.8	121.7	99.3	21.5	21.6	40.2	40.4	48.9	46.3	44.5	27.7	51.9	41.3
21	142.9	121.5	98.8	21.9	22.4	45.3	39.4	49.3	49.6	41.5	31.7	48.7	46.5
25	121.2	103.9	83.4	19.8	20.8	42.2	39.5	46.6	48.8	40.1	37.1	45.0	50.1
28	141.4	118.0	93.9	20.9	19.7	41.2	35.0	48.2	39.3	47.0	20.3	56.6	38.9
29	126.7	108.9	87.4	20.7	22.0	39.9	36.1	47.1	45.9	40.1	31.8	47.8	44.3
34	122.8	104.0	82.1	19.6	20.5	38.7	38.7	42.8	49.5	37.8	36.0	44.8	47.0
37	122.2	104.0	83.2	19.7	19.3	42.2	34.9	51.4	41.4	43.8	27.8	49.9	43.1
38	115.4	100.0	82.0	20.3	21.9	40.3	38.3	46.2	48.8	38.4	38.8	43.0	49.8
45	123.4	106.3	85.1	19.4	19.9	40.3	34.3	46.6	43.2	43.7	29.0	51.8	40.1
47	125.8	106.0	84.3	19.0	17.9	46.5	32.3	54.1	39.9	46.8	27.2	51.5	40.7
49	121.8	102.8	80.1	19.9	19.4	43.0	36.7	49.3	44.8	44.7	29.1	48.8	40.7
53	127.5	110.6	90.9	21.0	21.6	39.2	40.3	46.2	49.9	42.6	35.2	48.1	42.2
54	135.7	115.3	90.4	20.2	20.2	42.2	38.0	48.2	48.2	42.2	34.2	50.8	47.2
56	120.5	102.0	79.6	18.9	21.1	36.9	39.9	39.1	52.7	30.8	39.6	38.7	50.4

58	130.6	111.2	87.3	21.3	21.5	40.4	36.4	47.9	43.6	41.8	27.3	48.8	40.5
59	131.7	111.9	87.6	23.1	23.7	45.5	41.2	57.6	51.5	51.2	39.4	55.4	55.8
60	122.4	103.2	81.7	20.7	20.9	40.5	32.9	45.8	43.2	38.6	31.5	45.1	44.1
61	128.5	111.0	89.1	20.5	22.7	41.1	40.1	51.9	51.0	43.8	41.3	50.8	52.4
63	111.6	94.9	75.7	19.1	19.7	39.6	33.7	44.6	41.8	38.3	29.0	41.8	42.4
67	120.3	100.3	78.4	19.1	20.4	39.2	35.0	44.2	45.1	35.2	33.7	43.2	42.9
68	125.9	105.3	86.2	20.0	18.6	43.0	30.4	49.0	37.2	45.7	18.9	45.4	37.5
72	123.4	105.0	83.0	21.4	20.2	44.0	32.7	53.2	40.7	45.2	28.2	49.9	41.5
76	127.1	109.8	87.3	19.7	19.4	46.6	35.4	53.2	46.5	46.6	33.0	52.4	45.2
80	127.8	106.8	85.7	19.7	19.6	37.9	38.9	46.6	42.1	40.9	24.3	48.5	39.2
83	123.4	106.2	86.1	19.8	20.3	40.2	37.2	45.3	49.1	39.0	36.6	49.2	44.6
85	122.7	106.2	85.3	19.8	20.1	45.1	37.0	52.2	49.9	50.1	29.4	53.4	47.0
86	124.5	105.6	82.7	20.7	21.9	41.2	41.1	43.9	51.6	36.6	38.1	47.9	48.9
87	122.3	103.0	79.9	20.4	20.7	39.9	35.7	46.3	45.4	41.3	30.7	51.9	42.9
89	118	100.1	79.3	19.5	20.4	34.2	34.3	46.7	45.3	42.8	31.8	47.8	44.8
92	124.1	105.9	84.0	20.0	21.2	41.2	40.1	46.9	48.7	42.0	28.1	50.4	44.4
93	123.6	105.3	83.8	20.7	21.8	41.2	38.3	49.7	48.6	42.9	34.6	52.7	43.7
96	139.6	121.7	100.6	21.2	21.9	45.0	41.7	53.0	53.8	45.9	36.9	47.9	50.2
97	138.9	121.8	101.0	21.5	21.5	48.3	37.9	57.3	45.6	51.5	32.0	51.8	45.2
98	137.8	118.7	97.1	22.6	21.9	45.2	41.2	55.4	50.8	49.9	35.8	52.7	44.4
101	137.0	116.8	95.0	21.0	21.1	40.7	38.3	46.3	49.5	41.7	32.2	50.8	41.2
102	135.8	117.4	96.6	23.2	21.5	43.9	44.2	48.6	53.9	43.0	34.4	50.5	43.9
103	137.3	116.2	93.7	21.4	20.4	39.3	38.3	49.6	49.4	39.6	33.9	44.7	47.5
104	133.4	113.2	91.9	20.9	20.3	41.3	38.2	49.6	47.0	48.1	29.3	55.0	42.5
105	145.2	124.1	100.3	22.0	23.5	38.7	45.1	43.5	58.7	33.3	46.6	40.5	60.6
106	125.8	109.1	88	23.1	20.9	44.9	37.8	54.0	47.8	48.7	35.9	52.2	46.2
109	131.0	112.7	92.1	22.6	22.0	43.3	42.6	56.1	50.2	50.3	36.0	61.5	38.5
110	133.2	113.7	90.7	22.4	21.8	41.5	40.1	53.7	47.3	54.0	23.8	54.7	41.0
111	127.8	106.8	82.1	21.7	21.6	41.5	40.7	48.7	49.5	45.0	27.1	52.0	43.5
112	141.3	121.2	99.6	23.3	20.9	44.3	40.2	51.7	50.0	44.2	37.3	48.4	48.0
113	132.2	113.5	91.7	23.9	22.1	48.8	40.6	58.9	51.3	53.2	36.8	55.5	45.5
116	129.2	111.3	89.8	23.2	22.6	39.8	39.3	50.7	51.2	43.8	36.2	46.6	49.6
117	127.4	109.6	88.5	22.3	22.9	40.2	42.0	50.3	54.1	45.7	32.0	51.1	44.4
118	137.6	117.8	96.7	21.7	20.2	43.7	36.2	52.8	47.1	48.9	31.0	52.8	42.7
119	131.0	112.0	91.5	21.6	21.2	37.2	44.3	46.7	55.3	39.9	37.4	49.6	45.4
120	129.2	110.2	89.2	21.7	20.1	44.5	40.3	54.3	47.5	43.7	29.4	46.4	45.4
121	132.7	111.4	88.1	21.1	20.2	45.6	38.3	52.8	41.7	51.9	19.6	50.3	43.8
122	139.2	117.8	94.4	21.8	19.8	44.9	37.6	54.3	47.3	53.8	23.1	60.5	35.7
123	138.1	116.9	94.2	23.0	21.5	42.0	41.0	52.5	53.2	49.3	31.3	54.7	47.5
124	134.3	114.9	94.5	22.2	22.0	51.3	40.4	58.0	53.5	41.4	33.5	46.6	45.4
125	132.0	111.5	88.9	20.1	20.0	43.8	36.1	51.8	44.1	47.9	27.7	55.8	42.0
126	135.3	115.1	93.9	21.0	19.7	38.0	36.7	44.8	47.9	43.9	28.3	50.7	37.7
127	133.4	113.4	91.1	22.1	21.7	41.2	39.4	51.2	50.0	43.5	34.5	52.2	49.9

129	131.5	115.2	95.6	23.2	22.6	44.9	44.5	61.0	58.3	56.2	42.1	56.1	53.2
130	137.3	117.5	96.8	23.4	20.8	47.0	41.3	56.3	45.9	48.9	25.9	55.6	39.9
131	130.7	111.5	89.5	21.3	21.8	42.7	40.2	51.9	50.1	50.8	31.0	53.6	47.1
132	127.3	108.7	88.9	20.4	21.8	38.6	40.7	46.7	48.7	40.9	31.3	47.6	48.4
136	138.5	118.1	96.9	20.7	21.9	33.9	41.6	43.7	51.2	36.6	32.0	51.6	39.3
139	128.8	107.9	86.6	21.9	21.6	37.9	40.4	49.8	48.3	46.8	28.9	55.7	38.8
140	137.0	114.4	90.4	20.9	23.0	38.2	43.0	48.1	51.0	42.4	33.0	45.2	51.6
141	132.0	113.3	91.6	20.3	21.9	36.4	41.7	46.4	52.3	41.8	34.8	46.6	47.0
143	137.6	117.6	95.3	22.4	22.8	45.0	46.6	55.0	58.7	47.6	38.1	52.9	50.7
144	141.0	118.6	96.2	26.4	25.7	49.9	46.4	61.3	60.3	51.9	40.2	55.0	59.9
145	121.1	105.9	86.8	24.6	24.4	46.0	43.9	64.7	52.4	54.6	39.0	57.9	48.2
146	123.0	105.3	84.1	23.1	22.8	43.5	39.1	58.5	48.6	50.3	37.4	55.9	49.2
147	124.9	106.6	85.8	22.8	19.9	41.8	38.4	52.2	47.7	44.3	31.6	53.6	41.3
148	130.9	112.8	91.0	22.4	21.8	44.9	40.4	57.6	47.3	51.1	35.0	59.8	40.2
149	120.5	103.0	83.8	23.7	21.2	43.7	38.7	63.5	47.3	55.2	32.5	53.0	42.8
150	130.0	111.9	92.0	24.9	23.6	46.1	44.8	62.9	55.7	54.4	37.9	56.3	48.8
151	132.0	113.1	90.4	25.4	23.9	57.3	40.6	69.3	54.6	60.7	37.8	60.3	51.2
152	139.4	117.7	96.1	20.8	21.1	37.7	41.3	49.2	50.4	48.0	27.9	52.5	43.0
153	135.9	114.8	95.0	21.5	18.7	34.8	37.9	47.3	47.1	40.4	31.6	51.2	38.0
154	143.8	122.1	99.6	22.3	20.9	37.9	38.3	47.4	47.4	43.7	31.8	48.0	47.1
155	133.1	111.6	89.0	20.5	21.5	41.2	37.7	50.6	45.4	46.3	27.6	49.4	45.6

Таблице Б.Б – Измерения шеи, плеч и рук субъектов Y-типа

№	Вшп, см	Вштс, см	Вштз, см	дшпоп, см	Рштп, см	Ршб, см	Рштз, см	Ошп, см	Ошз, см	Шп, см	Рлштп, см	Рлштз, см	Ор, см	Ол, см	Озап, см
1	141.3	145.3	145.6	13.7	35.3	28.5	25.3	23.4	16.0	13.2	20.0	20.1	27.4	56.8	15.4
3	140.2	146.7	147.6	12.5	39.5	33.1	29.7	27.5	15.6	15.1	20.8	22.2	29.1	62.3	16.2
4	135.5	140.7	141.5	12.6	34.9	28.1	25.2	24.8	15.5	11.7	19.0	18.4	23.4	58.7	15.7
6	141.0	145.5	146.2	12.6	40.7	33.5	29.4	25.9	15.5	14.3	20.8	21.3	30.2	59.8	16.5
7	139.5	145.1	145.8	13.2	39.4	33.0	28.9	25.0	17.2	14.6	21.0	22.2	29.6	58.1	15.3
8	137.0	142.8	143.5	12.1	37.0	30.8	27.0	24.3	14.8	14.2	20.2	20.6	28.4	60.2	16.6
9	155.4	161.1	161.9	13.0	36.5	30.7	27.8	23.9	15.6	15.2	21.4	22.3	26.4	68.1	16.5
10	156.8	162.5	163.1	13.1	38.8	32.7	28.9	24.3	15.8	15.3	21.3	22.4	30.4	67.2	15.5
11	163.3	168.9	169.3	13.1	37.4	30.3	27.0	26.4	15.0	15.1	21.1	22.0	30.7	69.6	16.9
12	155.0	159.9	160.7	12.7	37.0	30.7	26.9	24.5	16.0	15.3	20.7	23.0	30.9	64.6	16.5
13	156.5	164.4	165.0	12.6	37.1	30.9	27.9	26.1	15.8	15.6	22.0	22.5	30.2	66.6	16.6
14	154.3	161.0	161.7	12.9	40.8	34.0	30.3	26.2	16.1	14.4	21.2	21.3	26.9	68.7	16.8
15	157.6	163.7	164.4	12.7	38.4	31.4	28.3	26.0	15.1	14.2	21.3	21.2	27.1	69.7	17.2
16	153.9	159.1	159.7	12.2	38.7	31.5	28.5	26.6	14.9	13.9	20.6	20.5	29.0	67.3	17.4

17	152.1	157.6	158.5	14.1	37.6	31.0	27.6	25.4	17.0	15.5	21.8	23.4	33.2	66.1	16.7
18	154.3	161.0	161.4	12.3	38.9	32.8	30.1	24.5	14.8	15.8	22.1	22.5	28.7	63.4	15.3
19	152.5	159.4	159.9	13.0	38.1	31.5	28.5	26.8	15.2	13.8	20.6	20.9	28.2	65.3	16.0
20	158.6	164.7	165.1	13.2	41.9	34.9	31.8	26.6	15.1	14.7	21.5	21.6	33.0	66.2	17.1
21	156.5	163.7	165.3	13.8	38.3	32.1	28.9	28.5	17.1	14.5	21.9	22.4	31.5	69.9	16.4
25	135.9	140.7	140.8	14.2	39.4	31.1	27.7	26.9	16.1	13.4	19.8	20.8	29.0	56.7	15.4
28	153.9	160.0	161.0	11.7	35.8	28.9	27.0	25.2	13.4	13.4	20.9	19.7	24.5	65.0	15.9
29	140.9	147.5	148.3	12.5	37.4	30.8	27.3	26.3	15.2	15.0	20.7	22.0	28.6	58.7	15.1
34	137.0	143.2	144.2	12.6	38.2	32.6	29.0	24.8	15.3	13.6	19.6	20.5	27.8	56.3	14.9
37	137.3	141.1	142.2	13.6	39.0	31.2	27.7	26.3	16.6	11.9	19.7	19.3	28.2	54.7	14.8
38	130.5	135.3	135.7	13.3	38.7	31.7	28.2	24.2	15.8	14.6	20.3	21.9	29.6	53.4	15.9
45	139.9	143.8	144.4	12.7	36.5	29.2	26.0	24.2	15.7	13.1	19.4	19.9	30.3	57.3	15.6
47	141.0	146.0	146.2	12.5	37.9	29.9	27.4	25.9	15.1	11.6	19.0	17.9	29.0	55.4	15.5
49	137.3	140.5	141.1	11.7	37.1	29.4	25.9	23.8	14.7	12.8	19.9	19.4	28.8	57.1	15.2
53	141.3	149.0	149.5	13.7	36.9	30.6	27.3	26.5	16.6	14.4	21.0	21.6	28.0	64.3	15.7
54	152.9	156.6	157.0	14.2	41.6	33.4	30.1	25.4	16.9	12.9	20.2	20.2	29.9	65.8	16.6
56	135.9	140.7	141.7	12.7	38.8	32.0	29.0	23.2	16.0	13.7	18.9	21.1	27.1	57.5	15.7
58	146.4	151.0	152.3	12.0	36.9	29.8	26.8	24.0	15.4	14.6	21.3	21.5	26.0	59.7	14.9
59	149.6	153.3	153.9	13.5	41.2	33.6	28.8	25.6	16.9	16.4	23.1	23.7	33.7	62.1	17.3
60	135.9	141.4	142.2	13.2	37.0	29.7	27.3	26.1	15.5	13.8	20.7	20.9	28.3	59.2	15.4
61	146.4	151.1	152.0	13.3	38.5	31.0	26.8	25.7	16.9	14.8	20.5	22.7	31.3	64.2	17.0
63	125.4	129.4	129.9	12.3	38.6	31.6	28.1	22.9	14.9	12.9	19.1	19.7	26.2	50.9	13.2
67	133.0	137.3	137.9	12.7	35.4	28.9	25.4	23.5	15.4	13.1	19.1	20.4	27.6	52.7	14.0
68	137.5	143.1	143.4	11.9	37.8	30.3	28.1	23.6	13.8	12.7	20.0	18.6	28.0	57.5	15.1
72	139.1	144.5	144.7	13.6	38.3	30.3	27.0	25.6	15.0	13.7	21.4	20.2	29.6	55.2	16.4
76	142.4	147.5	147.9	13.1	38.0	31.3	27.5	25.5	15.6	12.5	19.7	19.4	29.2	57.9	16.1
80	139.1	145.3	145.7	12.0	34.8	28.2	25.5	25.4	14.4	13.0	19.7	19.6	24.6	57.7	15.0
83	139.9	145.2	145.5	12.9	39.1	32.0	28.8	24.3	15.3	13.6	19.8	20.3	29.8	57.4	15.9
85	141.0	145.5	146.2	12.6	40.4	33.1	29.4	25.7	15.1	13.3	19.8	20.1	30.9	59.8	16.5
86	139.5	145.0	145.8	13.2	39.2	32.5	28.9	25.5	16.4	14.2	20.7	21.9	29.9	58.1	15.3
87	137.0	142.7	143.5	12.1	37.0	30.1	27.0	24.6	14.5	14.3	20.4	20.7	28.5	60.2	16.6
89	132.2	137.7	138.2	12.8	38.8	31.7	28	24.6	15.7	13.5	19.5	20.4	27.4	53.1	14.0
92	140.2	145.3	145.8	12.4	35.7	28.9	25.5	23.3	15.2	14.3	20.0	21.2	29.9	58.1	15.8
93	138.3	143.1	143.1	13.3	36.9	28.9	25.8	25.8	14.4	14.7	20.7	21.8	31.5	58.4	17.3
96	155.7	162.4	162.8	12.9	38.6	32.2	28.9	26.9	14.9	15.1	21.2	21.9	31.1	66.3	18.1
97	156.4	162.5	163.1	12.2	48.5	40.1	37.9	28.1	13.8	15.0	21.5	21.5	31.3	65.6	18.1
98	152.8	159.4	159.8	12.9	38.6	29.9	28.0	29.1	14.1	15.2	22.6	21.9	32.1	64.6	17.0
101	150.6	158.3	158.8	12.6	38.5	31.3	29.3	28.1	14.8	14.1	21.0	21.1	27.4	65.4	17.4
102	150.7	156.9	156.6	14.9	38.0	30.1	27.8	29.0	15.1	14.2	23.2	21.5	29.7	62.3	18.9
103	149.9	157.2	157.2	12.7	40.3	33.5	31.0	28.1	13.9	14.0	21.4	20.4	31.7	60.0	17.6
104	147.4	153.2	152.7	13.0	36.7	27.9	25.6	28.0	13.7	13.9	20.9	20.3	31.4	57.2	18.4
105	158.9	168.0	168.1	13.6	42.4	35.6	33.3	29.8	14.3	16.2	22.0	23.5	29.8	69.1	19.8
106	141.9	147.8	147.6	12.9	41.8	31.4	29.2	31.2	13.5	15.1	23.1	20.9	32.0	59.7	19.2

109	145.3	152.8	152.7	13.4	39.7	32.3	30.0	27.9	13.9	15.6	22.6	22.0	31.4	61.6	17.8
110	147.8	154.8	154.8	13.4	40.0	32.7	29.6	28.1	15.3	15.4	22.4	21.8	34.1	63.7	17.9
111	141.3	148.2	148.7	12.9	36.2	29.6	27.3	25.9	14.1	15.0	21.7	21.6	31.1	59.5	17.4
112	156.1	163.4	163.5	12.6	41.2	32.9	31.4	30.3	13.3	14.7	23.3	20.9	30.1	69.3	17.9
113	147.8	154.5	154.5	14.3	40.4	31.1	28.2	32.5	15.7	14.9	23.9	22.1	34.1	62.8	19.0
116	143.8	152.0	152.3	14.2	42.3	34.9	32.1	31.3	15.9	15.4	23.2	22.6	34.5	61.8	18.0
117	141.7	149.9	150.1	14.5	39.3	30.9	28.8	30.3	16.1	15.7	22.3	22.9	34.6	59.7	17.6
118	152.1	158.9	158.8	12.7	39.4	30.5	28.7	13.5	29.2	13.9	21.7	20.2	32.4	65.5	17.8
119	143.8	153.2	153.3	11.8	41.1	34.8	32.7	29.0	13.3	15.1	21.6	21.2	28.2	64.7	16.6
120	144.2	149.8	149.8	12.3	38.6	30.9	28.5	27.4	13.4	13.8	21.7	20.1	28.2	59.6	17.2
121	147.4	151.6	151.9	12.3	37.3	29.9	27.5	25.2	14.2	13.9	21.1	20.2	27.6	58.5	17.6
122	153.9	161.1	161.3	12.1	38.1	30.7	28.6	27.3	13.6	13.8	21.8	19.8	30.7	63.3	17.0
123	152.5	161.9	162.1	12.0	42.6	35.8	33.8	29.6	13.6	15.2	23.0	21.5	29.8	64.5	19.5
124	150.7	155.5	155.9	12.8	39.7	31.8	29.3	27.1	14.3	15.5	22.2	22.0	32.3	63.1	18.8
125	147.1	152.3	152.7	12.2	37.9	30.8	27.9	24.9	14.8	13.4	20.1	20.0	26.5	63.2	17.9
126	145.2	154.0	154.5	11.5	38.4	33.0	30.8	26.0	13.2	13.6	21.0	19.7	25.0	65.4	16.5
127	147.8	156.2	156.3	13.9	40.9	34.1	31.5	30.0	14.6	14.9	22.1	21.7	31.4	65.6	17.6
129	147.8	155.7	155.9	13.8	42.3	33.9	30.6	30.8	15.6	15.5	23.2	22.6	41.2	67.9	19.3
130	150.3	159.3	159.5	11.5	39.3	30.7	28.9	30.7	12.8	14.9	23.4	20.8	27.7	66.1	18.1
131	146.0	153.2	153.7	12.7	38.7	31.1	28.5	28.1	14.4	15.1	21.3	21.8	31.4	62.9	19.0
132	139.7	147.2	147.5	12.1	37.5	29.9	27.7	28.2	13.6	15.1	20.4	21.8	29.2	58.1	17.5
136	150.9	158.6	158.7	11.6	37.7	31.6	29.3	26.4	13.4	15.7	20.7	21.9	29.1	63.0	15.2
139	140.5	147.6	147.6	12.7	36.4	28.9	27.3	30.0	14.5	14.9	21.9	21.6	32.8	58.3	17.6
140	150.9	157.6	157.8	13.1	38.7	31.8	29.3	26.7	14.6	16.0	20.9	23.0	29.8	63.2	18.0
141	146.6	154.2	154.7	11.9	39.1	30.9	29.5	28.6	15.0	14.7	20.3	21.9	31.3	62.1	16.7
143	152.4	160.5	160.2	14.2	40.7	31.8	29.6	33.0	15.4	15.6	22.4	22.8	34.3	64.3	19.0
144	153.8	164.4	164.7	14.8	44.8	35.0	33.1	37.6	16.8	17.4	26.4	25.7	43.1	65.2	20.4
145	138.6	146.5	146.8	13.4	41.7	31.7	29.5	34.2	15.4	17.4	24.6	24.4	38.7	57.2	18.1
146	138.3	146.2	146.4	13.6	42.1	32.7	30.9	33.5	15.2	15.5	23.1	22.8	34.1	57.3	18.2
147	134.3	145.5	145.7	12.0	39.2	31.6	30.2	33.9	13.7	13.4	22.8	19.9	32.7	56.9	17.1
148	146.9	154.5	154.5	12.8	39.2	29.5	27.1	31.1	13.9	15.3	22.4	21.8	35.1	60.9	17.4
149	133.6	142.2	142.4	13.5	42.1	32.6	30.7	34.1	14.9	14.6	23.7	21.2	37.8	50.1	17.5
150	144.1	153.4	153.3	12.6	42.7	32.4	30.5	35.5	14.1	16.7	24.9	23.6	42.5	58.6	19.1
151	149.5	157.0	157.2	14.0	42.5	32.8	30.6	33.3	16.0	16.6	25.4	23.9	44.8	62.5	19.0
152	152.4	160.5	160.5	12.1	42.3	33.6	32.0	30.4	12.9	14.8	20.8	21.1	29.8	59.3	18.3
153	145.1	153.4	154.0	10.2	40.8	32.5	31.6	30.7	11.3	13.2	21.5	18.7	28.6	62.4	16.2
154	155.6	164.5	164.1	11.8	41.0	33.0	31.8	29.0	12.3	15.2	22.3	20.9	30.8	61.9	16.2
155	147.3	153.1	153.3	12.6	37.3	28.0	26.3	28.5	14.6	14.4	20.5	21.5	29.4	60.1	17.7

Размерные признаки 55 субъектов мужской фигуры А-типа показаны в табл. Б.В, Б.Г.

Таблице Б.В – Измерения торса субъектов А-типа

№	Вст, см	Вт, см	Вб, см	Дтп, см	Дтс1, см	Шг, см	Шс, см	Ог3п, см	Ог3з, см	Отп, см	Отз, см	Обп, см	Обз, см
2	121.2	102.1	82.5	42.4	41.4	38.9	37.8	46.2	50.1	40.9	42.2	45.9	50.9
5	129.5	109.1	87.4	42.7	43.0	40.8	30.3	47.0	40.2	44.1	27.0	51.8	42.0
22	131.1	112.1	91.0	44.5	44.0	42.5	43.0	46.7	52.4	45.3	37.2	52.9	46.5
23	127.6	107.2	84.1	42.5	42.7	40.7	37.6	48.4	47.0	39.9	38.2	40.8	59.3
24	120.5	101.6	80.1	44.1	43.8	40.6	39.8	48.5	54.3	41.6	44.8	43.8	57.1
26	127.2	105.8	84.7	43.8	45.6	39.2	36.2	43.7	42.9	41.9	27.1	54.9	36.3
27	131.5	111.1	89.1	43.6	43.4	36.6	36.7	43.6	43.6	37.4	30.3	51.5	42.0
30	120.4	102.7	81.6	44.6	44.0	39.6	37.5	50.0	50.1	44.7	39.3	48.9	49.2
32	120.2	101.5	79.8	42.7	41.7	41.5	35.8	44.6	42.3	39.4	30.0	50.2	42.6
33	123.5	103.7	85.0	40.5	40.7	37.0	32.8	41.4	40.1	35.2	29.2	39.7	43.6
35	131.5	111.4	88.2	47.0	46.8	40.1	38.6	52.6	53.2	48.5	44.3	61.0	51.7
36	124.0	105.9	85.1	45.1	43.0	39.3	40.2	48.1	51.5	43.2	41.3	49.6	52.7
40	131.0	111.5	90.9	43.2	44.2	40.0	36.4	45.8	42.4	44.8	25.2	47.1	40.0
41	123.4	105.1	82.9	42.9	42.6	40.6	36.0	43.8	45.4	42.2	31.3	49.8	42.9
42	123.8	105.3	84.3	42.3	42.0	37.6	34.2	43.1	41.2	43.4	25.5	52.5	31.7
43	122.1	103.9	83.5	42.1	41.8	35.9	34.5	41.9	41.7	36.8	30.3	40.2	45.5
48	125.5	106.3	86.9	45.9	45.3	40.9	32.2	45.6	41.1	43.4	27.3	46.3	41.6
50	122.8	104.1	82.9	45.6	43.4	42.0	36.0	52.7	40.8	48.8	27.7	53.6	40.7
51	129.2	110.5	89.3	44.7	43.4	44.2	36.6	50.4	46.5	45.2	37.8	52.7	49.0
52	140.7	117.6	93.7	45.5	46.7	34.3	37.4	39.2	47.6	36.4	33.4	45.6	44.7
55	125.2	106.9	83.9	43.4	42.6	39.9	37.7	45.0	47.7	43.7	34.2	48.3	45.5
57	131.2	111.5	90.1	44.9	43.1	44.0	35.7	48.8	47.0	41.8	35.0	48.0	48.1
62	127.9	107.8	86.6	44.7	45.5	41.8	35.6	52.1	46.4	48.1	36.2	60.9	42.9
64	127.5	108.5	86.9	44.6	44.2	41.1	35.4	47.1	41.2	46.1	24.1	52.7	39.1
65	119.3	102.2	83.0	43.6	41.9	41.1	38.9	49.6	52.0	46.6	41.5	46.1	50.6
66	121.2	105.0	85.3	41.2	39.3	41.9	32.0	48.1	40.8	45.4	30.9	51.1	42.2
69	119.3	101.1	80.9	43.5	42.5	39.8	36.1	45.6	42.4	43.6	28.4	49.2	42.7
70	132.7	111.1	89.5	48.9	43.6	50.6	33.1	57.8	37.8	57.3	19.7	59.7	36.6
71	118.7	101.2	80.6	44.2	41.6	44.2	36.7	55.1	44.1	51.5	33.9	52.6	45.8
73	126.8	105.8	82.9	47.5	46.1	40.8	39.1	51.0	41.8	46.9	31.8	50.5	49.1
74	120.5	103.1	82.1	39.6	40.7	32.9	35.4	36.1	40.3	34.0	27.8	49.0	31.4
75	122.3	104.0	82.3	43.8	40.9	45.5	37.6	51.4	47.1	43.5	37.2	45.6	50.4
77	126.8	107.4	86.8	43.3	43.0	38.4	36.9	46.1	43.1	41.4	28.6	46.3	45.9
78	129.8	108.6	86.4	46.9	45.4	43.3	33.9	52.6	40.8	47.5	26.4	56.5	35.7
79	123.7	103.3	81.4	46.3	45.5	40.6	40.7	48.6	52.4	44.3	42.4	49.6	50.9
81	124.7	104.4	82.9	46.6	42.7	45.2	33.1	51.2	38.5	48.1	28.1	52.1	37.8
82	115.1	99.3	79.3	44.7	41.4	42.7	37.7	50.1	47.9	40.8	42.4	47.7	49.1
84	123.0	104.1	83.9	43.1	43.2	38.1	37.1	43.2	46.1	38.9	31.9	53.4	37.1

88	125.6	107.4	84.1	47.6	46.1	48.2	33.7	49.6	41.6	52.3	26.0	57.2	42.8
90	124.7	106.2	83.9	45.6	43.5	42.2	39.9	51.2	49.7	48.0	38.7	58.2	40.8
91	124.5	107.6	86.6	44.5	44.0	41.6	36.6	47.1	47.3	43.2	35.0	53.6	43.9
94	118.9	101.7	81.2	44.0	39.6	42.2	33.0	51.7	42.3	48.3	30.2	47.7	43.2
95	131.7	112.1	92.2	43.9	45.9	36.8	35.4	44.4	45.4	41.2	29.0	48.7	37.8
99	127.1	110.8	90.6	46.6	43.4	44.5	39.5	54.1	55.4	49.5	44.8	49.9	47.9
107	127.0	107.7	88.5	46.4	44.9	42.2	46.4	51.6	54.4	47.8	40.8	54.4	46.7
108	138.4	117.3	96.6	44.7	46.6	36.8	36.6	47.9	47.4	42.6	36.8	49.7	48.9
114	132.8	111.6	91.0	45.6	44.5	38.2	37.0	47.2	47.9	42.7	32.4	45.4	49.0
115	132.3	113.9	94.1	45.0	44.4	42.3	39.7	54.3	51.0	51.4	36.5	54.7	42.3
128	137.6	116.3	93.5	46.4	45.2	45.6	35.8	52.0	40.4	48.3	26.2	54.0	38.8
133	130.5	110.2	87.8	46.9	42.6	39.6	41.4	51.3	50.0	43.6	38.7	48.3	51.9
134	127.8	108.0	87.5	46.0	45.4	35.8	41.8	42.3	53.3	36.2	42.3	41.8	57.0
135	141.5	122.1	100.9	44.5	43.8	37.5	43.6	45.7	51.1	40.4	30.7	48.4	41.0
138	127.9	108.5	86.3	46.6	44.3	39.1	39.3	47.2	49.3	43.3	37.1	48.0	48.4
142	134.6	114.5	94.2	49.7	49.0	45.4	39.4	63.9	52.6	58.3	41.5	56.3	51.9
156	146.2	123.7	102.8	47.0	48.0	38.6	39.1	44.3	50.2	43.9	33.8	51.6	46.2

Таблице Б.Г – Измерения шеи, плеч и рук субъектов А-типа

№	Вшп, см	Вштс, см	Вштз, см	дшпоп, см	Ршп, см	Ршб, см	Рштз, см	Ошп, см	Ошз, см	Шп, см	Рлгшп, см	Рлгштз, см	Ор, см	Оп, см	Озап, см
2	132.5	139.7	140.3	13.6	38.8	31.2	28.1	27.5	15.6	132.5	139.7	140.3	13.6	38.8	31.2
5	140.9	147.2	147.8	11.2	38.5	32.1	29.8	25.3	12.6	140.9	147.2	147.8	11.2	38.5	32.1
22	147.1	151.8	152.3	13.3	37.2	30.6	26.6	26.8	15.8	147.1	151.8	152.3	13.3	37.2	30.6
23	141.7	148.8	149.2	14.1	45.8	38.4	34.3	29.2	16.1	141.7	148.8	149.2	14.1	45.8	38.4
24	136.2	142.1	142.6	14.0	44.6	36.0	31.9	29.8	16.4	136.2	142.1	142.6	14.0	44.6	36.0
26	139.5	146.3	147.3	12.3	37.2	30.8	28.2	25.3	14.4	139.5	146.3	147.3	12.3	37.2	30.8
27	144.9	150.4	151.2	11.8	35.7	29.0	25.5	24.0	14.9	144.9	150.4	151.2	11.8	35.7	29.0
30	135.8	141.7	142.1	14.4	39.3	30.9	26.8	28.4	17.5	135.8	141.7	142.1	14.4	39.3	30.9
32	134.8	139.6	140.6	11.7	39.7	32.6	29.5	24.7	14.1	134.8	139.6	140.6	11.7	39.7	32.6
33	133.2	140.3	141.0	11.5	39.1	32.4	30.4	25.2	13.0	133.2	140.3	141.0	11.5	39.1	32.4
35	147.5	152.7	153.4	14.0	39.9	33.0	28.2	26.1	17.0	147.5	152.7	153.4	14.0	39.9	33.0
36	140.6	145.0	145.4	14.6	38.2	30.7	26.0	26.2	18.2	140.6	145.0	145.4	14.6	38.2	30.7
40	144.2	151.0	152.0	11.8	36.6	30.8	28.4	24.9	14.2	144.2	151.0	152.0	11.8	36.6	30.8
41	138.4	143.7	144.4	11.5	40.1	33.6	30.8	24.4	13.6	138.4	143.7	144.4	11.5	40.1	33.6
42	137.3	142.8	143.1	11.8	35.9	29.2	26.4	23.5	13.4	137.3	142.8	143.1	11.8	35.9	29.2
43	136.3	142.0	142.6	12.9	38.9	32.8	29.2	24.3	15.2	136.3	142.0	142.6	12.9	38.9	32.8
48	137.3	144.5	145.1	11.1	39.1	31.8	29.6	28.2	12.5	137.3	144.5	145.1	11.1	39.1	31.8
50	138.3	143.5	144.2	12.5	35.5	28.2	24.8	24.9	15.8	138.3	143.5	144.2	12.5	35.5	28.2

51	146.0	150.6	151.1	13.9	38.7	32.0	28.4	25.5	15.9	146.0	150.6	151.1	13.9	38.7	32.0
52	152.5	159.9	160.3	12.2	40.3	34.7	31.4	26.1	14.6	152.5	159.9	160.3	12.2	40.3	34.7
55	139.9	145.4	146.0	12.9	38.4	31.9	28.2	24.3	15.4	139.9	145.4	146.0	12.9	38.4	31.9
57	145.3	150.6	151.2	12.1	39.2	31.8	28.6	25.8	14.1	145.3	150.6	151.2	12.1	39.2	31.8
62	139.5	147.8	148.3	12.3	39.3	31.5	28.6	28.0	14.5	139.5	147.8	148.3	12.3	39.3	31.5
64	143.5	148.2	148.9	12.7	36.8	30.1	26.2	25.4	15.1	143.5	148.2	148.9	12.7	36.8	30.1
65	135.2	139.5	139.8	13.7	40.4	32.7	28.4	25.7	16.3	135.2	139.5	139.8	13.7	40.4	32.7
66	135.5	140.5	141.3	13.0	37.2	29.4	26.7	24.7	15.3	135.5	140.5	141.3	13.0	37.2	29.4
69	134.0	139.4	139.8	13.1	36.1	30.0	26.6	24.1	15.6	134.0	139.4	139.8	13.1	36.1	30.0
70	146.3	151.6	151.4	13.7	35.2	28.7	26.1	29.4	14.1	146.3	151.6	151.4	13.7	35.2	28.7
71	133.7	138.8	138.9	12.0	40.4	31.2	28.5	26.9	13.9	133.7	138.8	138.9	12.0	40.4	31.2
73	140.9	147.6	147.9	12.2	41.7	34.3	31.3	28.3	14.1	140.9	147.6	147.9	12.2	41.7	34.3
74	133.3	139.8	140.4	11.0	35.9	30.4	27.3	22.4	13.4	133.3	139.8	140.4	11.0	35.9	30.4
75	136.6	141.1	141.5	13.6	39.7	32.2	29.2	24.3	15.5	136.6	141.1	141.5	13.6	39.7	32.2
77	140.2	146.2	146.5	11.8	40.4	33.3	30.2	24.9	13.7	140.2	146.2	146.5	11.8	40.4	33.3
78	143.7	149.6	149.6	12.5	39.3	31.7	29.1	27.6	13.8	143.7	149.6	149.6	12.5	39.3	31.7
79	138.4	143.9	144.4	13.5	41.2	33.2	29.3	27.8	15.9	138.4	143.9	144.4	13.5	41.2	33.2
81	136.8	144.4	144.7	11.8	39.1	31.3	28.4	29.8	13.8	136.8	144.4	144.7	11.8	39.1	31.3
82	131.9	137.2	137.7	12.5	39.2	31.5	27.7	25.5	15.6	131.9	137.2	137.7	12.5	39.2	31.5
84	136.6	142.7	143.1	12.6	38.0	31.6	27.9	24.8	14.8	136.6	142.7	143.1	12.6	38.0	31.6
88	143.1	149.5	149.5	12.7	40.1	31.7	28.6	27.4	15.6	143.1	149.5	149.5	12.7	40.1	31.7
90	140.2	145.7	145.6	13.0	37.6	29.6	26.5	25.7	15.6	140.2	145.7	145.6	13.0	37.6	29.6
91	140.9	146.6	146.6	12.3	38.6	31.4	27.6	25.8	14.9	140.9	146.6	146.6	12.3	38.6	31.4
94	133.9	138.4	138.2	11.7	38.8	29.9	27.6	26.8	11.8	133.9	138.4	138.2	11.7	38.8	29.9
95	143.8	150.5	152.7	11.9	39.8	33.9	31.6	26.1	13.2	143.8	150.5	152.7	11.9	39.8	33.9
99	143.8	150.1	149.7	14.2	38.4	29.7	27.1	27.9	15.5	143.8	150.1	149.7	14.2	38.4	29.7
107	140.9	148.1	148.0	13.7	38.6	31.1	28.7	29.5	13.7	140.9	148.1	148.0	13.7	38.6	31.1
108	149.2	158.8	159.2	13.2	40.8	34.3	31.8	28.5	14.9	149.2	158.8	159.2	13.2	40.8	34.3
114	143.8	152.1	152.3	11.5	41.9	34.2	32.6	28.8	12.4	143.8	152.1	152.3	11.5	41.9	34.2
115	145.6	153.6	153.7	11.9	39.3	32.0	29.2	29.6	13.2	145.6	153.6	153.7	11.9	39.3	32.0
128	150.3	157.6	157.5	12.2	41.2	33.8	31.4	28.2	13.2	150.3	157.6	157.5	12.2	41.2	33.8
133	144.8	149.8	150.4	12.7	41.2	31.3	28.7	29.2	15.3	144.8	149.8	150.4	12.7	41.2	31.3
134	140.5	149.1	149.3	12.5	40.9	33.2	30.7	28.7	14.9	140.5	149.1	149.3	12.5	40.9	33.2
135	154.9	161.8	161.9	12.7	36.1	29.0	26.9	27.5	14.4	154.9	161.8	161.9	12.7	36.1	29.0
138	142.6	149.2	149.5	12.0	40.9	31.6	29.5	29.4	13.0	142.6	149.2	149.5	12.0	40.9	31.6
142	149.1	157.5	157.6	12.3	42.5	33.0	31.4	32.5	13.3	149.1	157.5	157.6	12.3	42.5	33.0
156	157.8	166.6	166.6	12.7	40.3	32.1	30.7	29.0	13.5	157.8	166.6	166.6	12.7	40.3	32.1

Размерные признаки шесть субъектов мужской фигуры В-типа показаны в табл. Б.Д, Б.Е.

Таблице Б.Д – Измерения торса субъектов В-типа

№	Вст, см	Вт, см	Вб, см	Дтп, см	Дтс1, см	Шг, см	Шс, см	Ог3п, см	Ог3з, см	Отп, см	Отз, см	Обп, см	Обз, см
31	121.4	105.3	87.5	41.6	40.6	40.4	39.4	46.3	47.2	41.0	39.9	47.5	46.8
39	125.0	106.6	86.9	41.9	43.7	36.3	34.5	38.6	46.0	35.8	35.0	41.2	49.4
44	125.4	105.9	83.6	46.2	44.4	41.9	38.4	52.5	46.9	48.9	36.7	55.9	47.0
46	132.5	113.0	93.9	44.4	43.5	40.8	36.3	49.3	44.4	49.1	32.1	56.0	35.9
100	124.7	105.9	84.1	47.1	44.8	41.8	39.4	55.6	48.7	54.2	39.7	51.0	48.4
137	143.7	120.7	98.0	48.2	49.2	36.3	35.8	41.0	46.1	43.0	31.8	47.2	48.3

Таблице Б.Е – Измерения шеи, плеч и рук субъектов В-типа

№	Вштп, см	Вштс, см	Вштз, см	дшпоп, см	Рштп, см	Ршб, см	Рштз, см	Ошп, см	Ошз, см	Шп, см	Рлтштп, см	Рлтштз, см	Ор, см	Оп, см	Озап, см
31	135.9	142.5	143.3	12.9	38.6	31.4	28.4	27.1	15.5	13.7	20.2	21.0	27.8	58.6	15.7
39	138.8	145.0	145.9	12.6	39.9	34.5	31.7	24.6	14.7	13.0	19.2	19.8	28.0	57.2	15.6
44	139.9	146.5	146.7	14.3	39.7	30.9	27.3	29.4	15.7	13.1	20.9	20.0	29.9	56.7	16.7
46	146.7	152.1	152.7	13.3	38.4	31.1	27.9	26.2	13.0	13.1	20.2	20.0	26.7	59.0	14.2
100	139.0	146.0	146.0	14.6	41.0	31.0	28.2	31.0	16.8	14.0	22.0	21.8	35.8	58.4	19.2
137	157.8	164.7	164.8	12.7	42.4	34.3	32.3	29.0	14.4	13.5	20.7	20.2	30.9	65.1	17.3

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Результаты социологических исследований

5,146 единиц мнений потребителей о 81 мужской сорочке из 30 брендов, продаваемых на онлайн-платформе Tmall, были представлены в табл. В. А.

Таблица В.А – Мнение потребителей о мужских сорочках

Бренд	Сорочка №	Количество мнений				
		Положительные и нейтральные мнения	Негативные мнения о компании			
			Размер и форма	Материал	Качество	Сервис
Uniqlo	1	150	15	16	3	5
	2	40	7	0	0	3
	3	37	2	4	0	0
	4	120	12	13	2	3
	5	45	6	0	1	3
Peacebird	6	90	11	5	6	2
	7	5	1	2	0	0
	8	87	4	3	0	1
	9	80	14	4	10	4
GXG	10	37	2	7	1	1
	11	67	7	0	5	2
	12	24	9	0	0	1
	13	19	2	13	2	0
	14	133	24	11	2	5
H&M	15	6	2	0	0	1
	16	36	11	0	1	0
	17	86	33	1	0	2
	18	43	7	0	0	0
Levi's	19	18	3	0	1	0
Metersbonwe	20	90	9	6	9	0
MUJI	21	51	3	0	0	2
	22	51	5	1	0	0
	23	52	10	0	0	2
Seven	24	75	6	5	1	0
Vancl	26	150	10	2	1	0

Zara	27	27	5	0	0	0
	28	22	6	1	0	1
	29	17	3	0	1	0
	30	31	1	0	3	0
Giodano	31	15	1	0	0	0
	32	100	11	1	0	1
	33	59	12	1	0	0
Goldlion	34	20	2	3	0	0
Selected	35	24	12	1	2	0
	36	42	0	0	1	0
G2000	37	22	1	1	3	2
	38	120	12	9	6	0
	39	53	13	9	3	1
	40	54	6	1	5	5
JackJones	41	35	2	0	4	1
	42	94	7	0	5	2
	43	155	9	5	2	4
Gap	44	110	26	2	1	11
	45	91	14	2	1	5
	46	83	1	0	4	0
Baleno	47	155	44	3	4	0
	48	160	11	0	1	4
	49	30	4	0	4	3
Jeanswest	50	73	6	2	1	2
GU	51	59	3	0	0	0
	52	93	10	1	6	0
	53	46	10	0	1	1
C&A	54	3	2	0	0	0
	55	50	6	0	0	0
	56	37	4	0	0	0
	57	54	3	0	0	0
Bershka	58	15	1	0	1	0
	59	7	2	0	0	0
	60	5	2	1	0	0
Pull&Bear	61	66	11	2	0	1
American Eagle	62	116	22	0	0	5
	63	34	2	0	0	0
Trendiano	64	47	2	0	0	7
	65	30	10	1	1	1
	66	16	1	1	1	0
	67	42	2	2	4	1
Me&city	68	48	4	0	2	2
	69	41	0	0	1	0

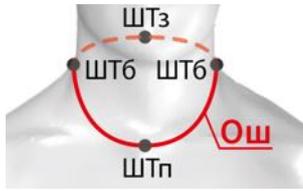
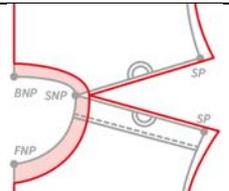
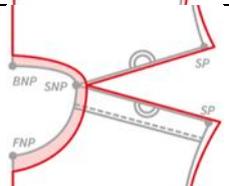
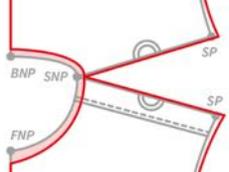
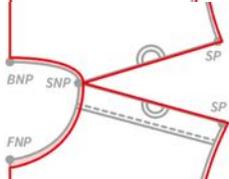
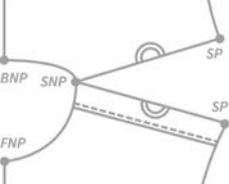
Hollister	70	17	2	0	0	0
	71	10	2	0	0	0
Tommy Hilfiger	72	38	7	0	3	1
	73	10	3	0	1	1
	74	15	4	0	1	0
TeenieWeenie	75	17	3	0	1	0
	76	21	2	0	0	0
	77	31	7	1	2	2
Massimo Dutti	78	22	1	0	0	1
	79	16	3	1	0	0
Hugo Boss	80	6	3	0	1	0
	81	21	3	0	0	0
Sum number	81	4217	561	144	122	102
Пропорция		81,9%	10,9%	2,8%	2,4%	2,0%

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Дефекты посадки сорочек

В табл. Г.А – Г.Г приведены критерии посадки шеи и воротника, плечевого шва, рукава и стана соответственно.

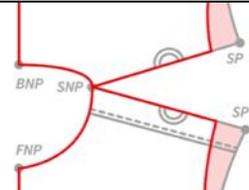
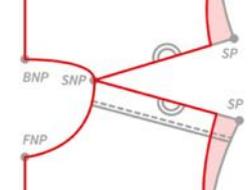
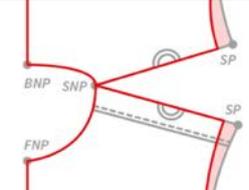
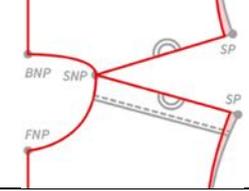
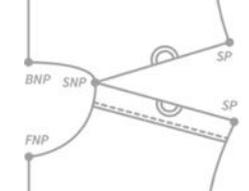
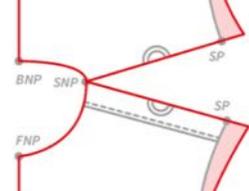
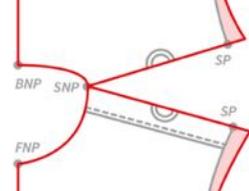
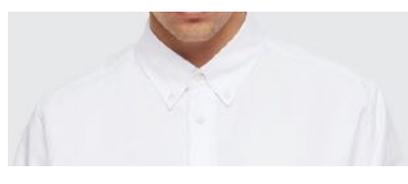
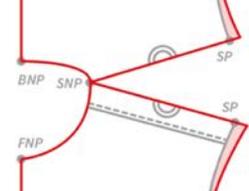
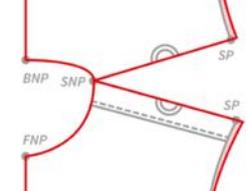
Таблица Г.А – Критерии посадки воротника

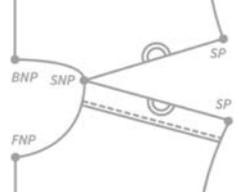
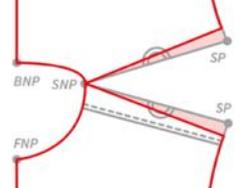
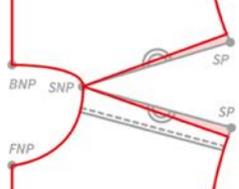
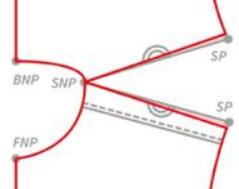
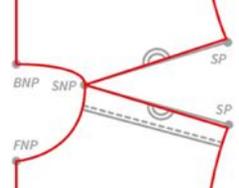
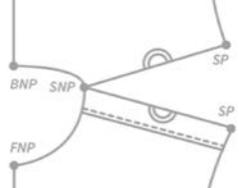
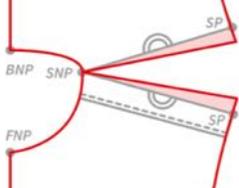
Уровень качества посадки	Схема	Фотография воротника	Схема чертежа
			<p>Ответственный РП: Обхват шеи (Ош).</p>
<b>а) Когда шея и воротник слишком велики.</b>			
1	Очевидный большой зазор между шеей и воротником		
2	Очевидный зазор между шеей и воротником		
3	Заметный зазор между шеей и воротником		
4	Крошечный зазор между шеей и воротником		
5	без зазоров		
<b>б) Когда шея и воротник слишком малы.</b>			

1	<p>1. много напряженных складок вокруг шеи</p> <p>2. Передняя планка деформируется</p> <p>3. пуговицы не могут быть привязаны</p>		
2	<p>1. много напряженных складок вокруг шеи</p> <p>2. Передняя планка деформируется</p>		
3	некоторые напряженные складки вокруг шеи		
4	несколько складок вокруг шеи		
5	без складки		

Таблица Г.Б – Критерии посадки плечевого шва

Уровень качества посадки	Схема	Фотография воротника	Схема чертежа
			<p>Ответственный РП: ширина плечевого ската (Шп).</p>
а) Когда плечевые швы слишком короткие.			

1	Выступающая выпуклость и множество складок вокруг ПТ		
2	Некоторые складки вокруг ПТ		
3	Несколько складок вокруг ПТ		
4	Почти никаких складок вокруг ПТ		
5	Не складки вокруг ПТ		
<b>б) когда плечевые швы слишком длинные</b>			
1	Большие выступающие выпуклости вокруг ПТ		
2	Маленькие выступающие выпуклости вокруг ПТ		
3	Несколько складок вокруг ПТ		
4	Почти никаких складок вокруг ПТ		

5	Не складки вокруг ПТ		
		<p>Ответственный РП: угол наклона плеча (УНп).</p>	
<p>в) Когда плечевые швы слишком опущены.</p>			
1	Много больших выпуклостей и складок вокруг ШТб		
2	Некоторые выпуклости и складки вокруг ШТб		
3	Небольшие круглые выпуклости вокруг ШТб		
4	Несколько крошечных круглых выпуклостей вокруг ШТб		
5	Гладкие швы без складок		
<p>г) Когда плечевые швы слишком подняты.</p>			
1	Большие выпуклости вокруг ПТ		

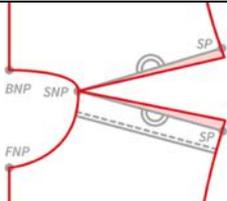
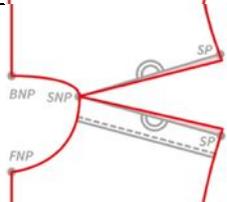
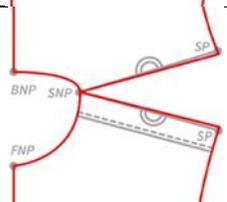
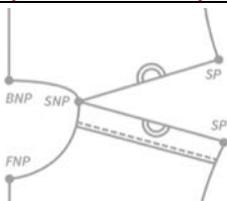
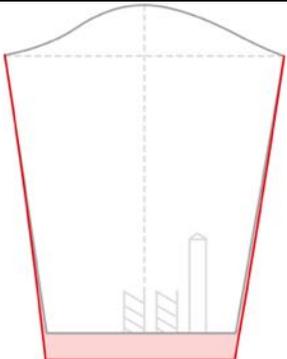
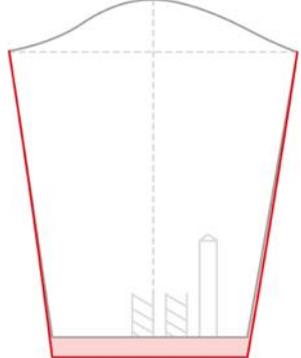
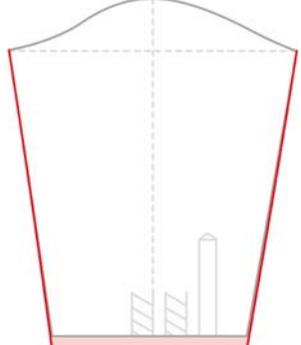
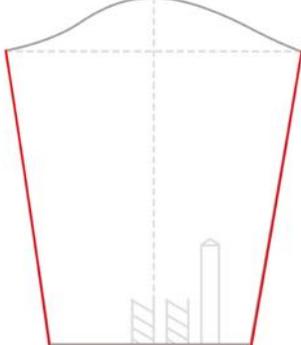
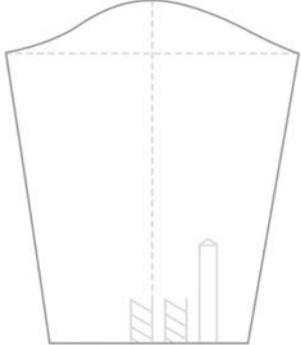
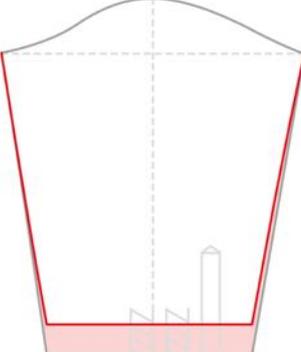
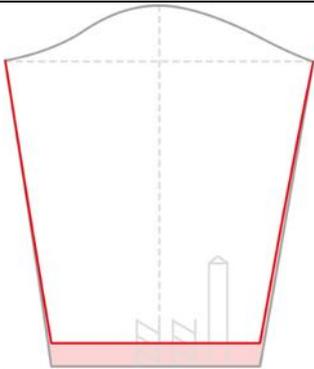
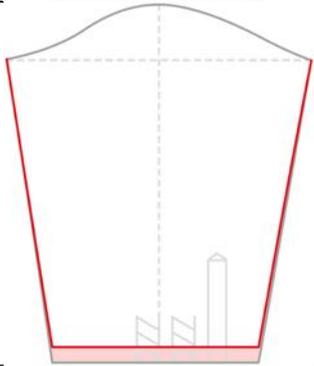
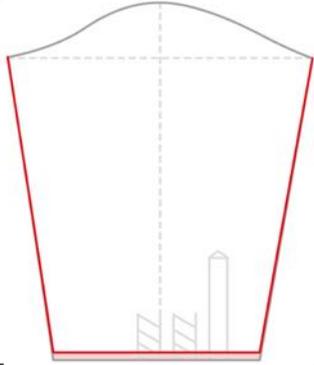
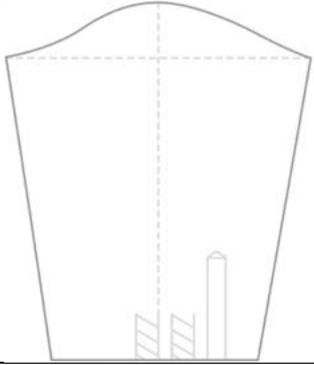
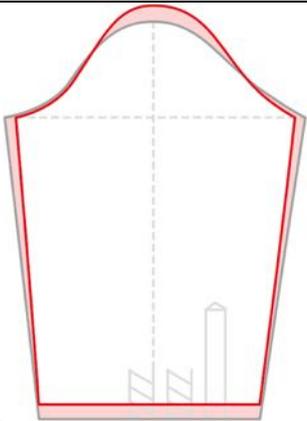
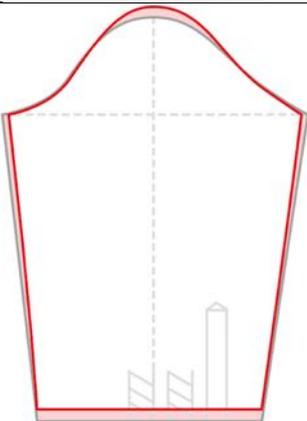
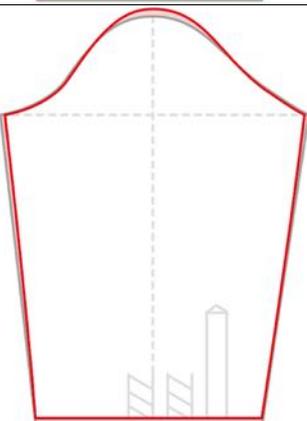
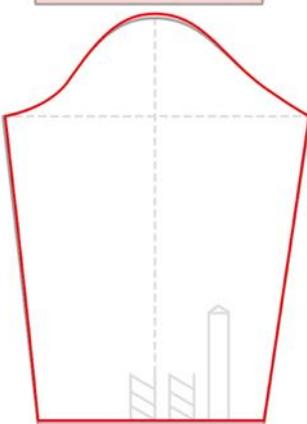
2	Небольшие выпуклости вокруг ПТ		
3	Большие складки от переднего центра к ПТ		
4	Крошечные складки от переднего центра к ПТ		
5	Гладкие швы без складок		

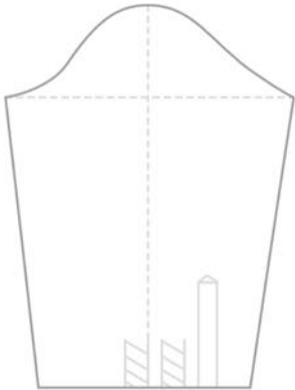
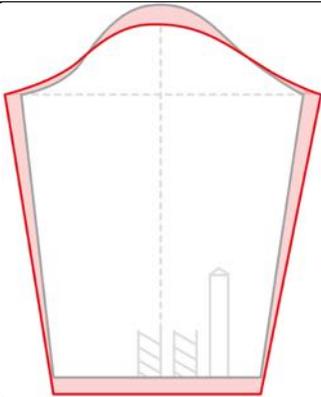
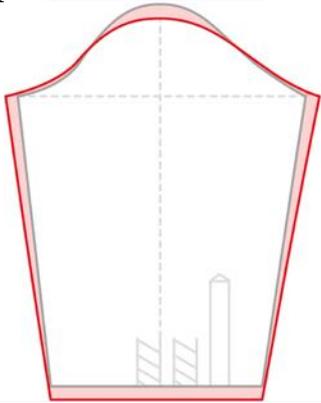
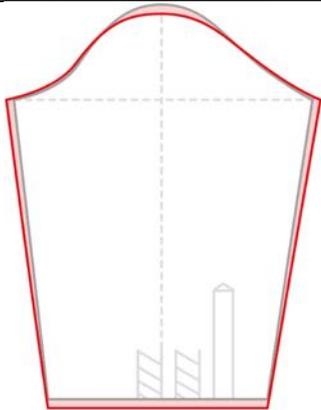
Таблица Г.В – Критерии посадки рукава

Уровень качества посадки	Схема	Фотография воротника	Схема чертежа
			Ответственный РП: длина руки (Др).
а) Когда рукава слишком длинные.			
1	Почти все руки покрыты		

2	Все ладони покрыты		
3	Половина ладоней покрыта		
4	Мелкие части ладоней покрыты		
5	Манжеты на запястьях		
<b>б) Когда рукава слишком короткие.</b>			
1	Манжеты слишком высоко, чем запястья		

2	Манжеты выше запястий		
3	Манжеты немного выше запястий		
4	Манжеты почти покрывают запястья		
5	Манжеты на запястьях		
		<p>Ответственный РП: глубина проймы (AD).</p>	
<p>в) Когда высота оката рукава слишком велика.</p>			

1	<p>Большие выпуклости и волны вокруг руки</p>		
2	<p>Выпуклости и волны вокруг руки</p>		
3	<p>Выпуклости вокруг руки</p>		
4	<p>Небольшие выпуклости вокруг руки</p>		

5	без выпуклости и складки		
<b>Г) Когда высота оката рукава слишком мала.</b>			
1	Множество напряженных складок вокруг дельтовидной мышцы		
2	Много напряженных складок вокруг дельтовидной мышцы		
3	Несколько напряженных складок вокруг дельтовидной мышцы		

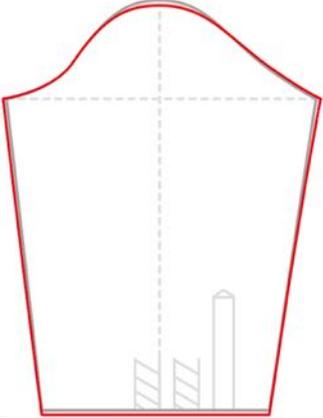
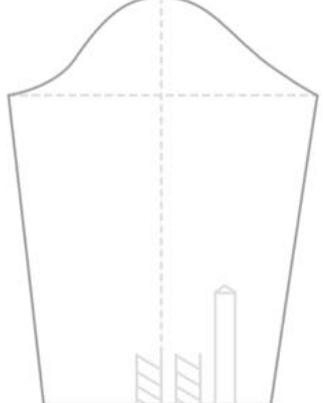
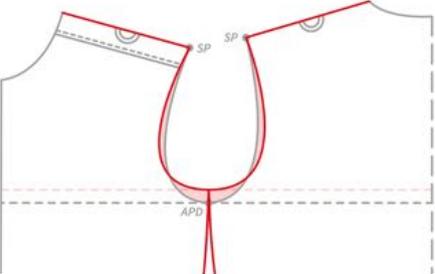
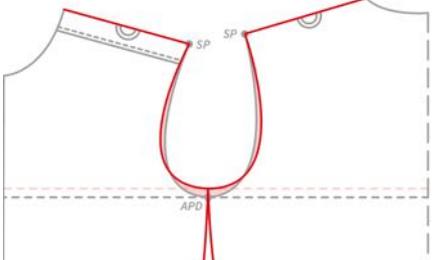
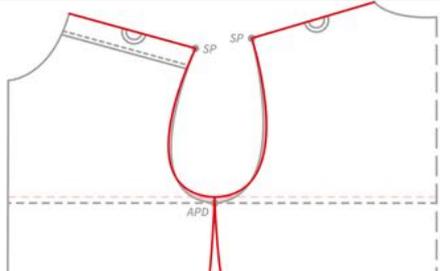
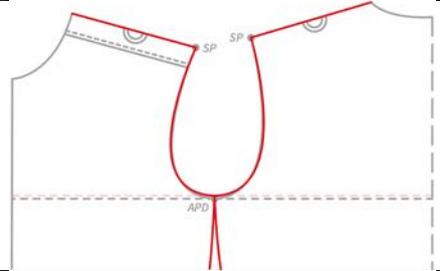
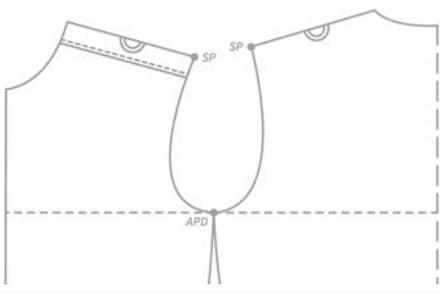
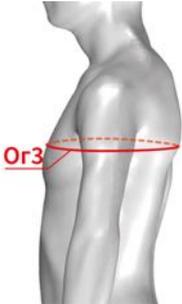
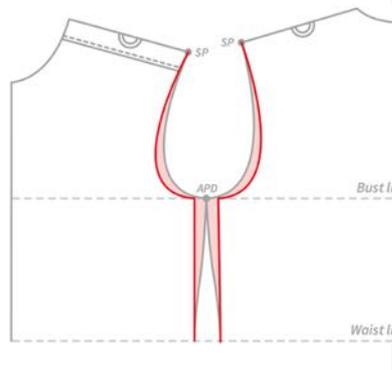
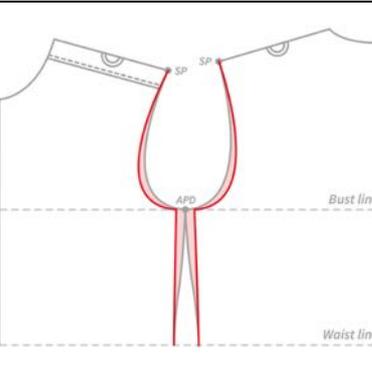
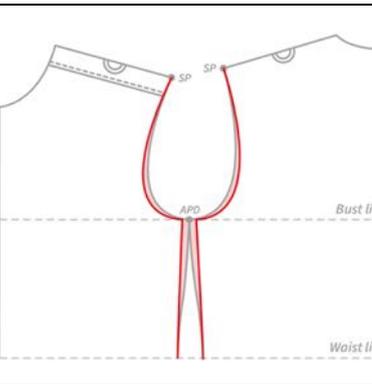
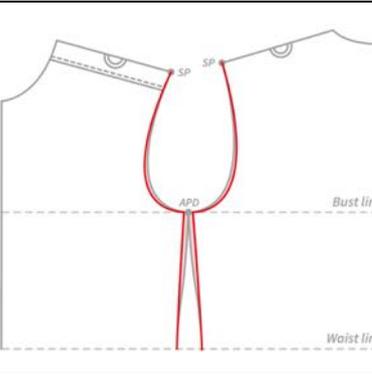
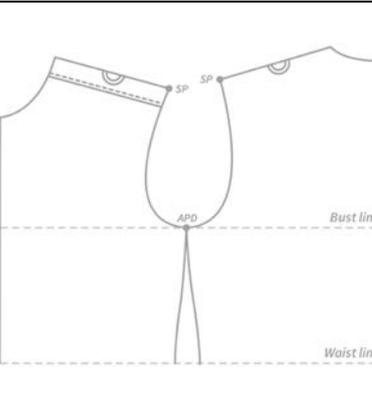
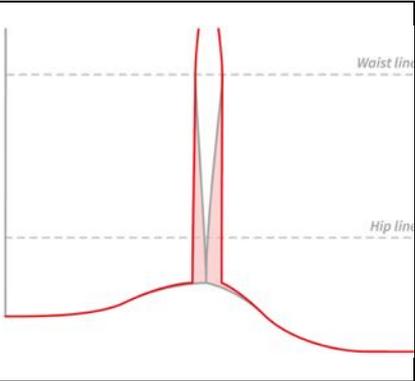
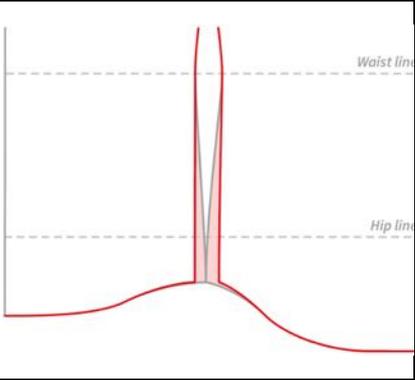
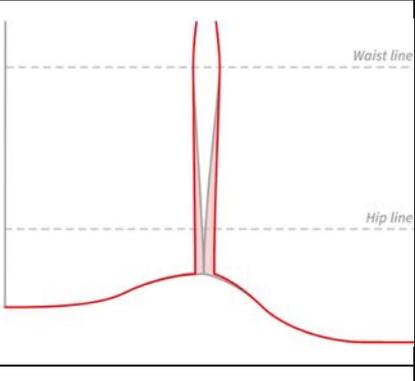
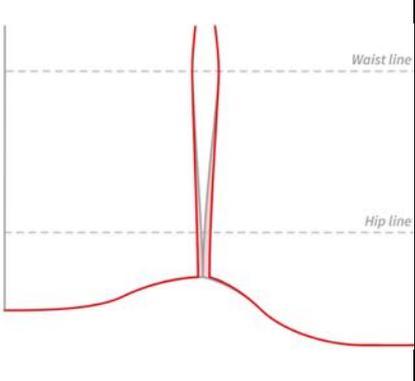
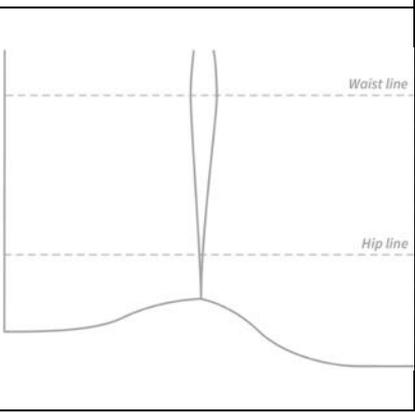
4	Почти нет напряженных складок вокруг дельтовидной мышцы		
5	без выпуклости и складки		

Таблица Г.Г – Критерии посадки стана

Уровень качества посадки	Схема	Фотография воротника	Схема чертежа
			<p>Ответственный РП: глубина проймы (AD).</p>
1	Много напряженных складок вокруг ПВ		
2	Некоторые напряженные складки вокруг ПВ		

3	Несколько напряженных складок вокруг ПВ		
4	Почти нет напряженных складок вокруг ПВ		
5	Гладкие проймы без напряженной складки		
			<p>Ответственный РП: обхват груди третий (Or3).</p>
1	<p>1. Деформированная передняя планка 2. Много напряженных складок вокруг груди</p>		

2	Некоторые напряженные складки вокруг груди		
3	Несколько напряженных складок вокруг груди		
4	плотная форма без заметной складки		
5	Гладкая передняя часть без складок		
		<p>Ответственный РП: обхват бедер (Об).</p>	

1	<p>Сильно деформированная задняя часть с большими напряженными складками от груди до низа</p>		
2	<p>Много напряженных складок вокруг груди и бедер</p>		
3	<p>Несколько складок вокруг бедра</p>		
4	<p>Несколько складок вокруг бедра</p>		
5	<p>Гладкая задняя часть почти без складок</p>		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Акт производственных испытаний

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор ООО «Тексел»,  
к.ф.н. М.А. Федюков  
21205, Сколково  
Большой Бульвар, 42, стр. 1  
«16» ноября 2020 г.  
М.П. \* МОСКВА \* 65161616

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО «Ивановский  
государственный политехнический  
университет» д.т.н.  
Е.В. Румянцев  
Иваново, 153000,  
Щерметевский пр., 21  
«16» ноября 2020 г.  
М.П. \*

#### АКТ испытаний

технологии дистанционного проектирования мужских сорочек

Мы, нижеподписавшиеся, В.Е.Кузьмичев, заведующий кафедрой конструирования швейных изделий, профессор, Янь Цзяци, аспирант, от Ивановского государственного политехнического университета, и М.А. Федюков, генеральный директор ООО «Тексел», составили настоящий акт о том, что нами проведена проверка дистанционной технологии виртуального проектирования мужских сорочек на фигуры индивидуальных потребителей e-bespoke.

Время проведения испытаний: декабрь 2019 года – ноябрь 2020 г.

Технология реализована с помощью аппаратно-программного комплекса, в который вошли следующие компоненты: (1) бодисканер Texel Portal MX; (2) программа для построения чертежей одежды (BUYI Technology, Китай); (3) программа для генерирования виртуальных двойников фигур и одежды CLO 3D; версия 5.0.156.38765 (CLO Virtual Fashion, Республика Корея).

Проверка технологии была проведена в следующей последовательности.

1. ООО «Тексел» передала файлы со сканированными 3D-изображениями девяти мужчин разных морфологических типов.

2. В ИВГПУ все 3D-изображения были обработаны для выявления морфологических особенностей и параметризованы с помощью традиционных и вновь предложенных размерных признаков.

3. В ИВГПУ были построены чертежи деталей сорочки полуприлегающего силуэта для всех девяти фигур, на основе которых разработаны лекала.

4. В ИВГПУ была проведена проверка правильности разработанных чертежей путем выполнения виртуальных примерок всех сорочек.

5. В ООО «Тексел» по разработанным лекалам были изготовлены сорочки.

После изготовления сорочек была проведена их примерка на ранее выбранных фигурах для оценки внешнего вида и соразмерности.

В результате оценки установлено, что большинство сорочек имели хорошую посадку в соответствии с морфологическими особенностями фигур. Использованное количество новых размерных признаков достаточно для проектирования сорочек.

Были выявлены некоторые несоответствия между размерами воротника и шеи, руки и рукава, которые устранены путем перестроения лекал.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная технология, включающая новую антропометрическую базу данных о строении торса мужских фигур в виде совокупности размерных признаков и алгоритм их использования для построения чертежей деталей, может быть использована для дистанционного проектирования и изготовления мужских сорочек категории e-bespoke.



М.А. Федюков

«16» ноября 2020 г.

От ИВГПУ

В.Е.Кузьмичев  
Янь Цзяци

«12» ноября 2020 г.