

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

На правах рукописи



Чжан Шичао

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ
МУЖСКОЙ ОДЕЖДЫ
НА ОСНОВЕ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА**

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

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
СПИСОК ТАБЛИЦ	8
СПИСОК РИСУНКОВ	10
ВВЕДЕНИЕ	16
ВСТУПЛЕНИЕ	26
1. СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ПО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ ОДЕЖДЫ	29
1.1. Технологии сценариев для получения 3D ИКК на основе их 2D изображений.....	30
1.2. База данных для реконструкции исторической одежды.....	36
1.2.1. Исторические мужская фигура.....	37
1.2.2. Структура гардероба.....	41
1.2.3. Текстильные материалы.....	46
1.2.4. Метод формообразования.....	50
1.3. Измерение размеров исторической мужской фигуры.....	54
1.4. Программно-аппаратные средства виртуальной реконструкции.....	65
1.4.1. Технология 3D сканирования.....	65
1.4.2. Технология САПР.....	67
1.5. Применение метода реверс инжиниринга.....	71
Цель и этапы исследования.....	73
2. РАЗРАБОТКА-БАЗЫ ДАННЫХ О ФИГУРАХ И ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ	76
2.1. Материал исследования.....	76
2.1.1. Инструмент и программное обеспечение.....	76
2.1.2. Субъект исследования.....	77
2.1.3. Объекты исследования.....	77
2.2. Закономерности формирования модных мужских исторических фигур под влиянием корсета.....	77
2.3. Графические структуры одновременно носимой мужской одежды конца XIX - первой половины XX вв.....	83
2.4. Текстильные материалы для мужской одежды.....	87
2.4.1. Виды материалов.....	87
2.4.2. Методы определения показателей свойств.....	89
2.4.3. Выбор текстильного материала в CLO 3D для виртуальной реконструкции.....	93
2.5. Конструктивное устройство одежды.....	94
Вывод после главы 2.....	97
3. МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАЗМЕРНОЙ	

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СКРЫТЫХ ЗАПРОЕКТИРОВАННЫХ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ИСТОРИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ.	98
3.1. Материал исследования	98
3.1.1. Программное обеспечение.	98
3.1.2. Объекты исследования	98
3.2. Метод реконструкции чертежей деталей сохранившегося ИКК	99
3.3. Методика бесконтактного определения толщины слоев одежды во время виртуальной примерки одежды	103
3.3.1. Генерирование аватара исторической мужской фигуры	103
3.3.2. Расчет толщины пакета материалов.	106
3.4. Методика графоаналитической реконструкции конструктивных приемов формообразования, запроектированных в исторических чертежах.	114
3.4.1. Конструктивные прибавки для формообразования мужских исторических пальто конца XIX - начала XX вв.	116
3.4.2. Алгоритм пересчета основных конструктивных прибавок, содержащихся в исторических чертежах, с учетом типологии современных фигур	124
3.5. Идентификация размерного варианта исторического чертежа	126
3.5.1. Объект исследования.	127
3.5.2. Адаптация роста аватара в CLO 3D	128
3.5.3. Расчет обхватаов груди и талии аватара	130
3.5.4. Оценка размерных признаков аватара.	131
3.6. Графическая реконструкции технологических приемов формообразования, запроектированных в исторических чертежах	135
3.6.1. Подготовка чертежа.	135
3.6.2. Параметризация чертежа.	137
3.6.3. Пример использования полученных баз данных	147
Вывод после главы 3	149
4. ТЕХНОЛОГИЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИСТОРИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ С ПОМОЩЬЮ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА	151
4.1. Алгоритм получения цифрового двойника исторической фигуры	153
4.2. Алгоритм получения цифрового двойника текстильного материала.	157
4.3. Алгоритм получения цифрового двойника ИКК.	159
4.4. Алгоритм оценки точности и сложности получения цифрового двойника ИКК.	160
Выводы после главы 4	162
5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ	

ИСТОРИЧЕСКИХ КОСТЮМНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	163
5.1. Материал исследования.....	163
5.1.1. Программное обеспечение.....	163
5.1.2. Объект визуализации.....	164
5.2. Визуализация российского профессорского мундира по сохранившимся изображениям.....	164
5.3. Визуализация словенской униформы по сохранившемуся ИКК.....	169
5.4. Визуализация русской народной рубахи.....	173
5.5. Визуализация сюртука по сохранившемуся ИКК.....	177
Выводы после главы 5.....	183
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	185
ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	185
РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	186
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	187
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты измерения мужских фигур без корсетов и в корсетах (для главы 2).....	203
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Величины конструктивных прибавок для формообразования мужских исторических пальто (для главы 3).....	210
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Параметризация исторических чертежей (для главы 3).....	212
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Примеры цифровых двойников трех моделей мужских пальто.....	215
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Уведомление о выставке в Министерстве Высшего Образования Российской Федерации.....	218
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Копия патента на промышленный образец.....	219
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Свидетельство о присуждении премии конкурса #УзнайРоссию.....	220

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- САПР – систем автоматизированного проектирования
КГП – компьютерно-графических пакетов
ЧИО – чертежам исторической одежды
АОИ – области интереса
ПИ – прямой инжиниринг
РИ – реверс инжиниринг
ИКК – исторический костюмный комплекс
ЦД – цифровые двойники
РП – размерного признака
ИЧ – результат измерения чертежа одежды выбранного исторического периода, см
П_{Тм} – прибавка на толщину пакета нижележащих слоев одежды (корсета, белья), см
П_і – конструктивная прибавка к і-тому размерному признаку, см
Т_м – толщина пакета материалов, см
ΔРП – изменение обхвата груди, талии или бедер под влиянием компрессионного действия корсета, см
Пк – положения корпуса
dпоп – изменения поперечных под влиянием корсета
dпз – изменения переднезадних диаметров под влиянием корсета
ОГ – обхват груди
ОТ – обхвату талии
ОБ – обхват бедер
ОР – обхват руки
ШС – ширина спинки
Дтс – длине спины до талии
ШГ – ширина груди
ДПСп – дуга через плечевой скат спереди
ДПСс – дуга через плечевой скат сзади
Л – расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины
Шгор – диаметр горловины
ШП – длина плечевого ската
dрв – диаметр руки вертикальный
dпзр – диаметр руки передне-задний
РПо – результат измерения обхвата лентой вокруг тела в нижнем белье и некоторых одеждах
∑Тпм – сумма толщин текстильных материалов, см
∑VЗ – суммарный воздушный зазор, сформированный между фигурой и бельем, см

К _в	–	коэффициент наполнения пакета воздухом
BNP	–	шейная точка сзади
FNP	–	шейная точка спереди
АС	–	антропометрической сети
ШТ	–	шейная точка сзади
ТОШ	–	точка основания шеи (шейная точка сбоку)
ШТ	–	шейная точка спереди
ЗУПВ	–	задний угол подмышечной впадины
ПУПВ	–	передний угол подмышечной впадины
ПТ	–	плечевая точка
Дтс1	–	длина спины до талии первая
Шс	–	ширина спины
Впрз	–	высота проймы сзади
Шп	–	ширина плечевого ската
Шг	–	ширина груди
Дшош	–	дуга между точкой основания шеи и шейной точкой сзади
Пдтс	–	прибавка к длине спины до талии
Пшс	–	прибавка к ширине спины
ПШп	–	прибавка к ширине плечевого ската
ПШгор	–	прибавка к ширине горловины
ПШг	–	прибавка к ширине груди
Пспр	–	прибавка на свободу проймы по глубине
Пшп	–	прибавка к ширине проймы
РВ _{Ог}	–	периметр чертежей по линии груди
РВ _{От}	–	периметр чертежей по линии талии
РВ _{Об}	–	периметр чертежей по линии бедер
РВ _{Шс}	–	длина чертежей ширина спинки
РВ _{Шг}	–	длина чертежей ширина полочки
РВ _{Дтс}	–	длина чертежей длина спинки до талии
РВ _{дш}	–	длина чертежей ширина горловины
РВ _{Шп}	–	длина чертежей длина плечевой линии
РВ _{фв}	–	длина чертежей глубина проймы
РВ _{WS}	–	длина чертежей ширина проймы
РВ _{Дп}	–	длина чертежей длина проймы
РВ _{Пп}	–	длина чертежей дуга через плечевой скат спереди
РВ _{чп}	–	длина чертежей дуга через плечевой скат сзади
РВ _Л	–	длина чертежей расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины
Пс _G	–	суммарная прибавка к полуобхвату груди третьему
Пс _{Gh}	–	историческая прибавка к обхвату груди третьему
к	–	коэффициент, характеризующий количественные различия в измерениях одних и тех же размерных признаков по разным

- антропометрическим программам
- Δ – разница между размерными признаками, измеренными по историческим и современным антропометрическим программам
- $РП_h$ – значение размерного признака исторической фигуры
- $П_i$ – конструктивная прибавка к размерному признаку современной фигуры i -размера, см
- $П_h$ – конструктивная прибавка к размерному признаку исторической фигуры
- $РП_i$ – размерный признак современной фигуры, см
- ВL – линии бюста
- WL – линии талии

СПИСОК ТАБЛИЦ

- 1.1 – Текстильный материал для мужского костюма в конце 19 века
- 1.2 – Методы формообразования и пошива пальто 1840-х гг.
- 1.3 – Приемы пошива каждой части пальто 1840-х гг.
- 1.4 – Размерные признаки для конструирования мужского сорочек
- 1.5 – Размерные признаки для конструирования мужских брюк
- 1.6 – Размерные признаки для конструирования мужского жилета
- 1.7 – Размерные признаки для конструирования мужского пальто
- 2.1 – Изменение обхватов мужских фигур под влиянием корсета
- 2.2 – Изменение поперечных и переднезадних диаметров мужских фигур и положения корпуса под влиянием корсета
- 2.3 – Виды исторических текстильных тканей для выбранных ИКК
- 2.4 – Информация об исторических текстильных материалах для Словенской юношеской униформы и ее современных заменителях
- 2.5 – Информация об исторических текстильных материалах для Европейского мужского костюма и его современных заменителях - Часть 1
- 2.6 – Информация об исторических текстильных материалах для русской мужской народной рубахи и Европейского мужского сюртука и их современных аналогах - Часть 2
- 2.7 – Свойства цифровых текстильных материалов в CLO 3D
- 3.1 – Размерные признаки аватара исторической мужской фигуры
- 3.2 – Измерения аватара в одежде с минимальными воздушными зазорами
- 3.3 – Толщина пакета материалов, измеренная разными методами, см
- 3.4 – Условные обозначения АС на рис. 3.10
- 3.5 – Результаты измерений чертежей мужских пальто
- 3.6 – Величины конструктивных прибавок
- 3.7 – Разность между размерными признаками сгенерированного аватара в CLO 3D и типовой мужской фигурой, см
- 3.8 – Взаимосвязь между параметрами чертежа, размерными признаками и прибавкой, см
- 3.9 – Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 17 пальто с отрезной линией талии
- 3.10 – Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 11 фраков
- 3.11 – Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 19 сюртуков
- 3.12 – Различия между длинами одноименных срезов для 17 отрезных

- по линии талии пальто
- 3.13 – Различия между длинами одноименных срезов для 11 фраков
 - 3.14 – Различия между длинами одноименных срезов для 19 сюртуков
 - 4.1 – Различные условия реконструкции и уровни сложности на основе различных объектов
 - 5.1 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - профессорский парадный сюртука
 - 5.2 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - словенского юношеский костюм - часть 1
 - 5.3 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - словенского юношеский костюм - часть 2
 - 5.4 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - русская народная рубаха
 - 5.5 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - европейское пальто конца - часть 1
 - 5.6 – Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - европейское пальто конца - часть 2

СПИСОК РИСУНКОВ

- 1.1 – Воссоздание анимированной одежды от-кутюр на основе 2D эскизов:
a - 2D эскизы Марка Бохана в 1946 году; *б* - 3D-аналог;
в - Юбер де Живанши в 1946 году; *г* - 3D-аналог
- 1.2 – Создание 3D одежды по эскизу Сержа Герена в 1950 году
- 1.3 – Вечернее платье 1920-х гг.:
a - эскизы; *б* - этапы сценария генерации цифрового двойника
- 1.4 – Цифровая репродукция исторической одежды эпохи рококо на основе 2D-фотографии:
a - женская 2D-фотография; *б* - 3D-аналог;
в - мужская 2D фотография; *г* - 3D-аналог
- 1.5 – Схема виртуальной реконструкции исторической одежды
- 1.6 – Реконструкция костюма Принца Альберта Саксонского:
a - технический рисунок по картине Уильяма Росса, 1840 г.;
б - виртуальный двойник
- 1.7 – Виртуальные ЦД на основе 2D изображения:
a - 2D фотография женского ИКК; *б* - 3D ЦД;
в - 2D-изображение мужских брюк; *г* - 3D ЦД
- 1.8 – Три группы симулированных ЦД
- 1.9 – Преобразование неподвижного исходного аватара (слева) в подвижный путем выравнивания поверхности (посередине), и локализации костных образований (справа)
- 1.10 – 3D аватар, реконструированный Дейвом Мауриелло:
a - виртуальная фигура актрисы Кэрол Ломбард;
б - виртуальная фигура 1930-х годов
- 1.11 – Генерация виртуальных фигур в Maya
- 1.12 – 3D виртуальная модель:
a - для дневного платья в 1860 году;
б - для дневного платья в 1920 году
- 1.13 – Гардероб носимой одежды периода рококо XVIII века
- 1.14 – Структура ИКК:
a - ЦД мужского костюма, завершённые послойно;
б - структура женского юбки в 1860-е годы
- 1.15 – Мужской костюм в XIX веке:
a - 1815-1820; *б* - 1852; *в* - 1890; *г* - 1895-1915
- 1.16 – Прикосновение ткани и сморщивание женского платья
- 1.17 – Свойства цифровых текстильных материалов в библиотеке CLO 3D
- 1.18 – Производство одежды в DC Suite:
a - схема чертежа; *б* - аватар; *в* - позиционирование деталей;
г - 3D симуляция; *д* - рендеринг текстиля и текстуры

- 1.19 – Контурные костюмов:
a - с симуляцией деформаций при влажно-тепловой обработке;
b - без симуляции деформаций при влажно-тепловой обработке;
v - совмещение контуров и схема измерений
- 1.20 – Схемы обработки фрака в конце XIX века:
a - вид с лицевой стороны; *b* - вид с изнаночной стороны;
v - места влажно-тепловой обработки
- 1.21 – Исторические измерительные инструменты:
a - лента; *b* - квадрат; *c* - отвес
- 1.22 – Измерения фигур по одежде и фигуре:
a - используемые в XIX веке; *b* - система У. Алдрич
- 1.23 – Содержание и условия измерения размерных признаков мужской фигуры для конструирования сорочек
- 1.24 – Содержание и условия измерения размерных признаков для конструирования мужских брюк
- 1.25 – Размерные признаки для составления чертежа брюк:
a - размерные признаки; *b* - для построения чертежа брюк
- 1.26 – Содержание и условия измерения размерных признаков мужского жилета
- 1.27 – Содержание и условия измерения размерных признаков мужского пальто
- 1.28 – Адаптация исторических чертежей пальто к современным правилам составления чертежей
- 1.29 – Аппаратное и программное обеспечение 3D сканера:
a - 3D сканер VITUS Smart XXL; *b* - пользовательский интерфейс программного обеспечения Anthroscan
- 1.30 – Пользовательский интерфейс третьего поколения интеллектуальной одежды 2D САПР системы - ET САПР
- 1.31 – Пользовательский интерфейс CLO3D Standalone 5.0
- 1.32 – Общий процесс РИ и редизайна методологии
- 1.33 – Алгоритм получения ЦД ткани по ее изображению (визуальное прототипирование)
- 2.1 – Совмещенные абрисы мужской фигуры, сканированной без корсета (синяя линия) и в корсете (красная пунктирная линия):
a - вид спереди; *b* - вид сбоку с указанием проекционных измерений, необходимых для правильной постановки ЦД в пространстве
- 2.2 – Схема усреднения горизонтального поперечного сечения для типичной мужской фигуры Y/180 (рост) - 92 (ОГ) - 84(ОТ) - 95.4 (ОБ) на трех уровне:
a - грудь; *b* - талия; *v* - бедер
- 2.3 – Цифровые двойники исторической мужской фигуры:
a - тип Y; *b* - тип А; *v* - тип В
- 2.4 – ИКК:

- a* - русская мужская народная рубаха; *б* - мужской сюртук;
в - словенская юношеская униформа, состоящая из сорочки, жилета, брюк и куртки
- 2.5 – Сбор данных:
a - русская мужская народная рубаха; *б* - словенская юношеская униформа
- 2.6 – Структура пакета материалов ИКК "Мундир профессора"
- 2.7 – Структура пакета материалов ИКК "Русская мужская народная рубаха"
- 2.8 – Структура пакета материалов ИКК "Униформа юношей Словении"
- 2.9 – Структура пакета материалов ИКК "Мужской сюртук"
- 2.10 – Инструменты для измерения:
a - толщиномер; *б* - ткань, анализирующая стекло
- 2.11 – Вывернутая наизнанку Русская мужская народная сорочка XIX века:
a - вид спереди; *б* - воротник; *в* - подмышка
- 2.12 – Словенское юношеское пальто:
a - наизнанку; *б* - стежки на половинном воротнике
- 3.1 – Отрезной бочок пальто, продублированный бумагой и клейкими лентами, в момент работы и после укладывания бумаги на плоскость:
a - трассировка пальто; *б* - размещение двойника на миллиметровой бумаге
- 3.2 – Метод дублирования:
a - скопированный бумажный двойник; *б* - схема координатного метода; *в* - окончательный чертеж после усреднения результатов измерения левого и правого отрезных бочков
- 3.3 – Скриншот полного комплекта чертежей деталей пальто в САПР:
a - детали из ткани верха; *б* - детали из подкладки;
в - прокладочные детали
- 3.4 – Этапы последовательного преобразования:
a, б - исходного виртуального двойника в транспарентную систему; *в, г* - имеющими воздушные прослойки, в системы без воздушных прослоек
- 3.5 – Горизонтальные сечения системы "аватар +ИКК" после прижатия материалов к поверхности аватара и максимального обнуления воздушных зазоров в пакете:
a - груди; *б* - талии; *в* - бедер
- 3.6 – Способ измерения:
a - схема формирования цилиндра с оболочкой из материалов, входящих в пакет на уровне талии; *б* - измерение толщины пакета в программе
- 3.7 – Виртуальные двойники исторической системы, полученные

- путем формирования пакета материалов одежды путем:
a - простого суммирования толщин исходных материалов;
б - добавления между ними воздушных зазоров; *в* - фрагмент совмещенных фронтальных контуров. Красным цветом выделен двойник на (*б*)
- 3.8 – Совмещенные схемы чертежей деталей мужских пальто (время создания чертежей указано на деталях юбок)
- 3.9 – Схема разметки аватара и внешний вид плоской развертки его поверхности в виде антропометрической сети
- 3.10 – Схема расположения антропометрических точек и линий на шаблонах деталей:
a - спинка; *б* - полочка; *в* - пройма
- 3.11 – Измерения применявшиеся в конце XIX - начале XX в
- 3.12 – Цифровые двойники пальто, сгенерированные из РВ1:
a - с использованием конструктивных прибавок , выражение (3.5);
б - для исторической фигуры и с учетом, выражение (3.4); *в* - для современной фигуры и их совмещенные абрисы
- 3.13 – Блок - схема расчета размеров признаков, скрытых в историческом чертеже
- 3.14 – Мужской кафтан с широкой юбкой:
a - прототип 1740-х годов; *б* - ч кафтана; *в* - чертеж камзола (жилета)
- 3.15 – Варианты виртуальных систем с ЦД мужской фигуры с разными антропометрическим кодом: $N_1 - 180,5\text{cm}$, $N_2 - 183,5\text{cm}$, $N_3 - 180,5\text{cm}$
- 3.16 – ЦД мужской фигуры и кафтана 1740 г.
- 3.17 – Схема расчета обхватов груди и талии аватара:
a - изображение цифрового двойника кафтана;
б - поперечные сечения на уровне груди
- 3.18 – Схема измерения размерных признаков мужских фигур
- 3.19 – Технические рисунки вариантов пальто
- 3.20 – Схемы чертежей мужской одежды:
a - пальто с отрезной талией; *б* - фрак; *в* - сюртук
- 3.21 – Схема измерения чертежей размеров мужской одежды:
a - пальто с отрезной талией; *б* - фрак; *в* - сюртук; *г* - рукав
- 3.22 – Получение цифровых двойников мужского сюртука:
a - исходное изображение; *б* - исходный чертеж;
в - модифицированный чертеж для виртуальной примерки;
г - цифровой двойник сюртука, сгенерированный по исходному чертежу; *в* - цифровой двойник сюртука, сгенерированный по модифицированному чертежу; *е* - совмещенные контуры цифровых двойников
- 4.1 – Алгоритм генерации цифровых двойников исторических мужских фигур

- 4.2 – Виды информация для реконструкции фигуры и генерирования ЦД
- 4.3 – Виды информация для реконструкции тканей и генерирования ЦД
- 4.4 – Виды информация для реконструкции костюме и генерирования ЦД
- 4.5 – Аппаратное и программное обеспечение для оценки точности реконструкции ИКК
- 5.1 – Исторические изображения с официальных сайтов Московского Государственного Университета:
 - а* - проф. Мелиссино Иван Иванович, 1771-1795;
 - б* - Президенткаченковский Михаил Трофимович, 1837-1842;
 - в* - проф. Цветаев Иван Владимирович, 1898
- 5.2 – Схемы базовых чертежей двух вариантов мужского формального мундира:
 - а* - базовой конструкции; *б* - после улучшения
- 5.3 – 3D реконструкции:
 - а* - *д* - изображения 5 мужских формальных пальто;
 - е* - скриншот его 3D видео подиума
- 5.4 – Фотографии мужского вечернего пальто для особого случая в современном варианте
- 5.5 – ИКК молодого человека Словенского движения "соколы" и его компоненты:
 - а* - ИКК из фондов музея; *б* - технический рисунок;
 - в* - сорочка; *г* - жилет; *д* - куртка; *ж* - брюки
- 5.6 – Чертеж четырех предметов одежды униформы:
 - а* - оболочка рубашек, брюк, жилета и пиджака;
 - б* - подкладка жилета и пиджака
- 5.7 – ЦД Словении юношеская униформа:
 - а* - нижнее белье состоит из сорочки, брюк и жилета;
 - б* - полная униформа
- 5.8 – Фотографии аутентичной рубахи (*а*, *б*) и реконструированные схемы чертежей:
 - в* - чертежи деталей из основной ткани; *г* - чертежи деталей из подкладочной ткани; *д* - дерматоглифический чертеж верхней ткани после ретуши
- 5.9 – ЦД русской народной сорочки:
 - а* - 3D расположение; *б* - три вида виртуальной рубашки
- 5.10 – Виртуальная реконструкция народной сорочки двумя способами:
 - а* - без учета метода формообразования и текстильного материала;
 - б* - после объединения всех баз данных
- 5.11 – Внешний вид рекоконструируемого в виртуальной среде мужского ИКК
- 5.12 – Чертеж пяти предметов одежды ИКК:

- a* - сорочка, нижние брюки, брюки, жилет и сюртук;
б - подкладка жилета и сюртука; *в* - подкладки сюртука
- 5.13 – Линии шва, которые необходимо проанализировать
- 5.14 – Виртуальная реконструкция полного мужского костюма:
a - сорочка + нижние брюки; *б* - сорочка + нижние брюки + жилет + брюки; *в* - сорочка+ нижние брюки + жилет + брюки + пальто;
г - полный костюм
- 5.15 – ЦД двух вариантов сюртуков:
a - без учета формообразования (пунктирная линия);
б - с учетом формообразования (сплошная линия);
в - совмещенные контуры;
г - поперечные сечения ЦД на одном уровне низа

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Историческая одежда как объект культурного наследия может быть оценена в полном объеме только на человеческой фигуре, имеющей характерные антропометрические и иные имиджевые признаки того же времени. Разница между исторической одеждой, помещенной на манекене и этой же моделью одежды, изображенной на картине или запечатленной на фотографии в виде системы "фигура-одежда", огромна по причине того, что внешний вид и объемно-пространственные формы будут являться результатами проявления разного количества отличающихся друг от друга факторов.

Современное состояние и возможности компьютерных технологий, применяемых для проектирования современной одежды, позволяют расширить область их использования и включить в нее те объекты дизайна, которые были получены ранее исключительно на основе некомпьютеризированных действий и ручного труда. В таких областях накоплен огромный опыт, который не формализован и окончательно не систематизирован, но который представляет огромный интерес для развития современного дизайна. Такой перспективной областью является реконструкция в виртуальной среде исторических костюмных комплексов (ИКК) как объектов художественного и инженерного творчества. Для развития этого направления существуют несколько объективных причин: необходимость сохранения и широкого использования культурного наследия; сложности с материальной реконструкцией и экспонированием ИКК; частое обращение современных дизайнеров к ИКК как источнику творчества; важность сохранения национальной идентичности.

Перечисленные факторы могут быть реализованы за счет цифровизации и замены материальных костюмов их цифровыми двойниками (ЦД), что позволит повысить доступность исторического костюма для изучения, демонстрации и применения. Воссоздать ЦД ИКК

можно с применением систем автоматизированного проектирования и компьютерно-графических пакетов, которые обладают инструментарием для выполнения всех этапов художественного и инженерного проектирования одежды в виртуальной среде. Виртуальная реконструкция ИКК - это генерирование (воссоздание) компьютерными средствами фотореалистичных ЦД систем "фигура - костюм" на основе сохранившихся изображений, описаний внешнего вида, художественно-конструкторских решений материальных артефактов (полным или фрагментарным).

Степень разработанности темы. Научные проблемы виртуальной реконструкции являются объектом исследования многих зарубежных ученых. **Kang** (Южная Корея) разработал цифровые копии исторических костюмов для создания виртуальных экспозиций. N.Magnenat-Thalmann и P. Volino (Switzerland) заложили принципиальные подходы к виртуальному прототипированию исторической одежды разных стилей согласно характеристикам текстильных материалов. В нашей стране такие исследования выполняют А.Ю.Москвин и М.В.Москвина (СПбГУПТД) и кафедра КШИ ИВГПУ. К настоящему времени разрабатывают научные, методологические и технологические основы виртуальной реконструкции ИКК, проводят активную работу по включению в состав музейных экспозиций ЦД. Заложенные в этих исследованиях базовые принципы реконструкции позволяют увеличить количество видов виртуальной одежды.

Однако широкому применению такого подхода мешает отсутствие систематизированной и параметризованной информации о конструктивном устройстве исторической одежды, которая является обязательным условием получения фотореалистичных цифровых двойников. Структура исторического гардероба представлена на уровне вербального описания без антропометрической "привязки" к морфологии фигуры. Непосредственное использование сохранившихся исторических

чертежей сопряжено с большими проблемами ввиду полного отсутствия информации о размерной принадлежности, приемах конструктивного формообразования, заложенных конструктивных прибавках. Кроме того, степень формализации и глубина изучения мужского костюма значительно ниже, чем женского.

Слепая попытка изготовить по имеющимся чертежам исторической одежды (ЧИО) копию исторической одежды и сформировать историческую систему не может считаться успешной при отсутствии утраченных знаний. Базы данных, необходимые для адекватной реконструкции ИКК, должны содержать информацию, с помощью которой будут раскрыты механизмы действия разных факторов и даны ответы на вопросы, относящиеся к условиям повторного проектирования и изготовления:

- на этапе *измерения* фигуры

1. Реконструировать значения размерных признаков и особенности морфологии фигуры, для которой был предназначен ЧИО.

2. Восстановить условия измерения размерных признаков.

- на этапе *конфекционирования* материалов

3. Реконструировать показатели свойств текстильных материалов.

- на этапе *формообразования* одежды

4. Воссоздать гардероб ИКК, а именно количество и виды одновременно носимой одежды.

5. Формализовать количественные признаки объемно-пространственной формы, которую приобретет одежда вокруг фигуры.

6. Восстановить критерии, с помощью которых оценивали качество посадки одежды на фигуре.

При отсутствии перечисленной информации сложно оценить правильность конструкторских решений и выбор типа фигуры. Поэтому реконструкции ИКК по имеющимся ЧИО должен предшествовать комплексный анализ всех перечисленных факторов.

Это исследование позволит заложить научно-обоснованные принципы виртуальных примерок исторической одежды и ввести в культурный оборот утраченные исторические костюмы на основе их 2D изображений (картины, фотографии), количество которых неизмеримо больше по сравнению с сохранившимися материальными объектами. ЦД ИКК позволили бы экспонировать зрителю не только внешний вид одежды, но увидеть внутреннее конструктивное устройство, сложное с инженерной точки зрения и знание которого усилило бы полноценное восприятие ИКК. Использование цифровых реплик вместо материальных аналогов, подверженных старению, позволит в некоторых случаях сохранить натуральные текстильные материалы, исключить их повреждение и решить проблему музейных фондов, которые пока недоступны для зрителей ввиду ветхого или фрагментарного состояния экспонатов.

Работа выполнена на кафедре конструирования швейных изделий Ивановского государственного политехнического университета в 2018-2020 гг. в рамках научного направления кафедры "Анализ и синтез материальных и виртуальных систем "фигура-одежда" и двух международных проектов: "Разработка цифровых двойников исторического костюма с помощью технологий реверсивного инжиниринга" при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ и Партнерской программы Юбера Кюрьена - А.Н. Колмогорова с участием Университета Верхнего Эльзаса, Франция (уникальный идентификатор проекта: RFMEFI61619X0113); "Виртуальная реконструкция исторических костюмов России и Словении" при поддержке Агентства научных исследований Словении с Университетом Марибор (номер проекта VI-RU/19-20-023).

Работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта ВАК научной специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий (технические науки): 2. "Совершенствование процесса и методов

проектирования одежды на основе использования рациональной размерной типологии населения, требований ЕСКД и широкого применения современной вычислительной техники". 5 «Совершенствование методов оценки качества и проектирование одежды с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями». 12. "Разработка методов получения оптимальных технологических решений применительно к одежде разнообразного ассортимента, обеспечивающих применение современной технологии, рациональное использование оборудования и др."

Целью диссертационной работы является создание методики получения фотореалистичных цифровых реплик мужских исторических костюмов на основе технологии реверсивного инжиниринга.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе необходимо решить следующие **задачи**:

1. Сформировать базу данных о структуре мужского гардероба и применявшихся для его изготовления текстильных материалах конца XIX - середины XX вв.

2. Изучить приемы формообразования, использовавшиеся для получения объемно-пространственной формы исторической одежды при ее проектировании и производстве.

3. Провести антропометрические исследования современных мужских фигур для формирования базы данных, необходимой для генерирования цифровых двойников мужских модных исторических фигур.

4. Разработаны алгоритмы генерирования виртуального двойника исторической мужской фигуры, нахождения толщины пакета материалов носимой одежды и величин конструктивных прибавок к размерным признакам фигур.

5. Разработать методику параметризации, графоаналитического анализа и идентификации размерного варианта чертежей исторической одежды.

6. Разработать метод адаптации ЧИО к антропоморфным особенностям современных фигур.

7. Разработать технологию получения виртуальных двойников исторических костюмных комплексов на основе сохранившихся материальных прототипов или их изображений.

8. Выполнить экспериментальную проверку разработанных методик на примере материальной и виртуальной реконструкции следующих видов мужской одежды: мундир российского профессорский парадный сюртука XIX века, русская народная рубаха XIX века, словенский костюм молодежного движения "Соколы" первой половины XX в., европейское повседневное пальто конца XIX - начала XX вв.

Объекты исследования – мужские исторические фигуры, мужские исторические костюмы, процесс проектирования мужской одежды.

Предмет исследования – размерные признаки торса мужской фигуры, показатели свойств тканей, конструктивные параметры исторических чертежей.

Методы и средства исследования. Для исследования отдельных элементов и всей системы "мужская фигура - историческая одежда" использовали метод реверсивного инжиниринга, метод аналитической реконструкции исторической одежды, бесконтактный метод измерения мужских фигур и толщины текстильных материалов, методы генерирования многослойных виртуальных объектов.

Для проведения экспериментальных исследований был сформирован аппаратно-программный комплекс под условным названием "Цифровая реплика исторической одежды", 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 (BUYI Technology, Китай) для оцифровывания исторических чертежей; (4) 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).

Положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности формирования модных мужских исторических фигур под влиянием корсета.

2. Методика идентификации размерной принадлежности и запроектированных конструктивно-технологических приемов в исторических чертежах мужской плечевой одежды.

3. Методика бесконтактного измерения в виртуальной среде толщины пакета текстильных материалов, принадлежащих одновременно носимым нескольким видам одежды.

4. Алгоритм пересчета конструктивных прибавок, содержащихся в исторических чертежах, для реконструкции исторических костюмных комплексов с учетом типологии современных фигур.

Научная новизна работы в разработке совокупности методик реконструкции и генерирования аватаров фигур, конструктивного устройства и приемов формообразования, необходимых и достаточных для генерирования цифровых двойников исторических костюмных комплексов.

Практическая значимость работы состоит в создании новых баз данных, методики идентификации размерной принадлежности исторического чертежа, генерировании цифровых двойников с высокой степенью реалистичности. Разработан алгоритм адаптации ЧИО к современным фигурам с целью генерирования основных признаков объемно-пространственной формы системы "мужская фигура - историческая одежда". Результаты работы прошли проверку путем

виртуальной реконструкции трех комплексов из разных материалов, отличающихся конструктивным устройством и разными показателями объемно-пространственной формы. Получен патент на промышленный образец № 123089 "Мундир для торжественных случаев" (заявка № 2019505136 от 18.11.2019).

Теоретическая значимость состоит в установленных закономерностях преобразования материальных исторических костюмных комплексов и их изображений в виртуальные двойники систем "мужская фигура-одежда".

Степень достоверности результатов подтверждена идентичностью внешнего вида исторических костюмных комплексов и их виртуальных двойников благодаря применению двух групп информации: первой - полученной после аналитических исследований 70 практических руководств по конструированию исторической мужской одежды, 17 исторических изданий по текстильному материаловедению, второй - полученной после графоаналитического анализа 47 конструкций мужских пальто, бесконтактных антропометрических исследований 41 мужской фигуры, испытаниям 16 современных тканей, виртуальных экспериментов. Проверка обеих групп информации проведена во время виртуальной реконструкции четырех видов исторических костюмных комплексов, отличающихся конструктивным устройством, объемно-силуэтной формой и приемами формообразования.

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 17th World Textile Conference AUTEX 2017- "Textiles - Shaping the Future", 21-23 июня 2017 года (**Корфу, Греция**); XXIV международная научно-технической конференции "Информационная среда вуза", 22-23 ноября 2017 года (**ИВГПУ, Иваново**); Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (**AITAE 2018**), 5-7 сентября 2018 (**Mytilene, Greece**); Всероссийская (с международным участием) молодёжная научно-

техническая конференция "Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы ПОИСК 2019", 24-26 апрель 2019 года (**ИВГПУ, Иваново**); XXII международном научно-практическом форуме "Физика волокнистых материалов", 25-27 сентября 2019 (**ИВГПУ, Иваново**); 2019 3rd International Conference on Advanced Education and Management Science AEMS2019, 24-25 ноябрь 2019 года (**Пекин, Китай**); 6th ICAET 2020 International Conference on Advanced Engineering and Technology, 13-15 декабря 2019 года (**Инчхон, Южная Корея**); национальная молодёжная научно-техническая конференция "Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы ПОИСК-2020", 22-24 апрель 2020 года (**ИВГПУ, Иваново**); международная конференция "Техника, технологии и образование" (International Conference on Technics, Technologies and Education) ICTTE 2020, 5-6 ноября 2020 г. (**Ямбол, Болгария**).

Материальные и виртуальные объекты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, были продемонстрированы на первом Всероссийском конкурсе молодых дизайнеров "Мода 4.0", декабрь 2018 (**Иваново**); выставке "Историческая реконструкция. Промышленный дизайн одежды. Цифровые технологии в моде", 27-28 ноября 2019 года, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, (**Москва**). В коллаборации с Университетом Марибора и Музеем Национального освобождения выполнена реконструкция мужской униформы 1937 г. (**Марибор, Словения**), а с Гаврилово-Посадским краеведческим музеем - реконструкция мужской рубахи конца XIX века (**Ивановская область, Гаврилов Посад**). Аналитическая реконструкция профессорского мундира заняла первое место в номинации "Костюм" на конкурсе #Узнай Россию. Донское слово в рамках II Международного конгресса волонтеров культуры и медиа, 2020 (**Ростов-на-Дону**).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 печатных работ, из них две статьи в журнале "Известия

вузов. Технология текстильной промышленности", входящем в перечень ВАК, четыре статьи в зарубежных изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, пять материалов конференций и форумов различных уровней, одном патенте на промышленный образец.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание работы изложено на 220 страницах машинописного текста, включая 87 рисунков и 35 таблиц. Список использованных источников насчитывает 168 наименований.

ВСТУПЛЕНИЕ

Историческая одежда как объект культурного наследия может быть оценена в полном объеме только на человеческой фигуре, имеющей характерные антропометрические и иные имиджевые признаки того же времени. Разница между исторической одеждой, помещенной на манекене и этой же моделью одежды, изображенной на картине или запечатленной на фотографии в виде системы "фигура-одежда", огромна по причине того, что внешний вид и объемно-пространственные формы будут являться результатами проявления разного количества отличающихся друг от друга факторов.

Современное состояние и возможности компьютерных технологий, применяемых для проектирования современной одежды, позволяют расширить область их использования и включить в нее те объекты дизайна, которые были получены ранее исключительно на основе некомпьютеризированных действий и ручного труда. В таких областях накоплен огромный опыт, который не формализован и окончательно не систематизирован, но который представляет огромный интерес для развития современного дизайна. Такой перспективной областью является реконструкция в виртуальной среде исторического костюма как объекта художественного и инженерного творчества.

Для развития этого направления существуют несколько объективных причин: необходимость сохранения и широкого использования культурного наследия; сложности с материальной реконструкцией и экспонированием натуральных объектов; частое обращение современных дизайнеров к историческому костюму как источнику творчества; важность сохранения национальной идентичности.

Перечисленные факторы могут быть реализованы за счет цифровизации и замены материальных костюмов их цифровыми репликами, что позволит повысить доступность исторического костюма

для изучения, демонстрации и применения. Воссоздать цифровые двойники исторических костюмов можно с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) и компьютерно-графических пакетов (КГП), которые обладают инструментарием для выполнения всех этапов художественного и инженерного проектирования одежды в виртуальной среде. Виртуальная реконструкция исторической одежды - это генерирование (воссоздание) компьютерными средствами фотореалистичных цифровых реплик систем "фигура - костюм" на основе сохранившихся изображений, описаний внешнего вида, художественно-конструкторских решений материальных артефактов (полным или фрагментарным).

Научные проблемы виртуальной реконструкции являются объектом исследования многих зарубежных ученых. К настоящему времени разработаны научные, методологические и технологические основы виртуальной реконструкции исторической одежды как части системы "аватар исторической фигуры - исторический костюм", проводится активная работа по включению в состав музейных экспозиций виртуальных объектов вместе с материальными прототипами. Заложенные в этих исследованиях базовые принципы реконструкции позволяют увеличить количество видов виртуальной одежды.

Однако широкому применению такого подхода мешает отсутствие систематизированной и параметризованной информации о конструктивном устройстве исторической одежды, которая является обязательным условием получения фотореалистичных реплик. Структура исторического гардероба представлена на уровне вербального описания без антропометрической "привязки" к морфологии фигуры. Непосредственное использование сохранившихся исторических чертежей сопряжено с большими проблемами ввиду полного отсутствия информации о размерной принадлежности, приемах конструктивного формообразования, заложенных конструктивных прибавках. Кроме того,

степень формализации и глубина изучения мужского костюма значительно ниже, чем женского.

Целью диссертационной работы является создание методики получения фотореалистичных цифровых реплик мужских исторических костюмов на основе технологии реверсивного инжиниринга. Данное исследование посвящено разработке теоретико-методологических основ виртуальной реконструкции исторической мужской одежды средствами реверс-инжиниринга, перспективным направлением которого является реконструкция исторической одежды в виртуальной среде как объекта художественно-инженерного проектирования.

ГЛАВА 1. СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ПО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ ОДЕЖДЫ

"Материальная культура - это общепринятое название осязаемого результата человеческого поведения. У нас есть вещи, которые нужно изучать, и мы должны добросовестно записывать их и любовно исследовать, если мы хотим, чтобы абстракция, называемая культурой, была собрана." "Дизайн - это запись процесса проектирования и ... мысли дизайнера и обеспечивает ресурс для историка и ученого, созданный во времени и сформированный в соответствии с культурным образцом" [1]. Историческая одежда не только является богатым источником вдохновения для современных дизайнеров одежды, но и предоставляет возможность социологам, антропологам и историкам изучать дизайн одежды от концепции до реализации; социальную среду, в которой производится и носится одежда; эволюцию типа фигуры и позы. Однако сейчас на полноценное восприятие исторической одежды все еще влияют многие ограничения, например, одежду обычно выставляют на манекенах, а не на реальных человеческих фигурах. В то же время историческую одежду было трудно сохранить с помощью современных технологий, даже в оптимальных средах, она деградирует под воздействием света, температуры и влажности, давления и других факторов. Поэтому нам срочно нужен новый метод постоянной защиты этого культурного наследия и передачи материальной и духовной культуры от эпохи к эпохе [2]. Виртуальная симуляция одежды является результатом приложения широкого спектра технологий, разработанных за последние 25 лет, которые основаны не только на реалистичной симуляции механических свойств ткани, но и виртуальной одежды на синтетическом аватаре.

Однако эта технология широко использовалась в современной промышленной одежде в настоящее время и редко используется на

исторической одежде, что вызвано недостаточной осведомленностью о взаимосвязи между историческими морфологическими особенностями мужской фигуры, исторической структурой чертежа, историческим текстильным материалом и т. д. Данный обзор направлен на анализ современной научно-исследовательской ситуации в области реконструкции реальной и виртуальной одежды и на просвещение нового метода реконструкции исторической одежды с высокой точностью, который окажет огромное влияние на историческую одежду и связанные с ней отраслевые производства, а также выведет традиционное профессиональное достояние на более высокий уровень.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в двух работах [158-159].

1.1. Технологии сценариев для получения 3D ИКК на основе их 2D изображений

В истории индустрии моды европейская историческая одежда была одним из самых важных источников вдохновения для дизайна. На подиумах ежегодных недель моды в Париже, Милане, Нью-Йорке, Лондоне часто появляются соответствующие элементы и особенности исторической одежды в дизайне многих известных брендов [3]. Между тем, некоторые люксовые бренды также используют цифровые показы моделей одежды, чтобы выразить свой фирменный стиль. Например, Александр Маккуин и Барберри использовали голографический показ мод, а Ральф Лорен в отличие от традиционного 3D показа выбрал форму 4D, чтобы зрители почувствовали запахи и ветер. Кроме того, Ecole de Paris, Fnc. Kolon, Харриетт Ким и др. параллельно используют одну и ту же одежду, что и реальная, для 3D-цифрового показа мод на виртуальных моделях [4-6].

Н. Маньенат-Тельман и П. Волино рассмотрели развитие сценарии технологий симуляция виртуальной одежды с 1994 по 2004 гг. и подробно описали структуру удовлетворения потребностей индустрии моды в дизайне виртуальной одежды и прототипировании. Виртуальная симуляция значительно помогла бы дизайнерам одежды не только ускорить свою творческую работу, но и воплотить свои творения в жизнь с помощью качественного механического симулятора на анимированных аватарах (рис. 1.1) [7].



Рисунок 1.1 - Воссоздание анимированной одежды от-кутюр на основе 2D эскизов: *а* - 2D эскизы Марка Бохана в 1946 году; *б* - 3D-аналог; *в* - Юбер де Живанши в 1946 году; *г* - 3D-аналог [7]

Кроме того, они разработали систему воспроизведения одежды от кутюр 1940-1950-х гг. на основе эскизов. Система успешно имитирует одежду, плотно прилегающую к телу, а также свободную и сложную одежду с реалистичными складками и локализованной жесткостью (рис. 1.2). Полученный результат показывает универсальность и надежность программного обеспечения Fashionizer для создания и моделирования ткани в различных контекстах.



Рисунок 1.2 - Создание 3D одежды по эскизу Сержа Герена в 1950 году [7]

J. Juanfen Цзян изначально изучал метод генерации трехмерной одежды на основе двумерных рисованных рисунков в той же структуре, с целью создания трехмерной виртуальной САПР одежды, подходящей для системы дизайнеров одежды [8].

С популяризацией технологии виртуального сценария в дизайне женской одежды, реконструкция ИКК может быть оптимизирована, следовательно, виртуальный сценарий может быть применен к фильмам, театрам и онлайн-музеям. Чтобы расширить доступ к своим коллекциям и сохранить их, многие институты создают веб-сайты, которые не только рекламируют физическую коллекцию, но и предоставляют изображения и данные для отдельных произведений из своей коллекции. К. Мартин описал эволюционный прототип проекта исторического архива одежды, который включает процесс возможности онлайн-поиска этих стандартов для базы данных, чтобы высококачественные изображения и краткие архивные данные об объектах в онлайн-коллекции соответствовали требованиям определенных групп пользователей, сохраняли одежду от чрезмерного обращения и сэкономили время куратора [9]. Для достижения этой цели многие исследователи провели изучение 3D виртуальной реконструкции исторической мужской одежды по 2D изображениям.

Кан и др. исследовали виртуальную и реальную реконструкцию исторической одежды [10-12]. Они представили процесс разработки цифровой одежды с использованием 3D САПР одежды и новых медиа.

Процесс генерации цифрового двойника одежды включал несколько этапов:

а) подготовительный: выбор вида одежды (как рис. 1.3), сборание данных, доработка чертежа и подготовка схем соединения;

б) цифровой: генерация виртуальных моделей и репродукция виртуальной одежды;

в) трехмерная симуляция: статическая, динамическая и деконструктивная.

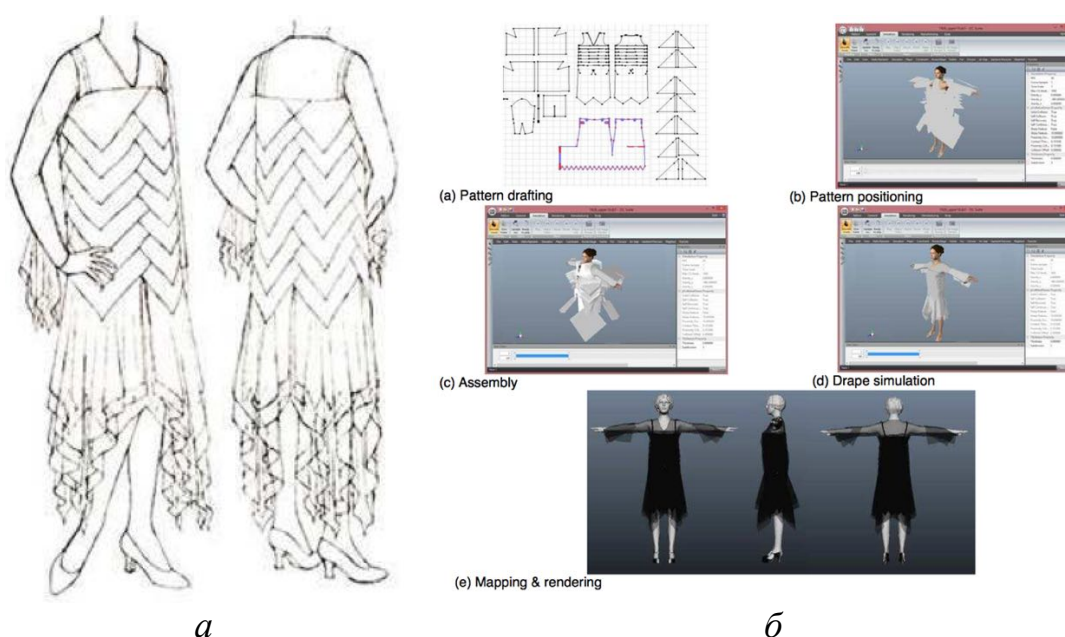


Рисунок 1.3 - Вечернее платье 1920-х гг.: а - эскизы [11]; б - этапы сценария генерации цифрового двойника [12]

На их основе были сгенерированы цифровые двойники одежды со статическим, динамическим и деконструктивным эффектами симуляции с помощью следующего процесса: 1) построение чертежа; 2) позиционирование деталей чертежа вокруг фигуры; 3) виртуальное сшивание; 4) симуляция драпировки; (5) отображение и рендеринг, как показано на рис. 1.3, б. Кроме того, были сгенерированы два ИКК эпохи Рококо XIX века на основе 2D фотографии, которая рассматривается как пример периода с самыми 3D гламурными платьями в истории (рис. 1.4).



а

б

в

г

Рисунок 1.4 - Цифровое репродукция исторической одежды эпохи рококо на основе 2D-фотографии: *а* - женская 2D-фотография; *б* - 3D-аналог; *в* - мужская 2D фотография; *г* - 3D-аналог [10]

В этом исследовании были изучены возможности двух программ - DC Suite и Maya Qualoth - для создания цифровой одежды, которое может стать эталонным экспериментом для улучшения социальных сервисов тегов онлайн-музеев одежды. DC Suite использовали для создания чертежей и виртуальных примерных тестов, а Maya Qualoth - для симуляции и рендеринга. В вышеупомянутом исследовании разработчики столкнулись с некоторыми трудностями. Например, женское платье было украшено складками Ватто на линии горловины сзади и линии талии, но функция генерации таких складок не была включена в программное обеспечение. Поэтому складки Ватто были опущены, а складки на талии заменены сборкой [10].

Кузьмичев В. Е., Москвин А.Ю., Москвина М.В. внесли значительный вклад в виртуальную реконструкцию исторической одежды, эта исследовательская группа применила 2D и 3D САПР для реконструкции исторического чертежа и получения виртуального изображения в соответствии с прототипами. Достигнуто соответствие между стилем нескольких ИКК и их ЦД, реконструированными по двум ресурсам – изображениям ИКК и его чертежа. Здесь представлена схема

реконструкции этой исследовательской группы для трех групп одежды, основанного на изображении одежды и адаптированном чертеже (рис.1.5).

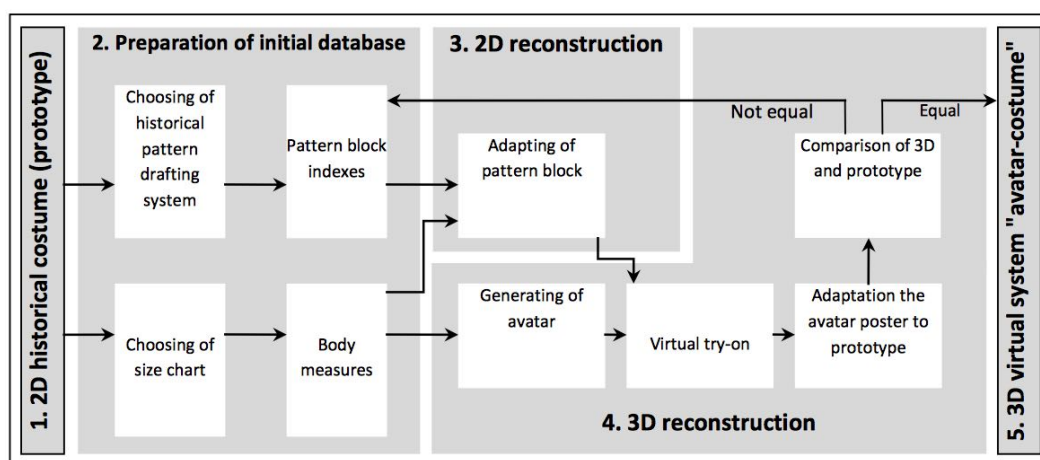


Рисунок 1.5 - Схема виртуальной реконструкции исторической одежды [13]

Первая группа ИКК - это мужские парадные костюмы XIX века. Этот метод включает пять шагов, чтобы преобразовать исторический образ в виртуальную систему "аватар - одежда": 1) 2D – изображение одежды (рис. 1.6, *a*); 2) подготовка исходной базы данных; 3) 2D-реконструкция; 4) 3D-реконструкция; 5) 3D-виртуальная система "аватар-одежда" (рис. 1.6, *б*).

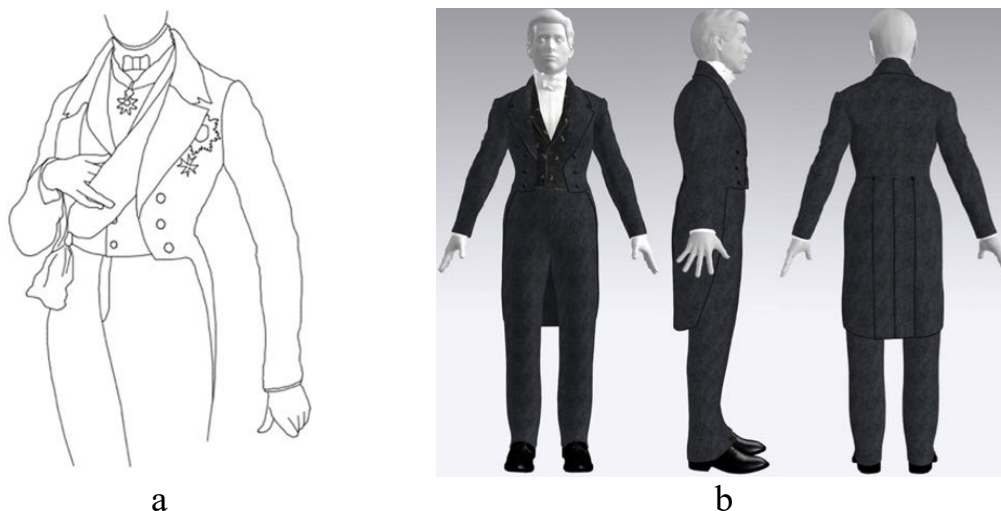


Рисунок 1.6 - Реконструкция костюма Принца Альберта Саксонского: *a* - технический рисунок по картине Уильяма Росса, 1840 г.; *б* - виртуальный двойник [13]

Вторая группа ИКК - юбки 1850-х - 1860-х гг. Они разработали метод генерации числовых копий юбок на основе фотографий, как показано на рис. 1.7, *а*. Они применили двумерное и трехмерное программное обеспечение для параметризации всех элементов юбок и реконструировали структуру всех слоев нижней юбки (рис. 1.7, *б*). Была произведена симуляция ЦД исторической женской юбки и доказано сходство между историческим прототипом и его ЦД [14].



Рисунок 1.7 - Виртуальные ЦД на основе 2D изображения: *а* - 2D фотография женского ИКК; *б* - 3D ЦД [14]; *в* - 2D-изображение мужских брюк; *г* - 3D ЦД [3]

Третья группа - мужские брюки XIX века. Они реконструировали исторический чертеж и получили виртуальное изображение (рис. 1.7, *г*) в соответствии с прототипами (рис. 1.7, *в*) с помощью САПР. Наконец, они предложили схему проверки результатов виртуальной примерки, которые помогли определить различия между ИКК, выбранным в качестве прототипа, и ЦД, реконструированным с помощью 3D САПР [3].

1.2. База данных для реконструкции исторической одежды

По сравнению с 2D САПР, 3D виртуальная технология - это инновационная технология реконструкции и редизайна исторической

одежды, которая позволяет исследователям использовать симуляцию в виртуальной среде “фигура-одежда”. Драпировка и пластичность ткани может быть тонко имитирована в работе 3D САПР. Для того, чтобы реконструировать ИКК, необходимо создать базы данных, включающие морфологические характеристики исторической мужской фигуры, структуру носимого гардероба, показатели свойств исторических тканей, приемы формообразование одежды и т. д. В противном случае симуляция реплики исторической мужской одежды не будет “цифровым двойником” прототипа. Например, Ю. Ким и др. использовали 2D чертежи из исторических чертежных справочников для реконструкции трех стилей мужского пальто второй половины XIX века, как показано на рис. 1.8 [15].



Рисунок 1.8 - Три группы симулированных ЦД [15]

Видно, что их виртуальные ЦД не сходны с прототипами. Очевидно, что на основе одних исторических чертежей без дополнительных баз данных невозможно получить ЦД ИКК.

1.2.1. Исторические мужская фигура

Для точной реконструкции ИКК и повышения эффективности процесса первичным фактором является установление идентичного аватара, который должен соответствовать исторической мужской фигуре. В виртуальной системе аватар должен быть точной репликой исторического прототипа. То есть реально визуальный образ, антропометрические показатели и морфологические характеристики

реконструированного виртуального аватара должны быть такими же, как и у исходной модной европейской фигуры [13].

Н. Маньенат-Тельманн и др. описали методы моделирования фигур, чтобы помочь дизайнерам эффективно локализовать суставные центры путем повторного использования существующих данных о костно-мышечных системах (т. е. алгоритм преобразования их в анимируемую модель) на основе модели поверхности из любого внешнего ресурса. На рис. 1.9 показаны две группы их результатов [16].

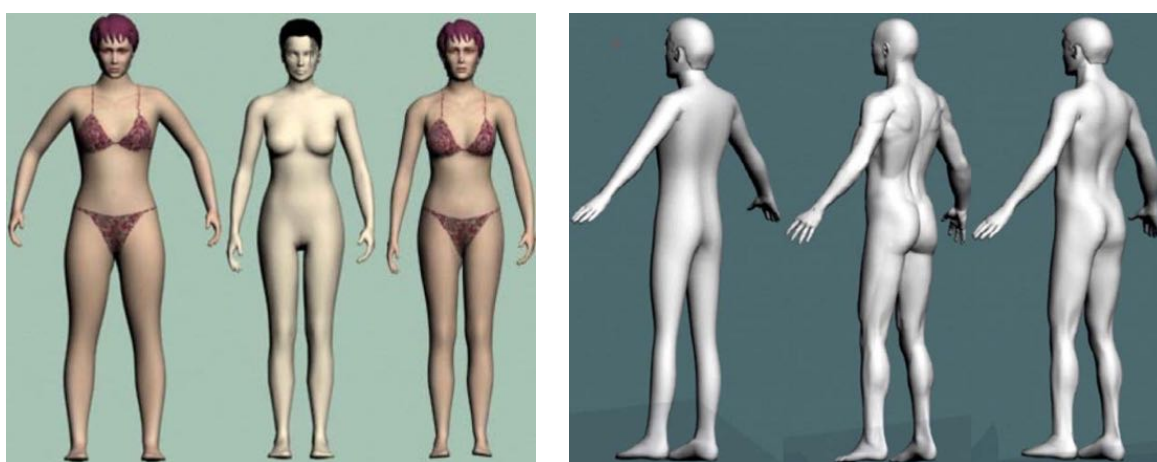


Рисунок 1.9 - Преобразование неподвижного исходного аватара (слева) в подвижный путем выравнивания поверхности (посередине), и локализации костных образований (справа) [16]

Кроме того, они выяснили, что форма фигуры среднестатистической женщины 1940-х гг. отличается от сегодняшней. В послевоенный период женская модная фигура имела близкую к "осиной" талию. В виртуальной среде стало возможным моделировать фигуру в соответствии с параметрами модных фигур разных временных периодов, поскольку фигура представляет собой просто оболочку из полигонов. В диапазоне между очень реалистичной и более абстрактной фигурой, они создали комбинацию того и другого, которая была выбрана для виртуального манекена для выставки Роберта Пигуэ. Была смоделирована талия, чрезмерно тонкая для типичной женской изогнутой фигуры 1940-х годов [7].

К. Мартин и др. вели исследования по 3D симуляции исторической одежды и созданию виртуальных фигур [17, 18]. Из-за отсутствия фотографий первоначального владельца одежды, они создали виртуальную модель 1930-х гг. (Рис.1.10), вдохновленную культовой кинозвездой 1930-х гг. Кэрол Ломбард в сотрудничестве с Дэйвом Мауриелло, факультетом цифровых медиа, Университета Дрекселя, и его студентами.

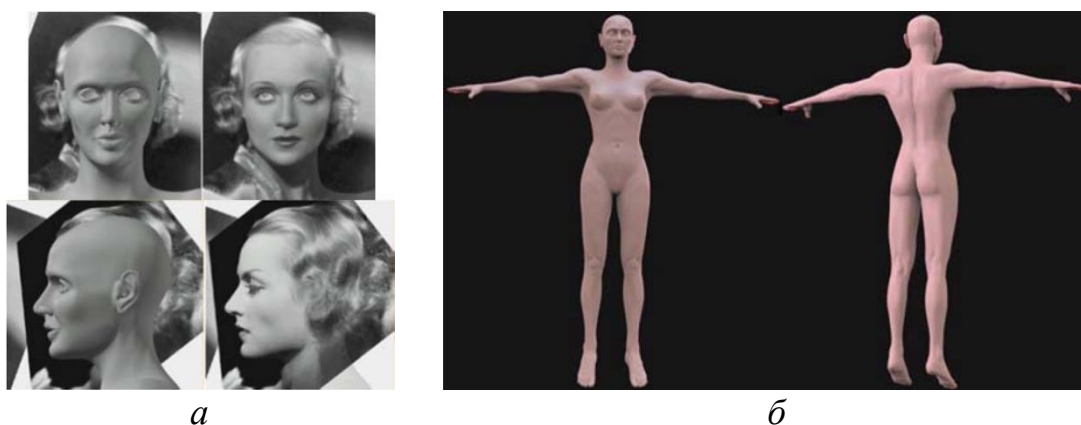


Рисунок 1.10 - 3D аватар, реконструированный Дейвом Мауриелло:
а - виртуальная фигура актрисы Кэрол Ломбард;
б - виртуальная фигура 1930-х годов [17]

В более ранних исследованиях Кана и др., были реконструированы мужская и женская фигуры, которые имитировали внешний вид людей в XVIII веке. Чтобы выразить огромную форму женского платья с юбкой, талию женской фигуры прикрепляли к панье (рис. 1.11) [10].

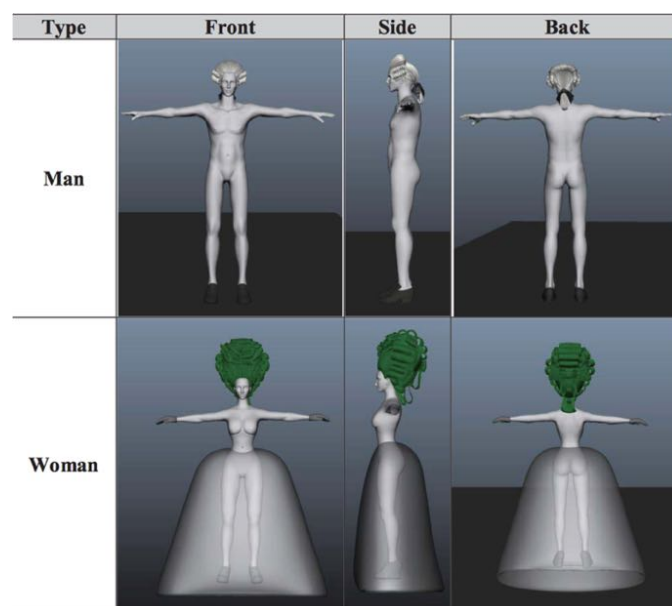


Рис. 1.11 - Генерация виртуальных фигур в Maya [10]

Эта группа исследователей разработала новый метод, который позволяет использовать систему 3D сканирования для генерации 3D моделей. Таким образом, виртуальная модель может иметь тот же объем и размер, что и торс физического манекена. Далее моделировали голову, руки и ноги и прикрепляли их к сканируемому объекту, чтобы сформировать фигуру персонажа. Кроме того, характеристики лица, прически, обувь и другие вспомогательные предметы, такие как кринолин, моделировали на основе реальных объектов или исторических иллюстраций того времени, чтобы отразить подлинность ИКК (рис.1.12) [12].

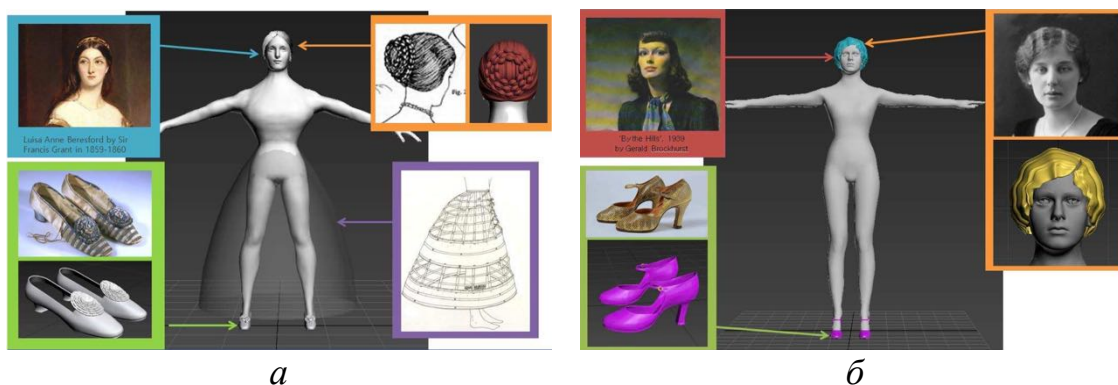


Рисунок 1.12 - 3D виртуальная модель: *а* - для дневного платья в 1860 году; *б* - для дневного платья в 1920 году [12]

1.2.2. Структура гардероба

ИКК включает в себя соответствующее нижнее белье, чтобы поддержать силуэт парадного костюма. Дополнительные деформирующие воздействия создают слои тканей и нижележащие опорные одежды [2]. Между тем, в отличие от офлайн-музеев, использование ЦД открывает возможность представления каждого предмета одежды от нижнего белья до верхней одежды, а также способы их ношения [10]. Поэтому в процессе генерирования ЦД ИКК также необходимо исследовать слои нижнего белья и способы его ношения.

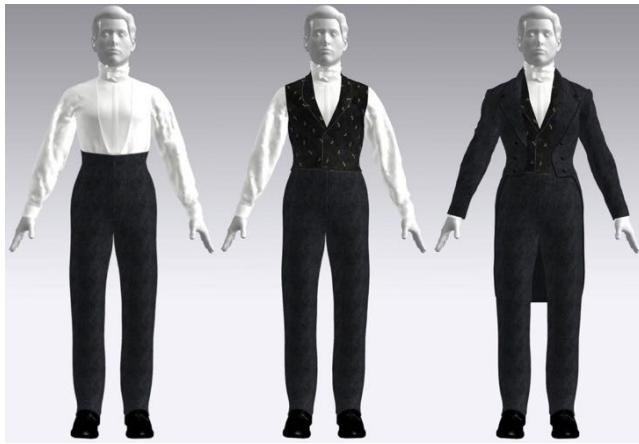
К. Мартин и др. представили коллекцию исторических костюмов Drexel мирового класса эпохи Гражданской войны. В дополнение к униформе и платьям обе коллекции имеют сложное нижнее белье, которое входит в состав ИКК. Они выбрали технические характеристики чертежа, а затем создали 3D-аватар, чтобы адаптировать костюм, одеть их изнутри в полные ансамбли того периода и продемонстрировать, как тела двигались в этом платье во время [2].

Чтобы реконструировать тонкую и элегантную одежду периода рококо XVIII века с помощью трехмерной технологии, Кан и др. изготовили полный мужской костюм из сюртука, жилета, бриджей, галстука и т. д., как показано на рис. 1.13 [10].

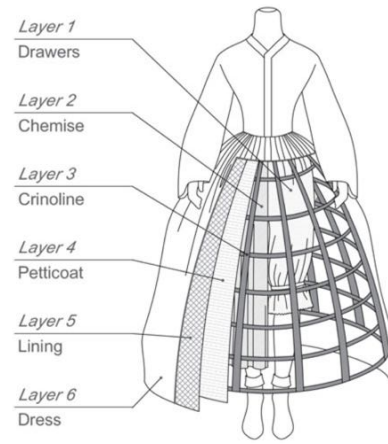
Costume					
	Coat http://www.allposters.co.uk http://www.fashion-stylist.net	Waistcoat http://www.lesartsdecoratifs.fr	Breeches http://18thcenturyhistory.com	Cravat http://americanduchess.blogspot.kr	
Hair and Accessory					
	Cadogan wig http://pinterest.com		Shoes http://outlandishobservations.blogspot.kr		

Рисунок 1.13 - Гардероб носимой одежды периода рококо XVIII века [10]

Москвин А.Ю. и др. скопировали последовательность одевания принца Альберта по выбранным предметам одежды (сорочка - брюки - жилет - пальто) и смоделировали взаимодействие между предметами одежды при виртуальной примерке. На рис. 1.14, а показаны виртуальные системы "аватар - парадный костюм 1840", сформированные на разных слоях ношения [13]. На рис. 1.14, б показано очередность исследования одежды и элементов для симуляции женского платья 1860-х гг. из шести 6 слоев: 1) панталоны или бриджи (нижнее белье шорты); 2) сорочка (нижнее платье, надеваемое под корсет и кринолин); 3) кринолин круглой или эллиптической формы; 4) нижняя юбка (одна или несколько нижних юбок, расположенных поверх клетки кринолина); 5) подкладка (этот слой использовался для продления срока службы юбки и получения желаемой формы); 6) верхняя юбка.



a



б

Рисунок 1.14 - Структура ИКК: *a* - ЦД мужского костюма, завершённые послойно [13]; *б* - структура женского юбки в 1860-е годы [14]

На протяжении большей части XIX века, одежда на улицах Бостона, Нью-Йорка, Филадельфии или Вашингтона ничем не отличалась от одежды в Лондоне, Париже или Берлине ввиду появления интернациональных стилей [19].



a



б



в



г

Рисунок 1.15 - Мужской костюм в XIX веке: *a* - 1815-1820 [20]; *б* - 1852 [21]; *в* - 1890 [22]; *г* - 1895-1915 [23]

С начала XIX века, разнообразие стилей пальто, с яркими аксессуарами и в широкой цветовой гамме, показало, как ткань может способствовать формированию стилевых отличий. Мужчины носили сорочку с высоким воротником, иногда с бантом. Как правило, сорочки изготавливали из хлопка или льна с плоским передом. Жилеты обычно носили по моде длиной до талии, а стоячий воротник был использован до 1830 г. Мужчины надели длинные брюки и туфли на плоской подошве. Фрак был разных цветов, а черный был эталоном элегантности. Цилиндр был самым популярным видом головных уборов [19, 24, 25]. На рис. 1.15, а демонстрируется мужской парадный костюм 1815-1820 годов, находившийся в одной из коллекций Музея Виктории и Альберта, музей № Т. 118-1953, в 1815-1820 годов [20].

Период с 1850 по 1890 гг. назван рассветом современной одежды. Романтизм (1850-1890) - это смесь трех ранних стилей Ренессанса, Готики и Рококо [26]. В этот период мужская одежда начала упрощаться и подчеркивать функциональность. Стали появляться стандартные и интернациональные стили одежды [19]. В течение этих 40 лет единообразие, спокойная элегантность и следование стандартам были очень важны в мужской одежде. Высококачественные ткани отличали лучшую одежду и раскрывали богатство и социальный статус владельца. Они предпочитали одежду темных цветов, таких как черный, темно-синий, коричневый и серый. Стандартный костюм состоял из сорочки, брюк, жилета и сюртука. У сорочки были отстегивающиеся воротнички и слегка подтянутые рукава, заканчивающиеся манжетой на пуговицах. Было много видов галстуков, включая галстуки в четыре руки, штоки, аскоты, галстуки-шнурки, галстуки-бабочки и лавальеры. Брюки были слегка свободными на бедрах, со складками на талии и сужающимися к низу, что создавало приталенный и тонкий эффект. Популярны были двубортные жилеты чуть ниже естественной линии талии. Плотная, гладкая посадка была достигнута благодаря точному разрезу и ремню с пряжками или

завязками на спине. У пальто был отложной воротник, более свободная посадка и меньший объем юбок придавал ему гораздо более прямую силуэт [24, 19, 25]. На рис.1.15, б показаны мужские пальто и брюки 1852 года из коллекции Музея художеств округа Лос-Анджелес [21].

В конце XVIII века мужская одежда стала практичной и однообразной, повседневные костюмы схожи с современными стилями, подчеркнутыми качественным пошивом, практичностью и хорошо одетыми. Мужской костюм обычно состоит из сорочки, панталон, брюк, жилета и пальто. Мужчины стали носить корсет, чтобы добиться "солдатской осанки". Сорочки, как правило, были белыми с жесткими съемными воротниками и имели довольно высокую линию горловины в 1900-1910 гг. Брюки были заужены, с плоским передом и приутюженной центральной складкой. У некоторых были манжеты, обычная длина была довольно короткой и заканчивалась выше подъема стопы. Пальто снова стали более приталенными с длинными юбками. Как однобортные, так и двубортные пальто имели необычный крой, зауженную талию и узкие рукава. На рис. 1.15, в представлен мужской костюм 1890 г. из Метрополитен музея [22].

На рубеже веков, получивших название Арт Нуво (1890-1914), и после Первой Мировой Войны (1918) бурное развитие науки и техники повлияло на образ жизни людей во всех аспектах в зависимости от различного назначения и случая, видов тканей, цветов и стилей, которые можно было выбрать. Каждый правильно одетый мужчина имел шляпу, хорошо начищенную обувь и трость [26], как показано на рис. 1.15, д.

Например, мужчины обычно носили приталенный костюм в дневное время и фрак - на официальных вечерних мероприятиях. В структуру модного мужского гардероба входили пять предметов одежды - корсет, сорочка, панталоны, брюки, жилет и сюртук [24, 25, 26]:

1) Корсет. Мужчины стали иногда носить корсет, чтобы добиться "солдатской осанки".

2) Сорочка. Сорочка обычно шилась из белой хлопчатобумажной или льняной ткани со съёмными воротничками, которые были вырезаны довольно высоко на шее. Рукава были покрыты небольшими складками поверх тульи рукава и заканчивались манжетой на пуговицах.

3) Подштанники. Длина Подштанники была около колена горизонтальной линии.

4) Брюки. Брюки были скроены зауженными и структура немного изменилась, с плоскими передами и резкой центральной складкой с помощью утюга. Брюки имели силуэт дымохода и заканчивались над подъемом.

5) Жилет. Жилет был вторым по значимости предметом одежды в мужском костюме, обычно пользовались популярностью клетчатая шерсть спереди и шелк сзади. Различия между популярными фасонами создавались длиной ниже уровня талии, однобортными или двубортными и воротничками.

6) Пальто. Со второй половины 19 века существовало много видов пальто. Среди них, как для повседневной носки, сюртук был самым преобладающим, они снова нарядились с более облегающей фигурой и длинными юбками, подчеркивающими стройный силуэт. Пальто были очень строгого покроя, с зауженными талиями и узкими рукавами.

1.2.3. Текстильные материалы

Культурное наследие заключается во многих формах: материальных, таких как объекты, здания, ландшафты; нематериальных, таких как воспоминания, эмоции, ценности и обычаи [27]. Однако на сегодняшний день, полная оценка исторической одежды все еще подвержена множеству ограничений, например ИКК имеют относительно короткий срок службы, так как одежда обычно состоит из органических волокон, которые уязвимы для окружающей среды и быстро деградируют

по сравнению с другими реликвиями [28]. С этой целью, многие ученые исследователи работают над реконструкцией исторической одежды с помощью 3D технологии, которая основана не только на реалистичной симуляции механических свойств ткани, но и виртуальной одежды на синтетическом аватаре и некоторых других аспектах.

В системе 3D САПР воспроизводят не только внешний вид поверхности ткани, но и показатели ее физическо-химических свойств, такие как коэффициент изгиба, жесткость изгиба, плотность, внутреннее демпфирование, изгиб и т. д. Канг и др. создавали точные ЦД женского платья из исторических ресурсов и разрабатывали их для онлайн выставок. Однако базы данных, которую они получили, было недостаточно для точной реконструкции одежды. Они не учитывали особенности исторических тканей. Видно, что складкообразование ткани более жестко в смоделированном ЦД результате, чем в реальном материале, как показано на рис. 1.16 [10].



Рисунок 1.16 - Прикосновение ткани и сморщивание женского платья [10]

Обзор академических коллекций исторического текстиля и одежды и рекомендации по управлению такими коллекциями представлен в монографии Вельтерса Л. М. [29]. Канг и др. продемонстрировали способ создания дизайна и изображения ткани в Photoshop CS5, использовали шейдер и освещение в DC Suite и MAYA для естественного выражения детализации поверхности и скорректировали возможности различных

тканей на вкладке симуляция DC Suite [4, 11]. Цибульская М. провела исследование свойств, которыми обладал археологический текстиль в прошлом, и разработала способ виртуальных реконструкций текстиля [30, 31]. Установлены детали ткани, такие как текстуры, принты, структуры или украшения, а также физические параметры (например, жесткость при растяжении, плотность массы), которые являются важными элементами для физического воспроизведения в работах Сеульского Национального университета [2]. Исследовательская группа, возглавляемая Н. Манненат-Тельман, внесла значительный вклад в метод виртуального моделирования, особенно в разработку техник моделирования исторической одежды, они разработали метод 3D-моделирования и симуляции для различных стилей исторической одежды в соответствии с характеристиками текстильных материалов [32].

Москвин А.Ю. и др. выбрали такую же редкую ткань, что и в XIX веке, и предварительно отрегулировали показатели физико-механических свойств, такие как изгиб, коэффициент изгиба, жесткость изгиба, внутреннее демпфирование и плотность, чтобы гарантировать соответствие виртуальной одежды. Кроме того, они также рассматривали положение поддерживающих накладок и аксессуаров [13]. В своем исследовании ЦД исторических юбок они выбрали 13 современных тканей, похожих на исторические ткани в программной библиотеке CLO 3D и Marvelous Designer, как показано на рис. 1.17.

Fabric id	Type	Properties							Buckling ratio-weft (0-1)	Buckling ratio-warp (0-1)
		Weight (density) (g/m ²)	Thickness (mm)	Stretch-weft stiffness (g/s ²)	Stretch-warp stiffness (g/s ²)	Bending-weft stiffness (g/mm ² /s ² /grad)	Bending-warp stiffness (g/mm ² /s ² /grad)			
Skirt, silk										
S5001	Crepe de Chine	66.1	0.18	17,315	21,157	156	195	0.70		
S007	Taffeta	66.1	0.15	700,000	700,000	1406	153	0.01		
S002	Charmeuse	81.1	0.19	9672	48,714	156	375	0.01		
S003	Duchess Satin	113.3	0.26	709,685	518,307	3500	2500	0.90		
S009	Faille	129.3	0.23	1,700,000	1,700,000	17,500	1094	0.85		
Lining, cotton										
M008	60s Muslin	74.6	0.19	87,354	138,904	586	1602	0.90		
M007	30s Muslin	113	0.28	188,301	147,113	1132	2226	0.90		
C010	Cotton Sateen	136.9	0.27	594,694	1,600,000	742	1601	0.90		
M006	20s Muslin	143.5	0.35	356,725	467,417	1367	2773	0.90		
Petticoat, cotton										
C004	40s Chambray	103.1	0.23	378,944	486,772	750	1078	0.90		
C003	50s Cotton Poplin	105.3	0.21	280,769	356,091	938	1289	0.90		
C009	40s Cotton Poplin	125.8	0.24	1,363,880	877,343	976	1445	0.90		
M005	Oxford Muslin	217.5	0.52	674,371	459,432	14,101	18,242	0.90		

Рисунок 1.17 - Свойства цифровых текстильных материалов в библиотеке CLO 3D [14]

Согласно Эмануэлю (1920) [33], Грейс (1923) [34], Дайеру (1923) [35], Воф (1964) [27], Коулу и Дейлу (2015) [25], волокна и тип типичных тканей для каждого предмета одежды мужского одежа представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Текстильный материал для мужского костюма в конце 19 века

Одежда	Тип	Классификация
Сорочка и Нижние брюки	Хлопок, белье	Мадрас, перкаль, оксфорд, белый батист, белье-хлопок смешанные наполовину выбеленная равнина
Брюки	Шерсть	Обычно легче по весу благодарят за пальто, высококачественную шерсть, трикотаж-ткет, меринос, докинз, кассимер, керсеймер, ратине.
Жилет	Шерсть, хлопок, шелк	Спереди была шерстяная (в простых цветах, клетчатая, твидовая или клетчатая) или хлопчатобумажная ткань. Спинка была из шелкового сатина или парчи, а хлопок в разных переплетениях и отделках.
Пальто	Шерсть, шелк	Черная или иссиня-черная тончайшая шерсть, ворстеды, кассимеры, твиды, викуны. Бархатные и шелковые накладки на воротники и реверсы.
Подкладки для пальто	Шерсть, шелк, хлопок	Мохер, Серж, фланель, хаки, атлас, дрель и сатин, хлопок и шелк, смеси шелка и льна.

1.2.4. Метод формообразования

Канг и др. использовали чертежи из опубликованных книг непосредственно, не рассматривая методы формообразования одежды, заложенные в чертежи конструкций и реализованные при пошиве. На рис. 1.18 показаны этапы виртуального шивания в DC Suite.

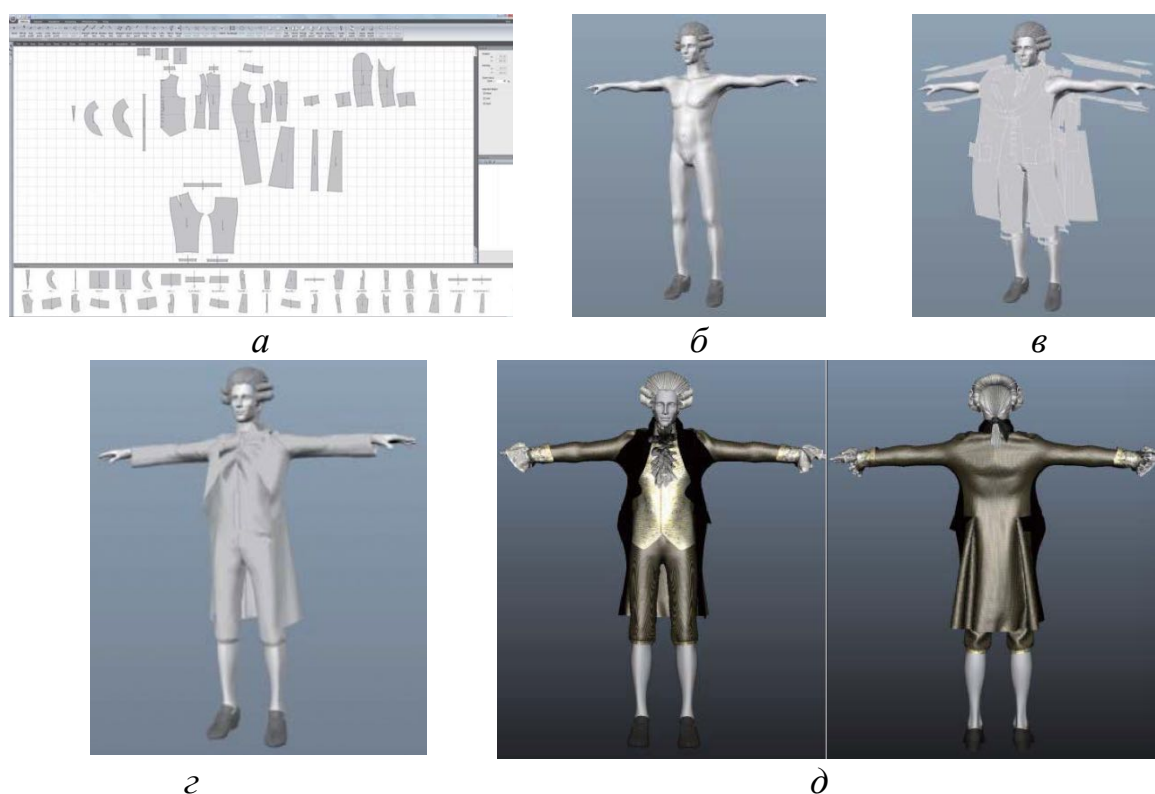


Рисунок 1.18 - Производство одежды в DC Suite:
a - схема чертежа; *б* - аватар; *в* - позиционирование деталей;
г - 3D симуляция; *д* - рендеринг текстиля и текстуры [10]

На рис.1.18 видны дефекты посадки на спине и в области плечевого пояса.

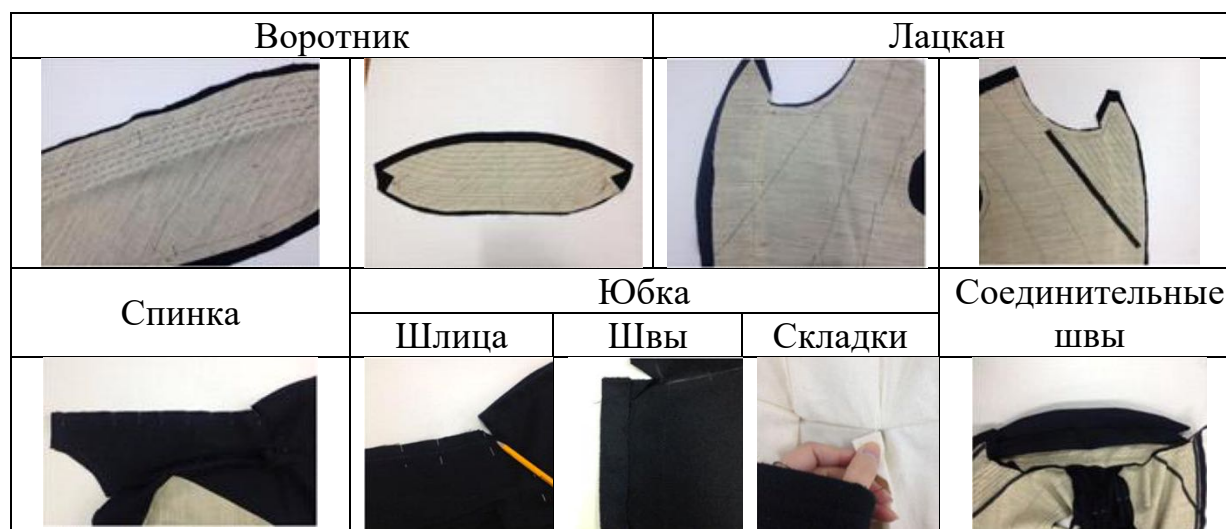
Н. Воф исследовал, как изменить пропорции виртуальной одежды, сделать ее длиннее, уменьшить объем в области талии с помощью вытачек, прокладок в области груди, вокруг проймы и головки оката рукава [24]. ...Скотт и др. представили краткое описание работы с плечевым поясом, чтобы продемонстрировать различные приемы моделирования одежды и их соответствующие возможности для получения

выразительного и хорошо пропорционального пояса [36]. К. Рю определил чертежи, технологию пошива и технику дизайна, изучив чертежные книги по мужской одежде, и проанализировал сохранившуюся одежду, чтобы восстановить выбранные модели. В табл. 1.2 представлена его база данных в виде фотографий одного пальто 1840-х годов, взятого из Музея декоративных художеств Парижа. В табл. 1.3 показан их способ изготовления 2D продукции вручную [15].

Таблица 1.2 - Методы формообразования и пошива пальто 1840-х гг. [15]



Таблица 1.3 - Приемы пошива каждой части пальто 1840-х гг. [15]



Более того, Н. Воф также указывал, что портновские утюги использовали с большим мастерством, а ткань и прокладки формовали путем растяжения и усадки на протяжении всего процесса изготовления пальто [24]. Этот процесс был также упомянут У. Д. Ф. Винсентом [37]. Москвин А.Ю. и др., рассматривая эту технологию в 3D-моделировании,

заменяли ее вытачками, которые были добавлены на участках интенсивной влажно-тепловой обработки. Чтобы оценить точность такой замены, они сравнили контуры трех объектов, как показано на рис. 1.19: 1) ЦД с учетом влажно-тепловой обработки; 2) ЦД без учета влажно-тепловой обработки; 3) ИКК. Измерив и сравнив шесть горизонтальных и вертикальных расстояний между контурами (X1-X6), они пришли к выводу, что ЦД, сгенерированный по чертежам с имитацией деформаций при паровом прессовании, имеет большее подобие исходному ИКК [13].

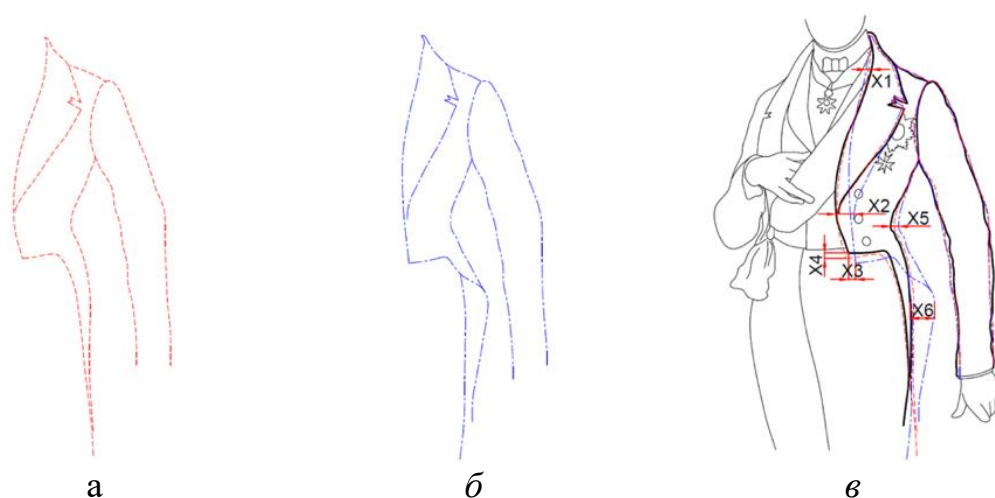


Рисунок 1.19 - Контуры костюмов: *а* - с симуляцией деформаций при влажно-тепловой обработке; *б* - без симуляции деформаций при влажно-тепловой обработке; *в* - совмещение контуров и схема измерений [13]

Для того, чтобы с высокой точностью реконструировать историческую одежду, необходимо знать методы построения чертежей, пошива и формообразования, в том числе специальные приемы, связанные с прошлыми ремесленными навыками. Например, в 1830-х и 1840-х гг. полочки жилета имели прокладки, а две небольшие вытачки из проймы и под лацканом помогали придать модную округлую форму груди [24].

В первой половине XIX века шерстяные ткани использовали для модных пальто. Центральные части полочек, иногда спинки на участке плечевого пояса и воротник были усилены льняной или иной бортовкой.

Воротник был укреплен и отформован, усилен холщовой подкладкой, вырезанной по косой и настроенной на воротник пальто множеством мелких “прокладочных стежков”. Около 1818 года мода требовала, чтобы фрак имел большую длину и более плотную посадку в области талии, называемую “рыбой”. Когда линия талия снова опустилась, вытачки стали использовать для подгонки в области бедер и ниже проймы, а к 1840 году вытачки закладывали в рельефные швы. Верхняя часть пальто состояла из шести отдельных частей и имела пять вертикальных швов. Этот метод формообразования был также применен во всех пальто XIX века, которые имели облегающий лиф и отдельно юбку или фалды. Рукава обычно усиливали белым льном, а передние части юбки - плотным хлопком, а иногда и более богатым материалом того же или контрастного цвета, что и пальто. Задняя часть пальто и юбки были без подкладки: юбка всегда была открытой сзади, а передняя часть юбки имела небольшую складку [24].

С середины XIX века технологии изготовления и отделки достигли большого прогресса. В 1880-х гг. нижние края платья и задних фалд начали заворачивать внутрь [24]. На рис. 1.20, *а* показан фрак, изготовленный до Первой мировой войны [38].



Рисунок 1.20 - Схемы обработки фрака в конце XIX века: *а* - вид с лицевой стороны [38]; *б* - вид с изнаночной стороны [39]; *в* - места влажно-тепловой обработки [13]

Для того, чтобы фрак в области груди имел выпуклую форму, полочку усиливали бортовой прокладкой и проектировали отрезной край борта. Пройма пальто была свободной, поэтому размеры подкладки стана и подкладки рукава были увеличены, ватные накладки, повторяющие форму плечевого пояса, были уложены вокруг задней и передней части проймы, плечевой шов поддерживала плечевая накладка треугольной формы, сделанная из двух или трех слоев холста, и подокатник помещали в головку оката рукава. Такая обработка плечевого пояса была известна как "американские плечи". Мужские пальто были полностью на подкладке, для передней часть обычно использовали ткань верха. Тяжелые ткани использовали для боковых частей, юбки и фалд. Шелк, атлас или легкий хлопок использовали для подкладки рукава. На рис. 1.20, б представлен мужской вечерний сюртук, вывернутый наизнанку [39].

Более того, портновские утюги использовали с большим мастерством, растягивая и сжимая ткани и детали на протяжении всего процесса изготовления мужского пальто [24, 37]. На рис. 1.20, в показаны места оттягивания и сутюживания срезов деталей, благодаря которым получалась особая форма мужских пальто. Длины срезов удлиняли или укорачивали после влажно-тепловой обработки. Диапазон изменений составлял: части 1 - 0 ... 0,9 см, части 2 - 0,6 ... 1,3 см, части 3 - 0,6 ... 6,4 см, части 4 - 0,6 ... 2,5 см [13]. Таким образом, без этих величин деформаций деталей пальто не возможно получить ЦД, идентичный ИКК.

1.3. Измерение размеров исторической мужской фигуры

Чтобы построить аватар для презентации исторической одежды и сравнить размерные типологии и размерные характеристики типичных фигур второй половины XIX века и нашего времени, необходимо знать систему размеров, содержание и условия измерения, которые использовали для построения исторических чертежей.

С середины XIX века с непрерывным развитием урбанизации, швейная промышленность становилась сильнее с каждым днем. Число портных в Европе, США и Российской империи значительно возросло в период с 1841 по 1871 год. Ранние чертежи были очень важны, потому что идеи и методы портных, подходивших к проблемам системы размеров для изготовления чертежей, легли в основу более поздних, более изощренных методов и создали технические средства для обеспечения массового производства одежды XX века [40]. Заказные портные опубликовали огромное количество диаграмм размеров для мужчин. Например, в этой диссертационной работе исследовано более 70 инструкций по конструированию, изданных в Европе, США и Российской Империи с 1809 по 1979 год [24, 36, 37, 41-108].

Чтобы лучше понять метод измерения фигуры для конструирования каждого вида мужской одежды, следует также знать инструменты, используемые портными в тот период. В XIX веке у каждой портнихи были специальные инструменты для построения чертежей. Они были изготовлены из различных материалов (бумаги, картона, дерева, металла или их комбинации) в различных формах. Они имели форму почти прямоугольников, прямоугольных полос, квадратов, неправильных кривых или комбинаций. Они могут быть перфорированными, регулируемыми и/или совместимыми [101].

На рис. 1.21 показаны специальные инструменты портновской системы XIX века. Дюймовая рулетка была первым и наиболее значительным инструментом, использовавшимся поколениями портных (рис. 1.21, *а*) [43]. Угольник, вероятно, стал следующим массовым инструментом (рис. 1.21, *б*) [101]. Некоторые из них имели уровень или отвес в качестве важной особенности (рис. 1.21, *в*) [43].

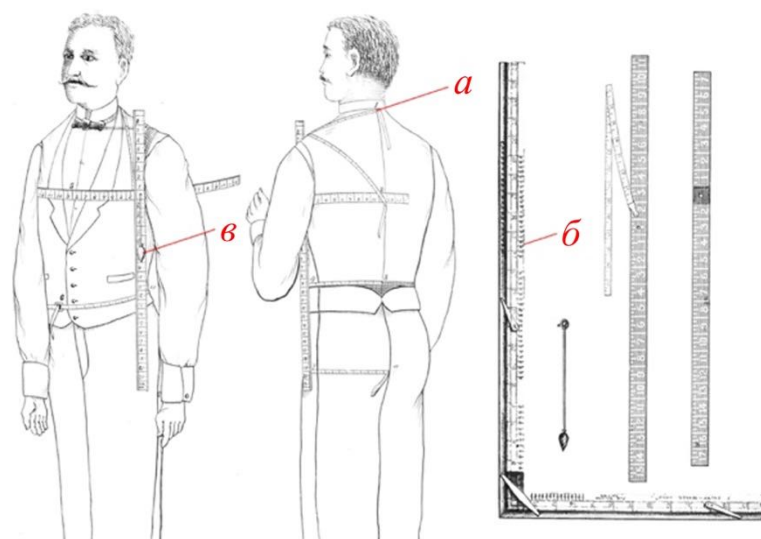


Рисунок 1.21 - Исторические измерительные инструменты:
a - лента [43]; *б* - квадрат [101]; *с* - отвес [43]

На рис. 1.22 показаны схемы измерения фигур в XIX и XXI веках [13].

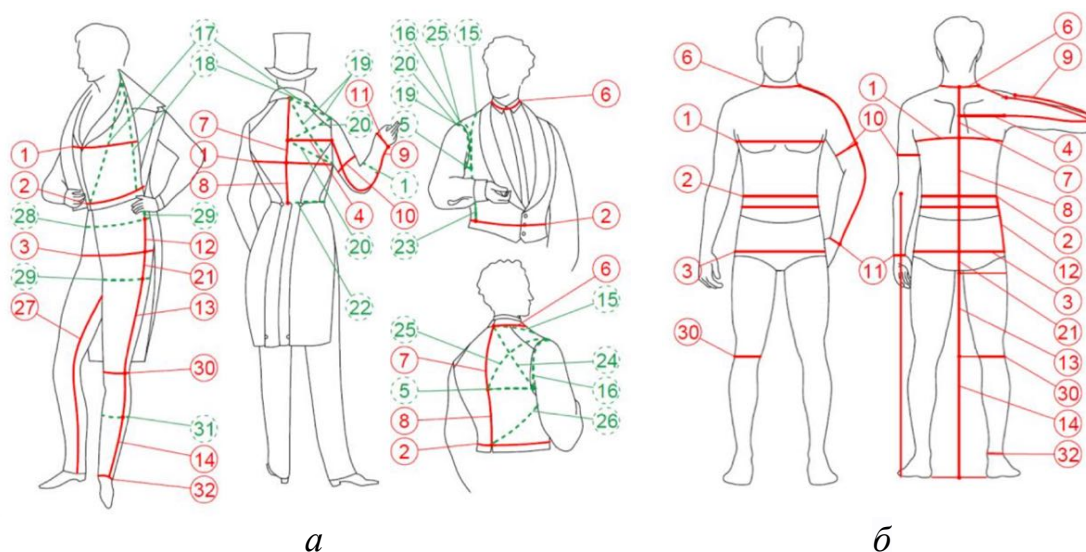


Рисунок 1.22 - Измерения фигур по одежде и фигуре:
a - используемые в XIX веке [13]; *б* - система У. Алдрич [109]

На рис. 1.22, *a* показаны размерные признаки из систем конструирования 1840, 1867 и 1891 гг. [41-43]. На рис. 1.22, *б* показаны современные размерные признаки по системе У. Алдрич [2]. Аналогичные размерные признаки обозначены сплошными линиями и относятся к историческим и современным антропометрическим системам измерения;

устаревшие размерные признаки обозначены пунктирными линиями. Современные антропометрические программы не включают некоторые исторические измерения, такие как 5, 15 - 20, 22 - 26, 28, 29, 31 (1, 2, 3 ... 32 приведены на рис. 1.22).

Мужская сорочка, как правило, была сшита с избытком ширины и длины. На рис. 1.23 приведены схемы размерных признаков мужской сорочки из чертежных систем Винсента, 1898, и Гибсона, 1913 [77, 93].

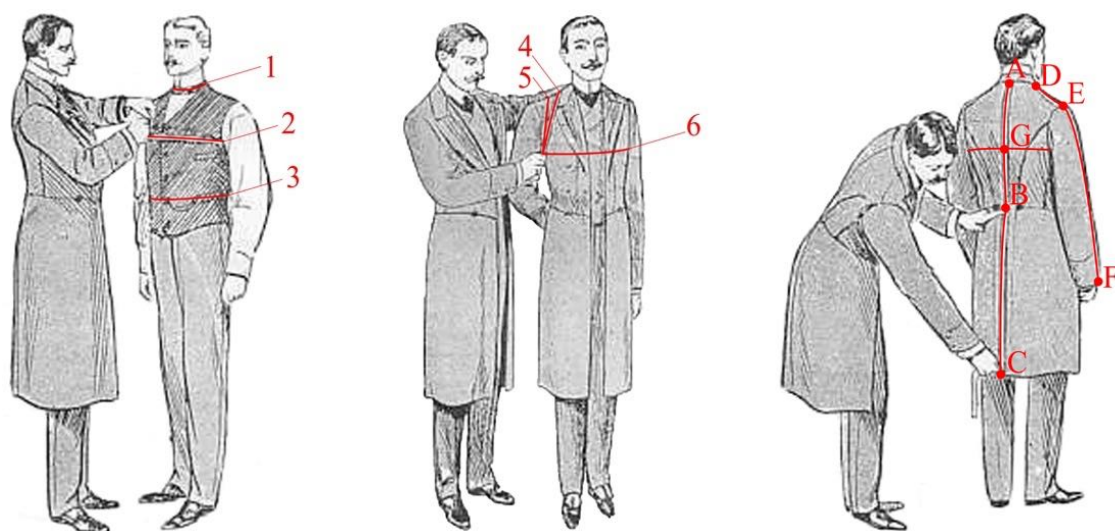


Рисунок 1.23 - Содержание и условия измерения размерных признаков мужской фигуры для конструирования сорочек

Табл. 1.4 содержит размерные признаки, используемые в XIX веке, и его современные аналоги.

Таблица 1.4 - Размерные признаки для конструирования мужского сорочек

№	Размеры		Предмет	Определение
	Исторический	Современный		
1	Обхват шеи	Обхват шеи	Линия 1	Вокруг шеи, поперек задней точки шеи, боковой точки шеи и передней точки шеи
2	Обхвату груди	Обхвату груди	Линия 2	Вокруг груди, до подмышек
3	Обхват талии	Обхват талии	Линия 3	Вокруг талии, над самой маленькой частью
4	Переднее плечо	—	Линия 4	Задняя точка шеи над передним плечом до нижней части проймы
5	Через плечо	—	Линия 5	Точка G на передней плеча до низа проймы
6	Поперек груди	—	Линия 6	Передняя пройма с одной стороны на другую сторону проймы
7	Длине спины до талии	Длине спины до талии	AB	Задняя часть шеи указывает на центральную талию
8	Полная длина	Полная длина	AC	Задняя шея указывает на нижнюю часть рубашки
9	Ширина плеч	Ширина плеч	DE	Боковой точки шеи до плеча
10	Длина рукава	Длина рукава	EF	Точки плеча до низа манжеты
11	Глубина проймы	Глубина проймы	AG	Длина AG, точка G которой является центральной частью спины

На рис. 1.24 приведены схемы измерения размерных признаков мужских брюк из чертежных систем 1841 [36], 1871 [59], 1898 [79], 1913 [93].

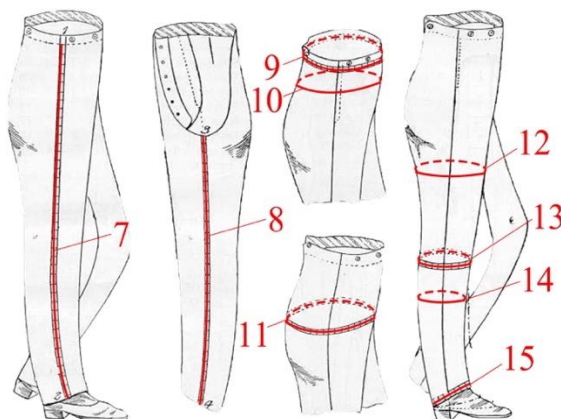


Рисунок 1.24 - Содержание и условия измерения размерных признаков для конструирования мужских брюк

В табл. 1.5 приведены антропометрические измерения, применявшиеся в XIX веке, и их современные аналоги для мужских брюк.

Таблица 1.5 - Размерные признаки для конструирования мужских брюк

№	Размеры		Символ на рис.1.24	Определение исторического измерения
	Исторический	Современный		
12	Наружная длина	Длина бокового шва	Линия 7	Верхняя часть бедренной кости до подошвы обуви, а не от верха брюк
13	Внутренняя длина	Длина ноги по внутренней поверхности	Линия 8	Расстояние от промежности до плоскости стояния
14	Обхват талии	Обхват талии	Линия 9	При поднятом жилете, вокруг пояса, выше бедренной кости
15	Верхний обхват бедер	—	Линия 10	Обхват в самом маленьком месте между нижним ребром и бедром
16	Обхват сиденья	Обхват бедер без учета выступа живота	Линия 11	Вокруг бедер, в самой большой части
17	Обхват бедра	Обхват бедра	Линия 12	Вокруг бедра
18	Обхват колена	Обхват колена	Линия 13	Вокруг колена
19	Обхват икры	Обхват икры	Линия 14	Вокруг икры
20	Нижний обхват	Обхват лодыжки	Линия 15	Берется над ботинком, чуть выше пятки подошвы до подъема стопы, лента замыкается спереди над подъемом желаемой ширины

Системы черчения брюк использовали набор размерных признаков, называемых "ширина" и "длина". На рис. 1.25, а показано, как портной измерял размеры фигуры человека, а на рис. 1.25, б - как эти размерные признаки использовали при построении чертежей [3].

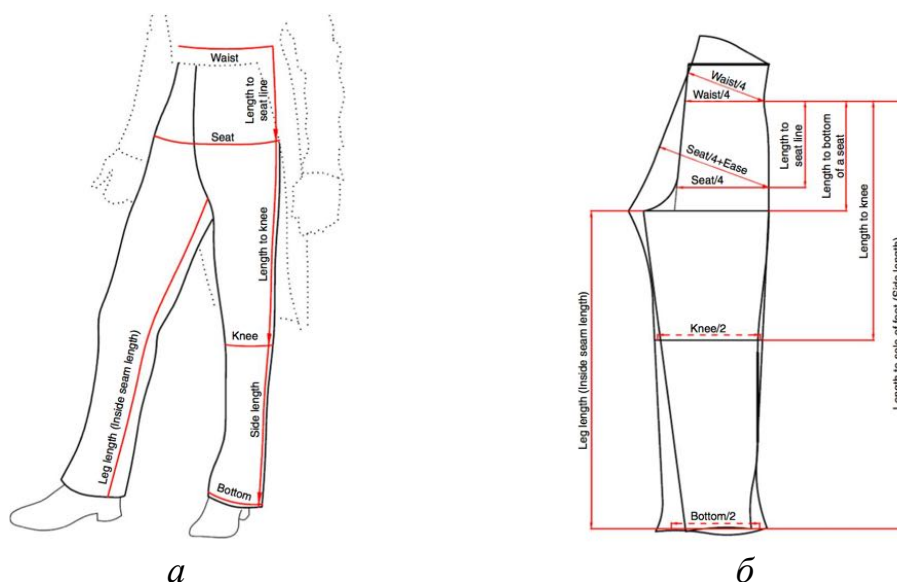


Рисунок 1.25 - Размерные признаки для составления чертежа брюк:
a - размерные признаки; *б* - для построения чертежа брюк [3]

На рис. 1.26 приведены схемы измерения размерных признаков для мужского жилета из чертежной системы 1841 [36], 1871 [59], 1891 [43], 1898 [77, 78] и 1913 гг. [93].

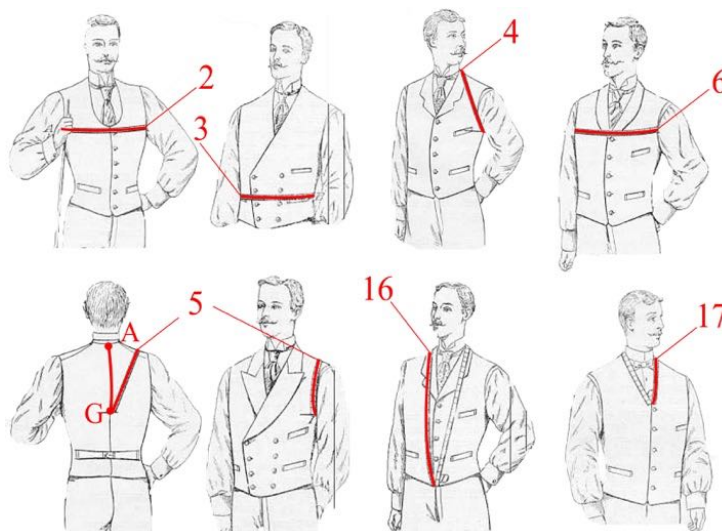


Рисунок 1.26 - Содержание и условия измерения размерных признаков мужского жилета

Табл. 1.6 содержит размерные признаки, используемые в XIX веке, и его современные аналоги, используемые для мужского жилета.

Таблица 1.6 - Размерные признаки для конструирования мужского жилета

№	Размерные признаки		Предмет	Определение Исторического измерения
	исторический	современный		
2	обхват груди	обхват груди третий	Линия 2	Вокруг груди под подмышками
3	обхват талии	обхват талии	Линия 3	Вокруг талии в самом узком месте
4	Дуга через плечевой скат спереди	—	Линия 4	от шейной точки сзади через точку основания шеи до передней подмышечной впадины
5	Дуга через плечевой скат сзади	—	Линия 5	от центра спины через плечевую точку до переднего угла подмышечной впадины
6	Ширина груди	—	Линия 6	Между передними углами подмышечных впадин
8	Полная длина	Полная длина	Линия 16	От шейной точки сзади до низа жилета спереди
9	Глубина горловины	—	Линия 17	От шейной точки сзади до первой пуговицы
11	Глубина проймы	Глубина проймы	AG	От шейной точки сзади до линии обхвата груди

На рис. 1.27 приведены схемы размерных признаков для построения чертежа мужского пальто 1841 [36], 1871 [59], 1891 [43], 1892 [74], 1898 [77], 1906 [88], 1913 гг. [93].

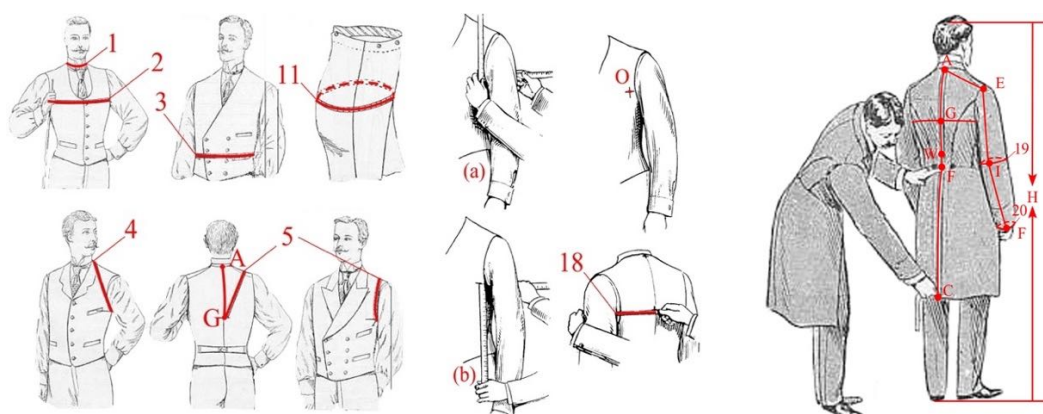


Рисунок 1.27 - Содержание и условия измерения размерных признаков мужского пальто

Табл. 1.7. содержит размерные признаки, применявшиеся в XIX веке, и его современные аналоги, применявшиеся для конструирования мужского пальто, измеряемые по такой же схеме, как для сорочек и жилетов. Тем не менее, есть и дополнительные измерения: длина руки по внутренней поверхностям, расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины, длина спины до естественного уровня талии и модной талии, высоты и др. [43].

Таблица 1.7 - Размерные признаки для конструирования мужского пальто

№	Размеры		Предмет	Определение Исторический
	Исторический	Современный		
1	Обхват шеи	Обхват шеи	Линия 1	Вокруг шеи, поперек задней точки шеи, боковой точки шеи и передней точки шеи
2	Обхвату груди	Обхвату груди	Линия 2	Вокруг груди, до подмышек
3	Обхват талии	Обхват талии	Линия 3	Вокруг талии, над самой маленькой частью
4	Переднее плечо	—	Линия 4	Задняя точка шеи над передним плечом до нижней части проймы
5	Через плечо	—	Линия 5	Точка G на передней плеча до низа проймы
11	Глубина проймы	Глубина проймы	AG	Длина AG, точка G которой является центральной частью спины
16	Обхват сиденья	Обхват бедер	Линия 11	Поставьте пятку и пальцы вместе, вокруг бедра, над самой большой частью
21	Естественная талия	От шеи до талии по центру спины	AW	Задняя шея указывает на впадину талии
22	Модная талия	—	AF	Согласно стилю пальто, обычно примерно на 2 дюйма ниже естественной талии
23	Лезвие	—	Линия 18	От поперечной отметки спереди (точка O) измерьте под мышкой по

				прямой линии над лезвием до центра спины
24	Полная длина	Полная длина	АС	Задняя точка шеи и вниз к нижней части пальто
25	Ширина спинки	—	АЕ	Измерьте расстояние от центра спины до плечевых суставов
26	Верхний рукав до горловины	—	АІ	Задняя шея указывает на локоть, поперек плечевых суставов
27	Длина рукава до шеи	—	АF	Задняя шея указывает на запястье, поперек локтевого и плечевого суставов
28	Обхват локтя	—	Линия 19	Вокруг локтевого сустава
29	Обхват запястья	Обхват запястья	Линия 20	Вокруг запястья
30	Внутренний рукав	—		Подмышку до корня большого пальца и вычесть 1 дюйм
31	Высота	Высота	Н	Над головой на землю

Очевидно, что измеренные подобным образом размерные признаки не могут быть непосредственно использованы для генерации аватара в 3D-программном обеспечении.

Для построения чертежа в 2D САПР можно использовать все упомянутые размерные признаки. Однако некоторые из исторических размерных признаков (4-6, 9, 15, 22, 23, 25 - 28, 30) не имеют аналогов в современной антропометрической системе.

Москвин А.Ю., Кузьмичев В.Е. и др. проанализировали взаимосвязь между размерными признаками и параметрами чертежа. Они представили общие правила чертежа прямоугольной сетки после сравнения всех методов составления чертежей, существовавших в XIX веке, как показано на рис. 1.28, которые важны для обеспечения связи с современными методами составления чертежа [13].

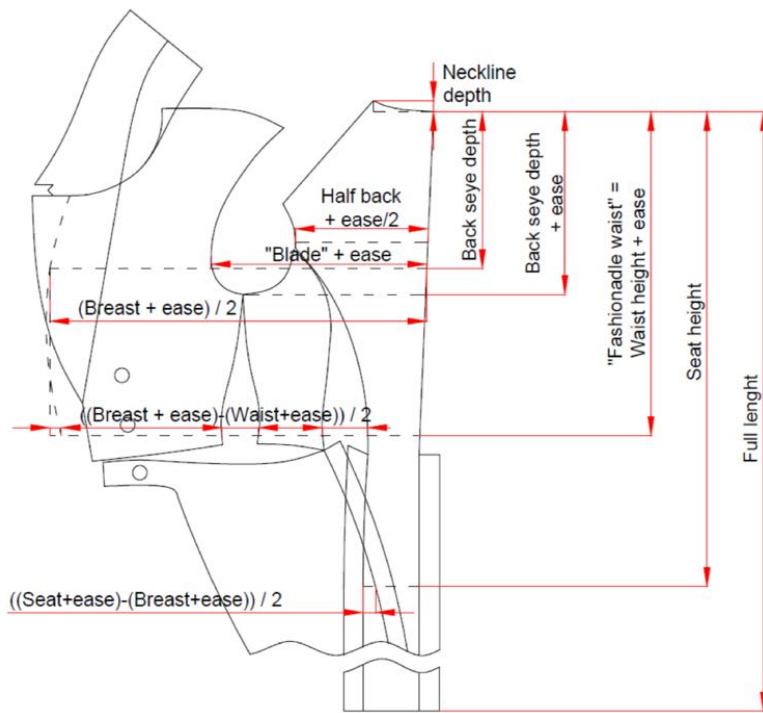


Рисунок 1.28 - Адаптация исторических чертежей пальто к современным правилам составления чертежей [13]

Москвин А.Ю. и др. сравнили типологии размеров и типичные размерные признаки второй половины XIX века и нового времени. Определены основные отличия современных размерных типологий от принципов формирования их исторических аналогов. Кроме того, были получены значения отклонений исторических и современных фигур. Определено, что для любой типичной фигуры XIX века может быть выбрана такая современная фигура, что отклонения ее ведущих размерных признаков не будут превышать интервала безразличия современных размерных типологий [110]. Они установили, что можно сравнить каждую типичную мужскую фигуру XIX века с современным типичным аналогом, отклонение значения ведущих фигурных размеров (грудь, талия, рост) не превышает половины интервала безразмерности в современной типологии (± 2 см).

1.4. Программно-аппаратные средства для виртуальной реконструкции

1.4.1. Технология 3D сканирования

С развитием технологий, антропометрические инструменты и техники постоянно совершенствуются. Размерные признаки в основном измеряли портные или потребители с помощью ленты как в истории, так и в современной повседневной жизни. Одна из самых больших проблем заключается в том, что точность измерений сильно зависит от опыта. Кроме того, были изобретены некоторые специальные приборы и методы, такие как антропометр Мартина, поперечный антропометр, гипсовый метод, муаровые интерференционные полосы [111].

В настоящее время создание 3D сканеров для человеческой фигуры произвело революцию в способе сбора антропометрических данных, поскольку они могут собирать данные автоматически, быстро и бесконтактно [112, 113]. По сравнению с историческими и традиционными ручными антропометрическими измерениями эти значительные преимущества привели к многочисленным антропометрическим исследованиям во всем мире [114, 115].

Например, с помощью лазерного бесконтактного 3D сканера VITUS Smart XXL с четырьмя лазерными сенсорами и двумя камерами в каждой колонке можно получить клон мужской фигуры в соответствии с ISO 20685-2010 (E) с более 100 ключевыми размерами.

Программное обеспечение Anthroscan специально разработано для 3D-сканирования тела изображения, обработки данных, разработки и проектирования. Его основные функции включают в себя управление сканированием, генерацию клона, автоматическое измерение размеров, произвольное извлечение из изображения тела поперечных сечений и их анализ, ввод и вывод в форматах CSF, STL, OBJ. Anthroscan основан на

интерактивных измерениях человеческого тела. На рис. 1.29 показан 3D сканер и интерфейс программного обеспечения Anthroscan [111].

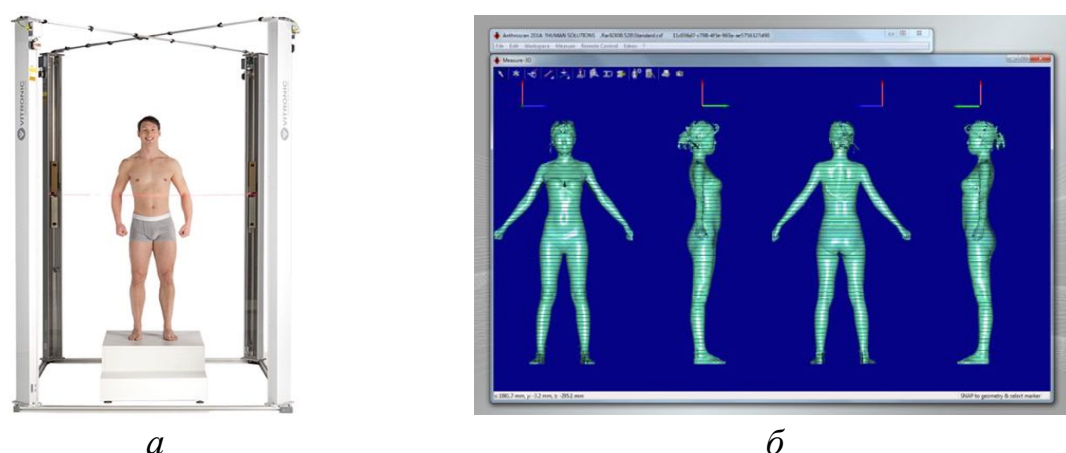


Рис. 1.29 - Аппаратное и программное обеспечение 3D сканера: *а* - 3D сканер VITUS Smart XXL; *б* - пользовательский интерфейс программного обеспечения Anthroscan [111]

В результате количество антропометрических баз данных по данным 3D сканирования постоянно растет. Поэтому особенно важно, чтобы эти данные имели высокую степень точности [116]. ISO 20685 является стандартом для методов 3D-сканирования для международно-совместимых антропометрических баз данных, который определяет точность, то есть степень, в которой размерные признаки, извлеченные из 3D-сканированных фигур, близки к эталонным значениям [117].

Большинство производителей предлагают свои системы 3D-сканирования в виде пакетов, включающих сканеры, контроллеры для работы сканеров и IT-технологии для обработки и хранения данных. В большинстве случаев они также предлагают собственные программные пакеты, предназначенные для сбора данных, обнаружения анатомических признаков и автоматического измерения размеров фигуры [118].

Обычная практика заключается в том, что оператор сканера устно инструктирует испытуемых, как принять позу во время сканирования. Согласно исследовательской работе Лу и Ванга, Хана и др., Маккиннона и Истука, для достижения более высокой точности сбора данных

сканирования тела основное внимание должно быть сосредоточено на воспроизведении последовательных поз [114, 116, 119, 120].

Однако мало исследователей используют 3D-сканеры для виртуальной реконструкции исторической одежды. На самом деле технология 3D-сканирования очень полезна в этом направлении. Например, она помогает изучить параметры системы "фигура - одежда" между исторической одеждой и человеческой фигурой, изучить изменения человеческой фигуры под давлением корсета и т. д. Таким образом, технология 3D-сканирования открывает множество новых возможностей не только в антропометрической работе, но и в виртуальной реконструкции исторической одежды.

1.4.2. Технология САПР

Компьютерное автоматизированное проектирование (САПР) относится к использованию компьютеров и их графических устройств для помощи проектировщикам в создании, модификации, анализе или оптимизации. Как выдающееся достижение инженерной технологии, технология САПР широко используют в различных областях инженерного проектирования. В настоящее время горячие точки исследований САПР включают компьютерное концептуальное проектирование, компьютерное совместное проектирование, массовое хранение информации, управление и поиск, исследование методов проектирования и связанных с ними вопросов, а также поддержку инновационного проектирования [121].

2D САПР стремительно развиваются в течение нескольких десятилетий. Существует градация САПР на несколько поколений: первое - преобразующее ручное черчение в компьютерную графику, с простыми инструментальными функциями; второе - связывающая единое прикладное программное обеспечение в органическое целое, поддерживающая и вызывающая друг друга; третье - интеллектуальное.

Обычно используемое программное обеспечение 2D САПР включает в себя Assyst (Assyst GmbH, Германия), AccuMark (Geber Technology LLC, США), PAD System (Pad System International Limited, Канада), Richpeace (RICHPEACE AI CO., Китай), TUKACAD (Tukatech, США), ET SYSTEM (BUYI Technology, Китай), Modasoft (Liu Hesheng Technology, Китай), и т.д. На рис. 1.30 показана репрезентативная технология новейшей интеллектуальной эры ET CAD, которая была изобретена компанией Китай Shenzhen BUYI Technology Co., Ltd [122].

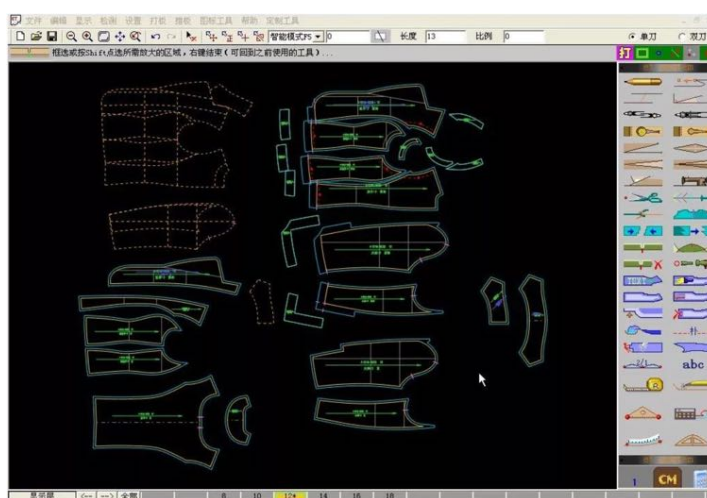


Рисунок 1.30 - Пользовательский интерфейс третьего поколения интеллектуальной одежды 2D САПР системы - ET САПР [122]

Как правило, 2D САПР имеет такие функции, как создание дизайна (стиль, цвет, аксессуары для одежды и т. д.), выборка, сортировка и компоновка. Использование этой технологии значительно сокращает ручной труд дизайнера, а требования к профессиональному уровню дизайнера также могут быть относительно снижены. Информация о дизайне одежды хранится в компьютере и может быть вызвана в любое время для удобства управления. Информация также может передаваться по сети.

В наши дни швейная промышленность быстро перешла к виртуальной симуляции. 3D-одежда и виртуальная примерка - самые интересные темы в области текстильной инженерии, 3D САПР одежды и

компьютерной графики [123,124]. 3D симуляция одежды в настоящее время используют в различных областях, таких как кино, игра, анимация и индустрия моды. 3D симуляция одежды - это техника, которая создает 3D-форму одежды, применяя различные условия шитья к плоским чертежам [125].

Популярное программное обеспечение 3D САПР для виртуальной одежды примерки CLO 3D и Marvelous Designer (CLO Virtual Fashion Inc., Корея), 3D Vidya (Assyst GmbH, Германия), AccuMark 3D (Geber Technology LLC, США), Ассоль (Россия), и т.д. На рис. 1.31 показана компьютерная программа CLO 3D, версия 5.0.156.38765, изобретенная компанией CLO Virtual Fashion, Корея.

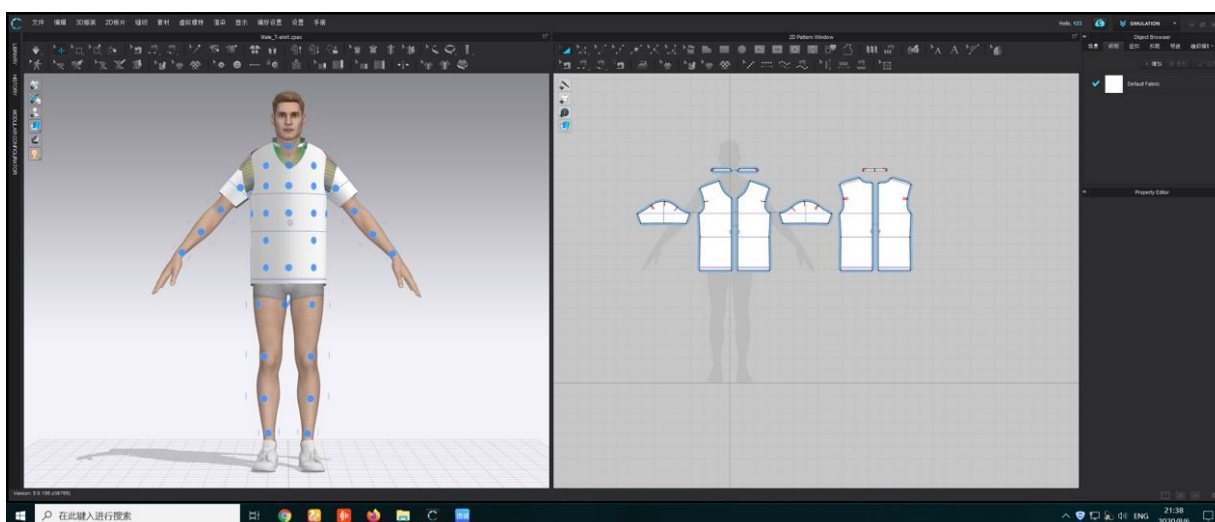


Рисунок 1.31 - Пользовательский интерфейс CLO3D Standalone 5.0

Общий процесс 3D САПР и соответствующие ему основные функции заключаются в следующем:

а) генерирование аватара: редактирование стиля, размера, позы и точки расположения аватара, изменение кожи, измерение размерных признаков;

б) разработка чертежей - 2D чертежный дизайн: создание / редактирование чертежа, кривая AI, симметричное изображение, вытачки/складки, припуск на шов, опорные линии и др.;

с) 3D ориентация: позиционирование, точки привязки, прямое позиционирование, формирование композиции, плоское/изогнутое, наложение, смарт расположение;

d) виртуальное сшивание;

e) выбор ткани: набор тканей, эмулятор, открытие/сохранение изображения, редактирование цветового образца, физические свойства, нелинейное моделирование, установка толщины ткани;

f) 3D симуляция: синхронизация в реальном времени/симуляция и перемещение одежды, одежда высокой четкости, слой и подслои рисования, рисунок сгиба, линии швов;

g) проверка посадки: 2D измерения чертежа, измерения 3D-одежды, проверить 2D длин, прозрачные карты, болевые точки, карты напряжения/стресс, просмотр в 3D состоянии;

h) анимация (подиум): запись, воспроизведение, редактирование, захват анимационного видео.

Многие зарубежные ученые используют технологии 2D и 3D САПР для реконструкции исторических одежд в виртуальной среде. Канг (Корея) разработал цифровые реплики исторической одежды для виртуальных выставок [10-12]. По характеристикам текстильных материалов, Н. Маньенат-Тельман и Паскаль Волино (Швейцария) заложили основу для виртуальных прототипов исторической одежды в разных стилях [16]. В России, этот вид исследований проводят А. Ю. Москвин и М. В. Москвина из Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна и кафедра Ивановского государственного политехнического университета [3,13,14]. В заключение следует отметить, что САПР технология заложила методологическую и техническую основу для моделирования реплик исторической мужской одежды.

1.5. Применение метода реверс инжиниринга

Инжиниринг - это процесс проектирования, производства, сборки и обслуживания изделий и систем. Существуют два типа инжиниринга: прямой инжиниринг (ПИ) и реверс инжиниринг (РИ). ПИ - это традиционный процесс перехода от абстракций высокого уровня и логических конструкций к физической реализации системы. В некоторых ситуациях может существовать физическая деталь/изделие без каких-либо технических деталей, таких как чертежи, спецификации или технические данные. Процесс дублирования существующей части, узла или изделия без чертежей, документации или компьютерной модели известен как РИ [126].

Общепринятое объяснение фазы "обратного инжиниринга", впервые использовавшееся в публикациях 1970-х годов, вращается вокруг копирования оригиналов [127]. Процесс цифрового захвата физических сущностей компонента, называемый РИ, часто определяется исследователями применительно к их конкретной задаче [128]. Абелла и др. описали РИ как "базовую концепцию изготовления детали на основе оригинальной или физической модели без использования инженерного чертежа" [129]. Яу и др. определяют РИ как "процесс извлечения новой геометрии из изготовленной детали путем оцифровки и модификации существующей модели САПР" [130,141].

Как правило, конкретный артефакт ухудшается с течением времени, и может представлять собой последний сохранившийся экземпляр, и история показывает, что уникальные и подлинные части не всегда сохраняются для будущих поколений. Обратное инженерное проектирование может быть легко использовано для сохранения неодушевленных объектов антропологического или культурного значения в виртуальной или реплицированной форме. Комплексный 3D-цифровой архив долговечен и неизменен, поэтому его можно использовать в качестве эталона для мониторинга деградации или восстановления работ [127].

Согласно Винешу и др. есть несколько причин для использования РИ в нашем исследовании:

а) оригинальный производитель больше не существует или больше не производит продукт, но ИКК для обогащения профессии необходим;

б) часть оригинальной конструкторской документации ИКК была утеряна;

в) Создание данных для восстановления или изготовления детали, для которой нет данных САПР, или для которой данные устарели или утеряны;

г) примерка ИКК [131].

По мере того как применение РИ становится все более обширным и разнообразным, оно широко используется во многих сферах применения, таких как производство, промышленный дизайн, компьютерные искусства, культурное наследие и репродукция. Кевин и др. ввели общий процесс РИ и редизайна методологии как трехэтапный процесс, как показано на рис. 1.32 [132].

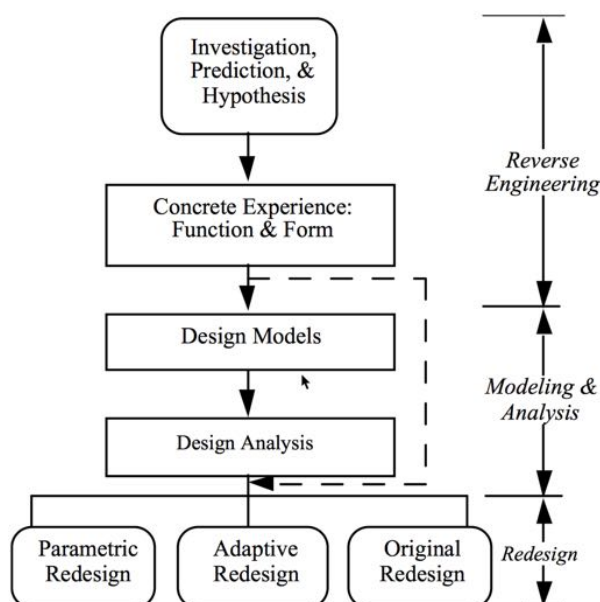


Рисунок 1.32 - Общий процесс РИ и редизайна методологии [132]

Реалистичная визуализация ткани имеет множество применений в компьютерной графике. Кай и др. предложили алгоритм РИ для ткани и

оценки параметров по единому изображению модели ткани. На рис. 1.33 представлены основные этапы [133].

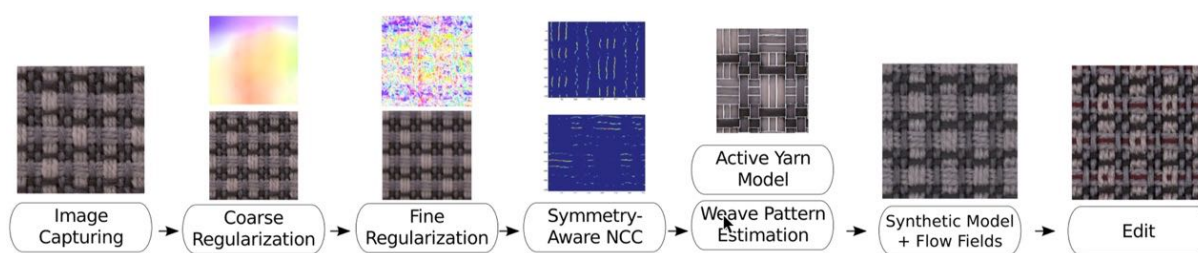


Рисунок 1.33 - Алгоритм получения ЦД ткани по ее изображению (визуальное прототипирование) [133]

Несколько примеров из исследований доказали, что они способны имитировать внешний вид оригинальных образцов (обратное инжиниринг на основе изображений и визуальное прототипирование тканого полотна). Исследовательский центр IBM Т. Д. Уотсон участвовал в ночной установке портативной сканирующей системы для производства Флорентийской Пьеты Микеланджело [134]. основываясь на оригинальном алгоритме. Rescaqi и др. разработали новый метод проектирования обуви с использованием РИ [135].

РИ предоставляет возможности для виртуальной реконструкции исторической мужской одежды. В этой стратегии, необходимо выполнить следующие основные шаги: оцифровка мужской фигуры и одежды, обработка полученной базы данных, такой как текстильный материал, чертеж и т.д., редизайн одежды, 3D реконструкция и проверка физического продукта. Методология РИ и редизайна будет полезна для точного отображения особенностей исторической одежды.

Цель и задачи исследования

Историческая одежда как культурное наследие может быть оценена только на человеческой фигуре со сходными морфологическими и образными признаками как исторический прототип. Разница между двумя

объектами - первой системой "манекен + одежда", формирующейся из второй системы "фигура-одежда", изображенной на фотографии или картине, будет очень велика, потому что два контура и 3D формы являются результатом действия различных факторов. Если скопировать исторический чертеж, чтобы сшить одежду, то результат не может быть успешным без специальных знаний, связанных с навыками ремесленника, которые были утрачены в прошлом.

Целью диссертационной работы является создание методики получения фотореалистичных цифровых реплик мужских исторических костюмов на основе технологии реверсивного инжиниринга.

Чтобы сделать адекватную реконструкцию исторической одежды, нужны были специальные базы данных и создать методику адаптации исторической одежды к современным мужским фигурам и получить такой же образ сегодня, как и в прошлом. Для достижения этой цели необходимо выполнить необходимые задачи в рамках данного исследования:

1. Сформировать базу данных о структуре мужского гардероба и применявшихся для его изготовления текстильных материалах конца XIX - середины XX вв.

2. Изучить приемы формообразования, использовавшиеся для получения объемно-пространственной формы исторической одежды при ее проектировании и производстве.

3. Провести антропометрические исследования современных мужских фигур для формирования базы данных, необходимой для генерирования цифровых двойников мужских модных исторических фигур.

4. Разработаны алгоритмы генерирования виртуального двойника исторической мужской фигуры, нахождения толщины пакета материалов носимой одежды и величин конструктивных прибавок к размерным признакам фигур.

5. Разработать методику параметризации и графоаналитического анализа ЧИО.

6. Разработать методику идентификации размерного варианта ЧИО, который был разработан для мужской фигуры.

7. Разработать метод адаптации ЧИО к антропоморфным особенностям современных фигур.

8. Разработать алгоритм и методику получения фотореалистичных цифровых реплик систем "мужская фигура - исторический костюм" на основе сохранившихся материальных аналогов или их изображений.

9. Разработать методику оценки фотореалистичности виртуальных реплик исторических костюмов.

10. Выполнить экспериментальную проверку разработанных методик на примере материальной и виртуальной реконструкции следующих видов мужской одежды: мундир российского профессорский парадный сюртука XIX века, русская народная рубаха XIX века, европейское повседневное пальто конца XIX - начала XX вв., словенский костюм молодежного движения "Соколы" первой половины XX в.

Выполнив вышеперечисленные шаги и задачи, данное исследование позволит заложить научно обоснованные принципы виртуального симулирования исторической одежды и ввести утраченную историческую одежду в культурный оборот на основе их 2D изображений (живопись, гравюра, фотографии), количество которых неизмеримо больше по сравнению с сохранившимися материальными объектами. Виртуальные реплики одежды позволили бы зрителю не только оценить внешний вид одежды, но и увидеть внутреннюю структуру, которая сложна с инженерной точки зрения и знание которой повысило бы полное восприятие исторической одежды.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ О ФИГУРАХ И ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

До сих пор историческая одежда все еще подвержена многим ограничениям в сохранении. Поэтому новые знания для восстановления или реконструкции этих культурных наследий были необходимы срочно, чтобы можно было лучше передать материальную и духовную культуру ушедших периодов. Эти знания также создают базу данных, которая будет полезна для создания цифровых двойников ИКК в составе виртуального музея.

Результаты этой главы опубликованы в двух работах [160-161].

2.1. Материал исследования

2.1.1. Инструмент и программное обеспечение

Для проведения экспериментальных исследований была создана система аппаратно-программного обеспечения под условным названием "цифровой двойник исторической одежды", обеспечивающая генерацию и передачу цифровой информации, полученной на каждом этапе исследования.

Для измерения и анализа размерных признаков мужских фигур сканирование проводили бесконтактным 3D сканером VITUS Smart XXL (Human Solutions GmbH, Германия).

Было применено совместимое мощное профессиональное программное обеспечение Rhinoceros для 3D моделирования на ПК, разработанное компанией Robert McNeel & Assoc (США). Это не только набор профессионального программного обеспечения для создания 3D-моделей, но и предоставленные инструменты могут точно получать

сечения сканатора и измерить необходимую длину, высоту, объем и т.д. Adobe Photoshop для обработки изображений. CLO 3D был применен для сравнения свойств цифровых двойников современных текстильных материалов с историческими аналогами.

Для исследования материалов исторической мужской одежды использовали толщиномер для измерения толщины тканей и лупу 8-кратного увеличения для анализа переплетения и подсчета нитей в ткани.

2.1.2. Субъект исследования

41 юношей (средний возраст 22 года) были выбраны для измерения с помощью сканера Human Solutions (Германия).

2.1.3. Объект исследования

В качестве ИКК для формирования базы данных выбраны четыре вида исторической мужской одежды: профессорский парадный сюртук XIX века, русская мужская народная рубаха XIX века из коллекции Гаврилово-Посадского краеведческого музея Ивановской области, словенский юношеский мундир 1937 года из Музея Национального Освобождения г. Марибор (Словения) и мужской сюртук конца XIX - начала XX вв. из фондов кафедры конструирования швейных изделий Ивановского государственного политехнического университета.

2.2. Закономерности формирования модных мужских исторических фигур под влиянием корсета

Для виртуальной визуализации исторических костюмов и построения аватаров исторических фигур нельзя использовать современные твердотельные цифровые двойники (ЦД) реальных фигур.

ЦД исторической фигуры должен быть мягкотельным, поскольку в разные исторические периоды мужчины прибегали к корректировке пластики своего торса с помощью корсетов. К настоящему времени нет научно-обоснованных данных для генерирования деформированных аватаров, но благодаря компьютерным технологиям проблема их формирования может быть решена на новом уровне [3, 13, 14, 136].

Целью настоящего исследования явилась отработка алгоритма построения аватаров в виде условно мягкотельных ЦД исторических фигур.

Генерирование ЦД требует дополнительных данных, которые должны объединить историческую и современную базы данных. Алгоритм должен включать последовательность формирования ЦД исторической фигуры с использованием исходной базы данных, изучения особенностей деформации фигур с помощью бодисканирования и интегрирования полученных результатов в программную среду для выполнения виртуальной примерки.

Исторические руководства по конструированию одежды содержат рекомендации по измерению размерных признаков по поверхности одетой фигуры, а не по обнаженному телу [137]. Поэтому результат измерения включает размерный признак, толщину нижележащей одежды, а в случае ношения корсета - его толщину, причем исходный размерный признак мог быть увеличенным или уменьшенным под влиянием компрессии и смещения мягких тканей. В общем виде значение истинного размерного признака РП, который был использован для построения чертежа, может быть записано в виде:

при отсутствии корсета

$$РП = Ич - П_{ТМ} \pm П_i, \quad (2.1)$$

где ИЧ - результат измерения чертежа одежды выбранного исторического периода, см; $P_{ТМ}$ - прибавка на толщину пакета нижележащих слоев одежды (корсета, белья), см; P_i - конструктивная прибавка к i -тому размерному признаку, см;

при использовании корсета

$$PP = ИЧ - 1,57 \cdot T_m \pm \Delta PP \pm P_i, \quad (2.2)$$

где T_m - толщина пакета материалов, см; ΔPP - изменение обхвата груди, талии или бедер под влиянием компрессионного действия корсета, см.

Таким образом, чтобы по чертежу стана определить значение PP , необходимо знать значения четырех составляющих.

Вторая составляющая - толщина пакетов материалов T_m - нами была рассчитана на основании сведений из опубликованных источников о структуре пакета, включающего нижнюю сорочку, верхнюю сорочку, жилет, подштанники и брюки и толщинах используемых материалов [138]. Она была принята следующей, см: на уровне груди 0.5, талии 1.1, бедер 0.6.

Третью составляющую - изменение размерных признаков ΔPP - вычисляли по результатам бодисканирования. Для исследования были выбрали фигуры современных китайских и российских мужчин, маркируемых согласно действующему китайскому стандарту [138] по разности между обхватами груди и талии как типы Y (разность 17...22 см), A (разность 12...16 см), B (разность 7...11 см). Эти группы являются аналогами российских полнотных групп. Для исследования компрессионного влияния корсета на пластику мужских фигур мы измерили 41 молодых людей (средний полный возраст 22 года) с помощью бодисканера. По согласию субъектов мы сканировали их дважды в основной антропометрической позе - без корсета и в корсете до

максимального утягивания области талии, которое определяли по субъективным ощущениям каждого носчика. Корсет был изготовлен из нерастяжимого материала и имел толщину 0,32 см.

На рис. 2.1 в качестве примера влияния корсета на пластику показаны совмещенные абрисы сканированной фигуры типа Y 187.4 – 104.6 – 85.2, ориентированные относительно вертикальной плоскости, параллельной осевой линии через центр тяжести, на расстояниях 1, 2, 3 соответственно на уровнях груди, талии и бедер.

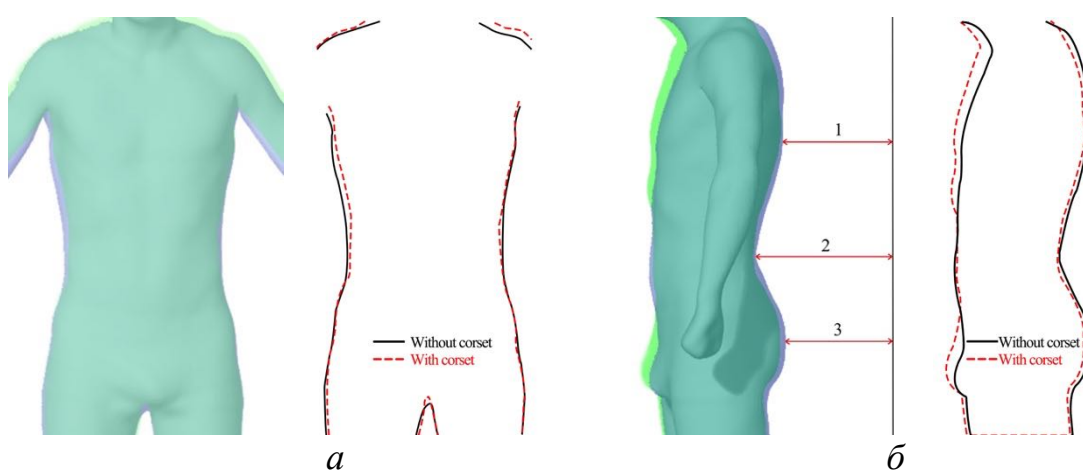


Рисунок 2.1 - Совмещенные абрисы мужской фигуры, сканированной без корсета (синяя линия) и в корсете (красная пунктирная линия): *а* - вид спереди; *б* - вид сбоку с указанием проекционных измерений, необходимых для правильной постановки ЦД в пространстве

Из рис. 2.1 видно, что под влиянием корсета происходит перемещение мягких тканей из области талии вверх и вниз, что приводит к изменению осанки, диаметров и профильного контура.

Четвертая составляющая - величина l_i может быть рассчитана по методике кафедры конструирования швейных изделий Ивановского Государственного Политехнического Университета [140].

Таким образом, все составляющие, входящие в (2.1) или (2.2), могут быть измерены или определены экспериментально.

корсета. Результаты измерений представлены в табл. 2.1 и 2.2, а более подробная информация - в Приложении А.

Таблица 2.1 - Изменение обхватов мужских фигур под влиянием корсета

№	Тип фигуры	Изменение размерного признака под влиянием корсета ΔPII (в числителе) и межразмерный интервал по китайскому стандарту [148] (в знаменателе), см					
		ОГ	значимость влияния	ОТ	значимость влияния	ОБ	значимость влияния
1	У	1,76 / 2	-	-1,26 / 1	+	2,65 / 0,8	+
2	А	2,33 / 2	+	-2,36 / 1	+	1,24 / 0,8	+
3	В	3,20 / 2	+	-1,13 / 1	+	0,86 / 0,7	+

Таблица 2.2 - Изменение поперечных и переднезадних диаметров мужских фигур и положения корпуса под влиянием корсета

Тип фигуры	Изменение диаметров ΔPII под влиянием корсета, см (в числителе - без корсета, в знаменателе - с корсетом)													
	Уровень груди ОГ= 92см				Уровень талии ОТ= 84см				Уровень бедер ОБ= 95.4см				Положение корпуса II_k	
	$d_{\text{поп.г}}$	Δ	$d_{\text{пз.г}}$	Δ	$d_{\text{поп.т}}$	Δ	$d_{\text{пз.т}}$	Δ	$d_{\text{поп.б}}$	Δ	$d_{\text{пз.б}}$	Δ	II_k	Δ
У	$\frac{35,8}{36,3}$	-	$\frac{25,4}{25,5}$	+	$\frac{29,4}{29,0}$	-	$\frac{21,9}{22,3}$	-	$\frac{35,0}{35,2}$	+	$\frac{24,7}{25,0}$	+	$\frac{8,3}{7,6}$	-0,68
А	$\frac{35,0}{35,7}$	+	$\frac{24,6}{25,4}$	-	$\frac{30,4}{29,8}$	-	$\frac{22,9}{22,8}$	-	$\frac{36,0}{36,1}$	+	$\frac{25,4}{26,1}$	+	$\frac{8,4}{7,8}$	-0,62
В	$\frac{30,3}{31,7}$	+	$\frac{22,8}{23,8}$	+	$\frac{28,3}{28,6}$	-	$\frac{20,8}{22,5}$	-	$\frac{35,0}{34,7}$	+	$\frac{25,1}{25,6}$	+	$\frac{8,7}{8,5}$	-0,25

Из табл. 2.1 видно, что изменение размерных признаков под влиянием корсета в восьми случаях из девяти превышает значения межразмерных интервалов, что, безусловно, является важным для проектирования ЦД деформированных аватаров. Под влиянием корсета изменяются все диаметры табл. 2.2 в сторону увеличения или уменьшения, причем для области талии характерно уменьшение диаметров. Зная изменения диаметров можно произвести совмещение исходного и измененного контуров для деформации и корректировки твердотельного аватара, как показано на рис. 2.1 (б).

Таким, образом сформированная антропометрическая база данных мужских фигур, включающая величины изменения обхватов под влиянием корсета, формы их сечений и координаты точек спинного контура, достаточна для построения ЦД и его трансформации в мягкотельный ЦД в программе CLO 3D.

На рис. 2.3 показаны примеры использования данных из сформированной базы для построения ЦД трех типов фигур Y, A, B в программном обеспечении CLO3D, в котором контур *a* принадлежит фигуре в корсете, контур *b* - фигуре без корсета.

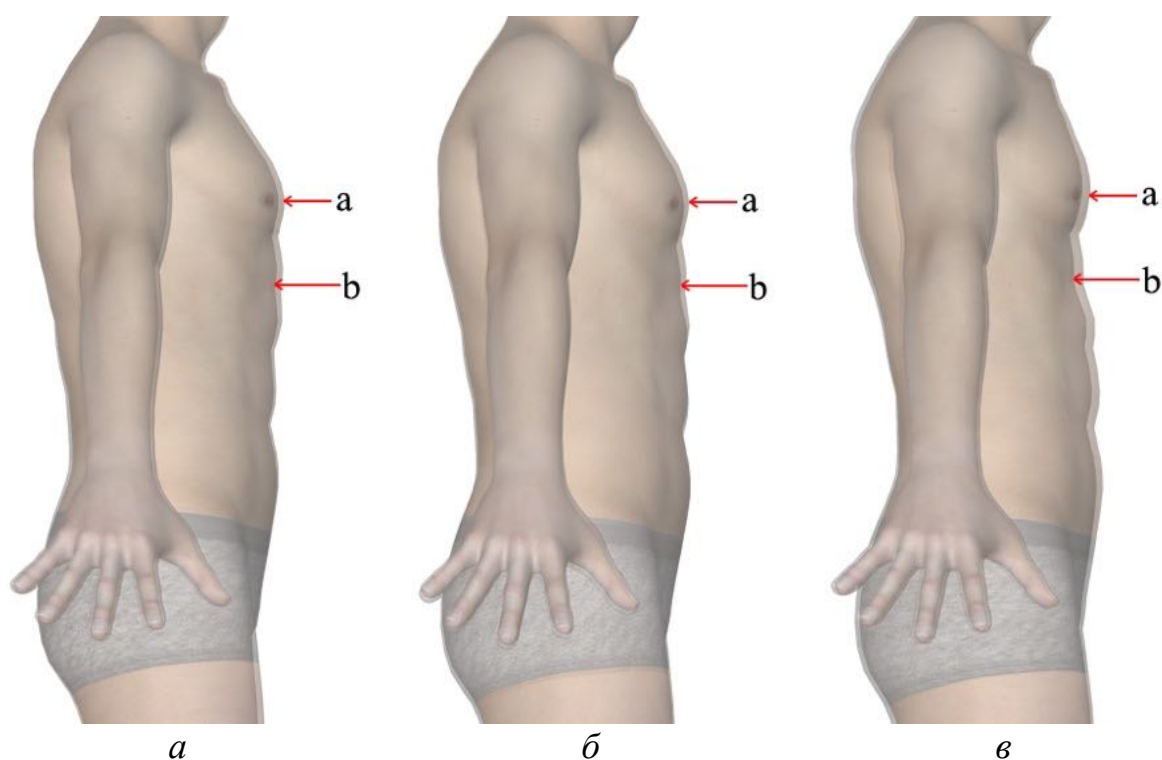


Рисунок 2.3 - Цифровые двойники исторической мужской фигуры:
a - тип Y; *b* - тип A; *v* - тип B

2.3. Графические структуры одновременно носимой мужской одежды конца XIX - первой половины XX вв.

Согласно ранее исследованной литературе и реальной одежды из музеев, можно собрать базу данных, необходимую для 3D симуляции. Реальная историческая мужская одежда показана на рис. 2.4.



а



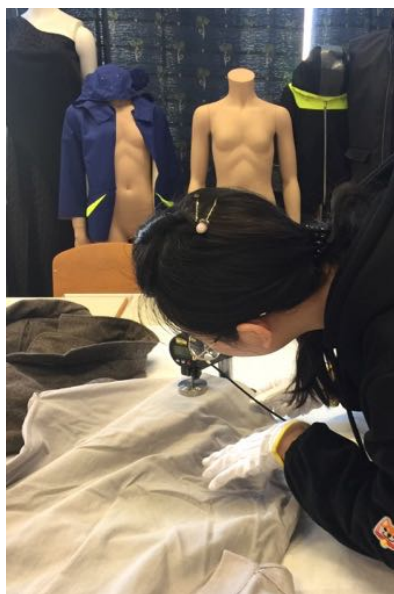
б



в

Рисунок 2.4 - ИКК: *а* - русская мужская народная рубаха; *б* - мужской сюртук; *в* - словенская юношеская униформа, состоящая из сорочки, жилета, брюк и куртки

На рис. 2.5 показано, как исследователи анализировали уникальную геометрическую структуру, текстильные материалы, технику и измеряли ее.



а

б

Рисунок 2.5 - Сбор данных: *а* - русская мужская народная рубаха; *б* - словенская юношеская униформа

На рис. 2.6 показаны расположение и структура парадного мундира профессора.

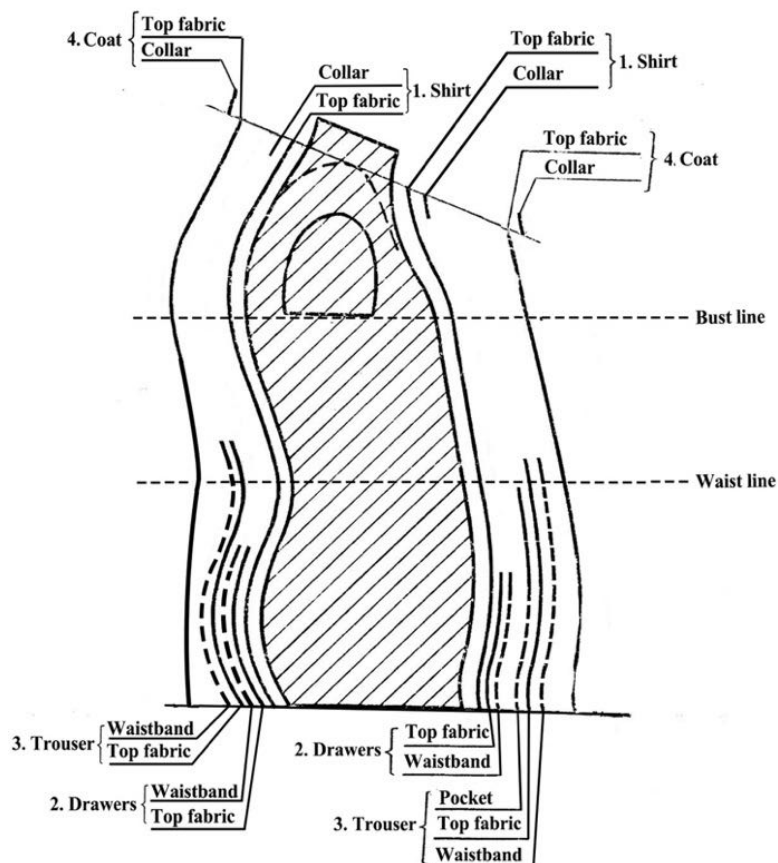


Рисунок 2.6 - Структура пакета материалов ИКК "Мундир профессора"

На рис. 2.7 показано расположение и структура русской мужской народной рубахи.

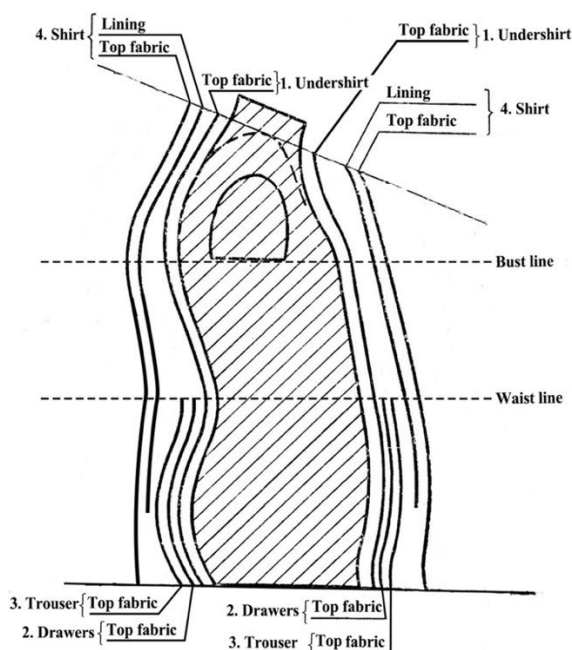


Рисунок 2.7 - Структура пакета материалов ИКК "Русская мужская народная рубаха"

На рис. 2.8 показано расположение четырех предметов одежды, из которых была сформирована униформа юношей Словении.

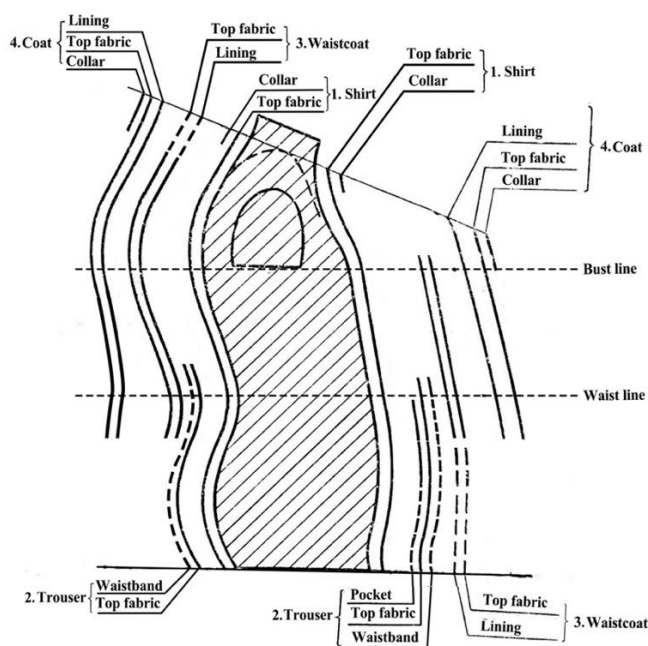


Рисунок 2.8 - Структура пакета материалов ИКК "Униформа юношей Словении"

На рис. 2.9 показано расположение пяти предметов одежды, из которых формировался ИКК "Мужской сюртук".

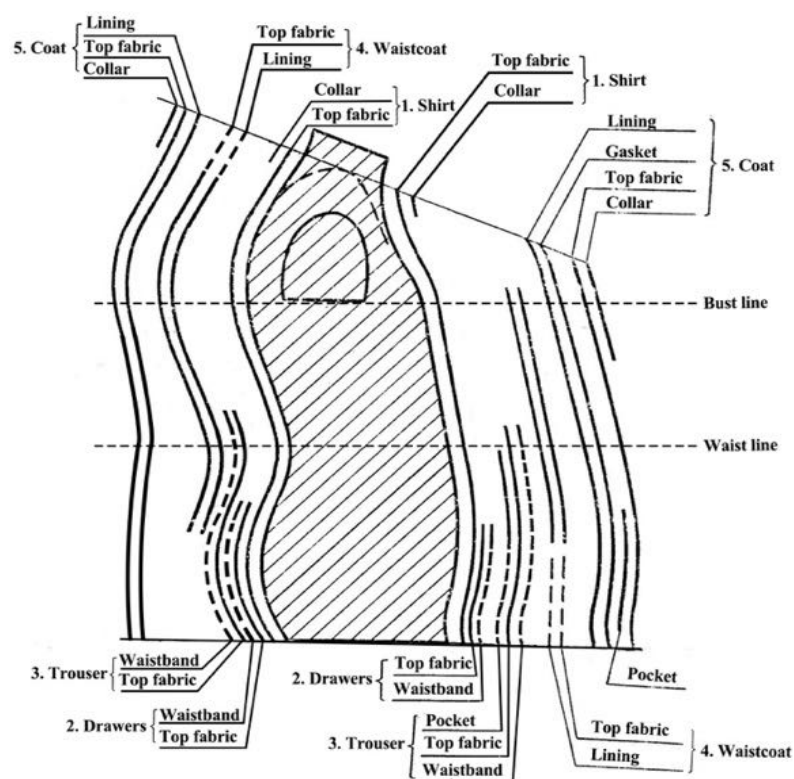


Рисунок 2.9 - Структура пакета материалов ИКК "Мужской сюртук"

2.4. Текстильные материалы для мужской одежды

2.4.1. Виды материалов

Очень сложно найти современные прототипы исторических текстильных материалов для выбранных ИКК. Чтобы правильно выбрать идеальную замену историческим текстильным материалам, необходимо провести исследование в следующем порядке. Во-первых, должны быть проанализированы конструкция и слой каждого предмета одежды мужского. Во-вторых, необходимо установить информацию о текстильных материалах по книгам и исторических прототипах для поиска современных заменителей в ЦД. В-третьих, необходимо подобрать ЦД текстильных материалов в CLO 3D для подготовки к виртуальной реконструкции. Такой

подход будет полезен не только для традиционных музеев, но и для технологии 3D одежды и новых цифровых медиа.

Информация о парадном пальто профессора была весьма скудной, за исключением вида основного материала (сукна).

Русская мужская народная рубаха была изготовлена из одной ткани верха и одной подкладочной ткани (для стана, рукавов и воротника).

Как показано на рис. 2.8 и рис. 2.9, Словенская юношеская униформа и мужской сюртук были изготовлены из многих видов тканей, таких как хлопок, шелк, шерсть и т. д., которые могут позволить каждому предмету одежды иметь различные функции. На протяжении всего этого столетия, сорочка, брюки, жилет и пальто были разных цветов и материалов [24].

Чтобы реконструировать ИКК, виртуальные ткани были выбраны в соответствии с историческими тканями. Например, хлопок – для сорочки, хлопок пике – для передней части жилета, шелковый сатин – для задней части жилета, шерсть – для брюк и пальто. Кроме волокнистого состава необходимо учитывать толщину и показатели физико-механические свойства [14]. Толщина пакетов тканей была разной вокруг торса, поэтому, чтобы получить реально выглядящий цифровой двойник, следует знать конструкцию каждого предмета одежды и свойства используемых текстильных тканей. Например, Словенский ИКК имеет 8 типов тканей верха.

Согласно исследованиям конструкций выбранных четырех ИКК необходимо изучить 16 типов тканей, как показано в Табл. 2.3.

Таблица 2.3 - Виды исторических текстильных тканей для выбранных ИКК

ИКК	№	Вид одежды	Ткани
Парадный пальто профессора	1	Сюртук	Ткань верха
Русская мужская народная сорочка	2	Сорочка	Ткань верха
	3		Подкладка
Словенская юношеская униформа	4	Сорочка, подштанники	Ткань верха
	5	Брюки, жилет, куртка	Ткань верха
	6	Брюки, куртка	Подкладка на поясе брюк и рукавах пальто
	7	Жилет	Подкладка
	8	Пальто	Подкладка на стана
Европейский мужской комплект	9	Сорочка, подштанники	Ткань верха
	10	Брюки	Ткань верха
	11	Жилет	Ткань верха
	12		Подкладка
	13	Сюртук	Ткань верха, подкладка на передней части
	14		Прокладки на передней части
	15		Подкладка сбоку, юбка и фалды
	16		Подкладка рукава

2.4.2. Методы определения показателей свойств

Для каждого текстильного материала ИКК XIX в. информация, которую можно было найти, была ограничена. Использовали два метода для поиска современных тканей, которые похожи с историческими тканями:

1. Поиск в отчетах музеев или исторических книгах (содержание волокон, тип, поверхностная плотность).

2. Простое тестирование и измерение реальной исторической мужской одежды, такой как волокно, толщина, переплетение и количество нитей (линейная плотность).

Результаты первого метода

Согласно исследованиям в музее, информация о текстильных материалах Словенской юношеской униформы представлена в табл. 2.4 (номера каждой ткани совпадают с табл. 2.3).

Таблица 2.4 - Информация об исторических текстильных материалах для Словенской юношеской униформы и ее современных заменителях

ИКК	№	Исторический прототип			Современный аналог из библиотеки Clo3D
		Волокнистый состав	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокнистый состав, поверхностная плотность г/м ²
Словенская юношеская униформа	4	Хлопок	0,6	163	Хлопок, Оксфорд, 165
	5	Шерсть	1,957	192,2	Шерсть, камвольная, 160 - 200
	6	Хлопок	0,478	120,8	Хлопок, поплин, 125
	7	Хлопок	0,475	192,3	Хлопок, саржа, 191
	8	Хлопок	0,474	193,4	Хлопок, саржа, 191

Поверхностную плотность тканей вычисляли по методу Эмануэля (1920) [33]. Основываясь на этих трех основных свойствах (волокнистый состав, толщина, поверхностная плотность), выбирали аналогичные современные текстильные материалы.

Сведения о текстильных материалах Европейского мужского костюма можно найти в исторических книгах. В табл. 2.5 приведены результаты выбора современных тканей вместо исторических (номера каждой ткани совпадают с табл. 2.3).

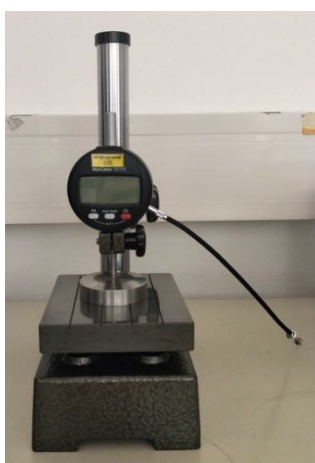
Таблица 2.5 - Информация об исторических текстильных материалах для Европейского мужского костюма и его современных заменителях - Часть 1

ИКК	№	Исторический прототип			Современный аналог из библиотеки Clo3D
		Волокнистый состав	Тип	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокнистый состав, поверхностная плотность г/м ²
Европейского мужского сюртука	9	Хлопок/ Полотно	Белье, наполовину обесцвеченный, мадрас, перкаль, оксфорд, белый батист	107,39	Хлопок, белье, перкаль, 103~113
	10 & 11	Шерсть	Обычно легче по весу благодаря за пальто, высококачественную шерсть, трикотаж-ткет, меринос, докинз, кассимер, керсеймер, ратине	337,85	Шерсть, камвольная, 150~337,84
	12	Шелк	Шелковый атлас или парча, а также хлопок в различных переплетениях и отделках	82,09	Шелк, парча, 83,33
	13	Шерсть	Тончайшая шерсть, ворстеды, кассимеры, твиды, викуны	506,79	Шерсть, камвольная мелтонская, 300~506,67
	14	Полотно	Смеси холста, хлопка и полотна	-	-
	15	Хлопок	-	-	-
	16	Хлопок	-	-	-

Результаты второго метода

Показатели свойств пяти тканей (№ 1- № 3, № 14 - № 16, табл. 2.3) не могут быть установлены с помощью первого метода, поэтому для них использовали инструментальные методы для определения волокнистого состава, толщины, переплетения и количества тканей.

На рис. 2.10, *а* представлен толщиномер ткани для измерения толщины ткани. Этот инструмент имеет погрешность $\pm 0,01$ мм. На рис. 2.10, *б* представлено 8-кратная лупа для анализа переплетения и количеством нитей. Хлопчатобумажные и шерстяные ткани характеризовали в терминах метрической плотности, то есть количества нитей основы или утка на 10 см [142]. Например, 236×220 означает, что ткань имеет плотность по основе 236 нитей/10 см и плотность по утку 220 нитей /10 см.



а



б

Рисунок 2.10 - Инструменты для измерения:
а - толщиномер; *б* - лупа, анализирующая стекло

В табл. 2.6 представлены результаты исследований исторических тканей № 1-№ 3 и № 14-№ 16 и их современные аналоги.

Таблица 2.6 - Информация об исторических текстильных материалах для русской мужской народной рубахи и Европейского мужского сюртука и их современных аналогах - Часть 2

№	Исторический прототип				Современный аналог из библиотеки Clo3D
	Волокнистый состав	Толщина, мм	Переплетение	Линейная плотность	Волокнистый состав, толщина, поверхностная плотность
2	Хлопок	0,45	Простой	100×110	Хлопок, холст, 0,46 мм, 227 г/м ²
3	Хлопок	0,19	Простой	320×260	Хлопок, Муслин, 0,19 мм, 100 г/м ²
14	Полотно	0,34	Простой	130×110	55% полотно, 45% хлопок, простое, 0,35 мм, 162,5 г/м ²
15	Хлопок	0,34	Твил	320×290	Хлопок, твил, 0,35 мм, 189,19 г/м ²
16	Хлопок	0,21	Простой	320×260	Хлопок, простой, 0,21 мм, 100 г/м ²

2.4.3. Выбор текстильного материала в CLO 3D для виртуальной реконструкции

После сравнения исторической информации о текстильных материалах с современными аналогами в виртуальном программном обеспечении, были определены ЦД. Выбранные ЦД текстильных материалов из библиотеки CLO 3D приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7 - Свойства цифровых текстильных материалов в CLO 3D

№	Тип, вид волокон	Название ЦД	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Жесткость при растяжении, сН/с ²		Жесткость при изгибе, сН/мм ² /град	
					по основе	по утку	по основе	по утку
1	Трикотажное полотно	Ponte Knit Jersey	330,9	0,86	112,983	286,453	3000	2500
2	Хлопок	Cotton Canvas	238,9	0,46	823,217	613,716	10000	5000
3	Хлопок	40s Chambray	103,1	0,23	486,772	378,944	1078	750
4	Хлопок	Cotton Oxford	165	0,37	440,584	217,880	1289	1445
5	Шерсть	Super 120s Wool	157,5	1,9	182,216	165,263	976	976
6	Хлопок	40s Stretch Poplin	122,5	0,23	502,405	114,036	1835	585
7, 8	Хлопок	Cotton Twill	190,8	0,41	493,986	231,271	3000	1800
9	Хлопок	Cotton Oxford	165	0,37	356,091	280,769	1289	938
10, 11	Шерсть	Coatweight Twill	345	0,84	489,034	368,706	1300	1300
12	Шелк	Silk Charmeuse	81,1	0,19	48,714	9672	375	156
13	Шерсть	Coatweight Twill	345	0,84	489,034	368,706	1300	1300
14	Полотно	Linen	173,4	0,36	799,917	215,456	1500	850
15	Хлопок	Cotton Gabardine	189	0,35	1700,000	1700,000	4500	2200
16	Хлопок	50s Cotton Poplin	105	0,21	356,091	280,769	1289	938

2.5. Конструктивное устройство одежды

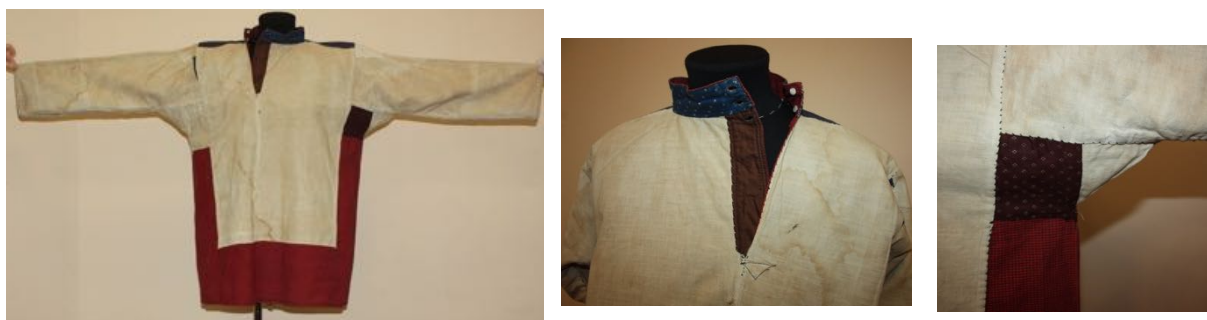
Для того чтобы с высокой точностью реконструировать историческую одежду, необходимо знать методы составления чертежей, шитья и формообразования, в том числе специальные знания, связанные с утраченными в прошлом ремесленными навыками.

Профессорский парадный сюртук

Основным материалом для изготовления пальто является трикотаж. При постройке конструкции следует учитывать особенности ткани. Для лучшего формообразования основные части были продублированы серпантинном. Подкладка использовалась на воротнике и манжетах рукавов.

Русская мужская народная сорочка

На рис. 2.11 показана рубашка наизнанку. Подкладка использовалась на воротнике, рукавах, передней и задней частях тела. Все швы скрыты изысканным мастерством.



а

б

в

Рисунок 2.11 - Вывернутая наизнанку Русская мужская народная сорочка XIX века: *а* - вид спереди; *б* - воротник; *в* - подмышка

Словенская юношеская униформа

Сорочка униформы светло-серая с длинным ревером. Линия шеи с отделкой должна быть закрыта до груди тремя красными пуговицами с каждой стороны (рис. 2.4, *а*). Задняя часть длиннее передней и выгравирована дугой внизу. В днище с обеих сторон трещины.

Внутренняя часть брюк подбита полосатой хлопчатобумажной тканью в талии.

Жилет подбит хлопчатобумажной тканью серого цвета, а разрезы рукавов и воротника имеют обвязочную ленту золотисто-серого цвета (рис. 2.4, *б*).

На каждой стороне пальто имеется нагрудный карман, который выполнен из льна натурального цвета. На рис. 2.12, *а* показана внутренняя сторона пальто. Было видно, что фигурная часть была обшита хлопчатобумажной тканью темно-серого цвета, рукава обшиты полосатой хлопчатобумажной тканью. В нижней части рукава между верхней тканью и подкладкой рукавов имеется льняная основа, а на воротнике много параллельных стежков, как показано на рис. 2.12, *б*.



Рисунок 2.12 - Словенское юношеское пальто: *а* - наизнанку; *б* - стежки на половинном воротнике

Европейский мужской сюртука

Для изучения методов формообразования сюртука под влиянием техники чертежа и шитья была заимствована реальная история мужского сюртука, изготовленного в 1900-е годы из Конструирования Швейных Изделий (ИВГПУ) для получения знаний о технике. Следует отметить, что пальто имеет наплечники, головку рукава и 2~3 слоя флизелина, чтобы адаптировать форму сюртука к мужской фигуре в хорошем виде.

Комбинируя с предыдущим исследованием в подразделе 1.2.4, можно было бы получить метод формообразования для каждого предмета одежды Европейского мужского костюма.

Вывод после главы 2

1. С использованием технологии бодисканирования сформирована антропометрическая база данных для преобразования исходных аватаров в деформированные цифровые манекены. База данных включает сечения груди, талии и бедер, их диаметров, величины изменений положения корпуса для типовых фигур под компрессионным влиянием корсетов.

2. Разработана историческая база данных о выбранных ИКК, включающая сведения о конструкции одежды, исторических текстильных материалах и их современных аналогах.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАЗМЕРНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СКРЫТЫХ ЗАПРОЕКТИРОВАННЫХ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ИСТОРИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

Результаты, полученные в этой главе, были опубликованы в двух работах [162-163].

3.1. Материал исследования

3.1.1. Программное обеспечение

В исследовании использовано программное обеспечение:

- ET CAD (BUYI Technology, Китай) для построения исторических чертежей;
- CLO 3D и Marvelous Design для визуализации ИКК;
- Rhinoceros для измерения толщины пакета материалов одежды и антропометрических данных аватаров.

3.1.2. Объекты исследования

В качестве объектов исследования были взяты:

- сохранившийся ИКК в виде пальто конца XIX - начала XX вв.;
- 47 чертежей реальных ИКК на основе мужского пальто;
- цифровые двойники текстильных материалов из библиотек 3D САПР;
- пять чертежей исторического мужского пальто для отработки технологии вычисления конструктивных прибавок к размерным признакам;

- чертеж мужского сюртука 1740-х гг. для отработки технологии размерной идентификации.

3.2. Метод реконструкции чертежей деталей сохранившегося ИКК

В этом разделе был разработан метод реконструкции чертежей по сохранившемуся ИКК (рис. 2.4, б). Метод не влияет на целостность и сохранность исторической одежды, что полезно для реконструкции истории одежды.

Известны три метода реконструкции чертежей одежды [143-145]:

1. Метод распарывания и утюжительной обработки, согласно которому всю одежду разбирают на детали, разутюживают их и измеряют. Этот метод обладает высокой точностью, но не применим к драгоценной исторической одежде;

2. Метод дублирования с использованием ситца, булавок, восковых полосок, портновского мела и т. д. Ситцем покрывают одежду, протирают воском, дублируют каждый предмет одежды, не разбирая его, а затем укладывают на плоскости и измеряют детали. Этот метод не уничтожит прототип одежды, но не обладает высоким уровнем точности;

3. Метод измерения одежды на плоскости, включающий измерение каждого фрагмента (ширины и длины) и построение на их основе чертежей. Однако этот метод имеет две проблемы. Во-первых, должен быть известен метод составления чертежа оригинальной одежды. Во-вторых, даже если бы можно было восстановить чертеж аналогичного или такого же размера, все равно трудно отобразить точную форму и конструктивные линии;

4. Метод клейкой ленты, включающий укладывание одежды на плоскости, наклеивание фрагментов бумаги на детали, их фиксирование клейкой лентой, отделение бумажного двойника детали и укладывание на бумагу клейкой стороной вниз. Таким образом, получают чертеж каждой

детали. Этот метод занимает короткое время, прост в эксплуатации и позволяет точно отметить линии швов.

После сравнения вышеперечисленных методов был выбран четвертый метод для копирования деталей реального мужского пальто. Для одновременной работы со всеми деталями был разработан новый метод измерения координат. Для разработки метода было взято историческое мужское пальто, изготовленное в конце XIX - начале XX вв., из коллекции Ивановского государственного политехнического университета, (рис. 2.4, б). Перед началом работы была тщательно изучена исходная форма. Это пальто имеет прямой силуэт, не имеет сложных драпировок, на ткани легко можно идентифицировать направление нити основы и утка, а его структуру легко маркировать. Стиль полностью симметричен, поэтому чертежи можно реконструировать по одной половине, но для повышения точности реконструкции получали развертки левой и правой деталей. Использовали клейкую ленту шириной 1,5 см и 2,5 см, бумагу А4 и миллиметровую бумагу.

Алгоритм дублирования был таким. Сначала лист бумаги немного меньшего размера накладывали на деталь; затем клейкой лентой правильной ширины (в соответствии с размером части и кривизной края) фиксировали его, точно ориентируясь на линию шва по внешнему краю этой детали. Края клейкой ленты должны накладываться друг на друга, чтобы ее потом было легче снять, не разрывая на части. Когда бумага будет прикреплена по всему периметру, бумажную деталь отделяют от пальто, укладывают липкой стороной вниз на миллиметровую бумагу в гладком состоянии. Переворачивают бумагу и с помощью полировального инструмента удаляют все воздушные образования.

На рис. 3.1 в качестве примера показаны положения отрезного бочка в пальто и его бумажного двойника, уложенного на плоскости стола.



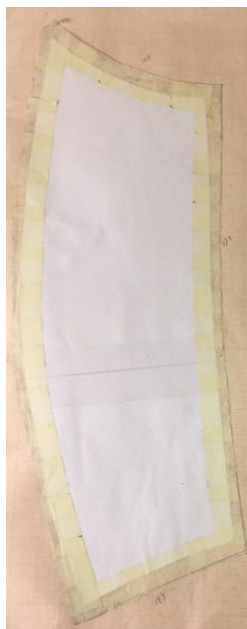
a



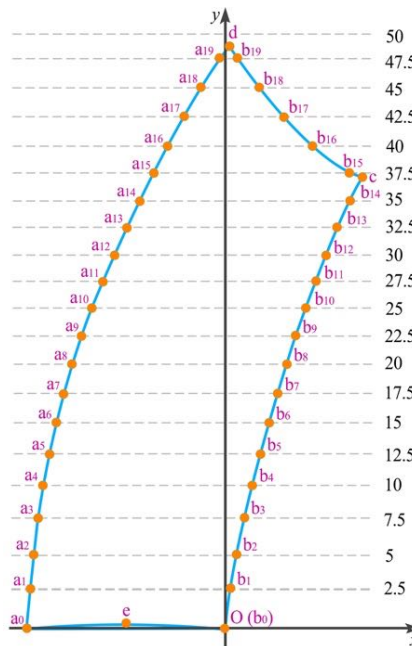
б

Рисунок 3.1 - Отрезной бочок пальто, продублированный бумагой и клейкими лентами, в момент работы и после укладывания бумаги на плоскость: *a* - трассировка пальто; *б* - размещение двойника на миллиметровой бумаге

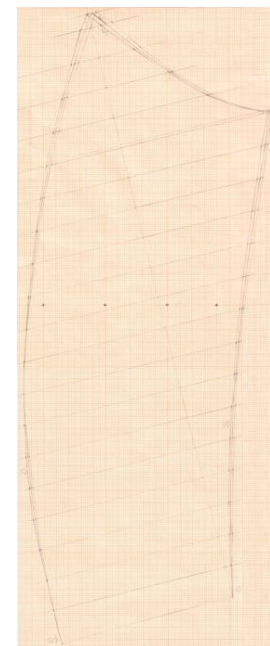
В соответствии с характеристиками отрезного бочка, была установлена декартова система координат путем определения точки b_0 в качестве исходной точки и двух линий через нее - осей Y и X (рис.3.2).



a



б



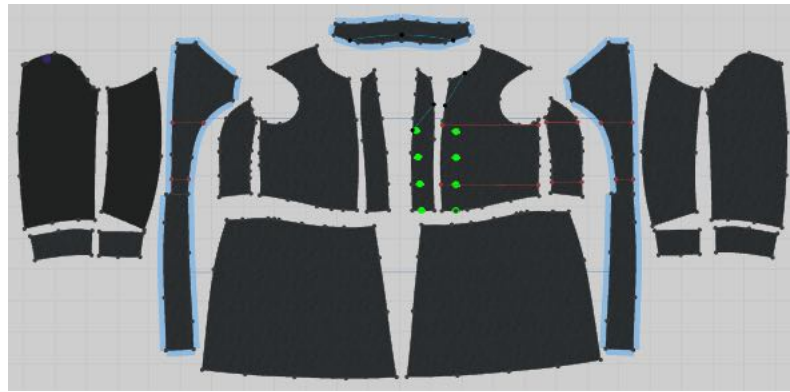
в

Рисунок 3.2 - Метод дублирования: *a* - скопированный бумажный двойник; *б* - схема координатного метода; *в* - окончательный чертеж после усреднения результатов измерения левого и правого отрезных бочков

Чтобы точно воспроизвести конструкцию отрезного бочка ИКК, на координатной сетке были нанесены параллельные опорные линии с интервалом 2,5 см. Пересечение левого и правого контуров и параллели обозначали как опорные точки $a_1, a_2 \dots, a_{19}, b_1, b_2 \dots, b_{19}$ соответственно. Четыре вершины были обозначены как a_0, b_0, c, d соответственно. Кроме того, была отмечена вогнутая точка низа e . Координаты каждой точки были получены путем измерения расстояния между точкой и осями X, Y . Поэтому конструкция отрезного бочка может быть перенесена на миллиметровую бумагу путем соединения соседних опорных точек плавными кривыми, как показано на рис. 3.2, б.

Таким образом, два чертежа - левый и правый, сгенерированные клейкой лентой (с обозначенными ссылочными точками, рис. 3.2, а) и координатами, - были наложены в одной и той же системе координат путем совмещения обеих линий низа рукавов. Окончательный чертеж был воспроизведен по средним значениям координат опорных точек на каждой параллели двух чертежей, как показано на рис. 3.2, в. Таким образом, чертеж каждой части исторического мужского пальто мог быть продублирован с помощью этого метода с повышенной точностью.

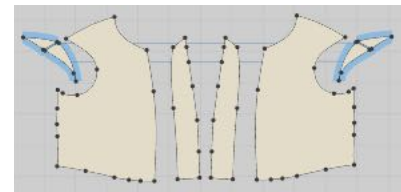
По такой схеме были получены развертки всех деталей пальто. Полученные детали были переведены в цифровую форму и на рис. 3.3 показан полный комплект деталей мужского пальто в САПР.



a



б



в

Рисунок 3.3 - Скриншот полного комплекта чертежей деталей пальто в САПР: *a* - детали из ткани верха; *б* - детали из подкладки; *в* - прокладочные детали

3.3. Методика бесконтактного определения толщины слоев одежды во время виртуальной примерки одежды

Целью этого исследования является разработка методики использования программ трехмерной визуализации для определения толщины пакета материалов. В исследовании были использованы чертежи сорочки, нижних и верхних брюк, жилета из исторического руководства [93].

3.3.1. Генерирование аватара исторической мужской фигуры

Чтобы определить размерные признаки аватара, презентующего историческую фигуру, был проведен следующий эксперимент. Из исторических руководств по конструированию одежды выбрана наиболее

часто встречающаяся или условно-типовая мужская фигура, для которой приведены алгоритмы построения чертежей, со следующими измерениями, используемыми при расчете чертежа: рост 66 дюймов (167.64 см), обхват груди 36 дюймов (91.44 см), обхват талии 32 дюйма (81.28 см).

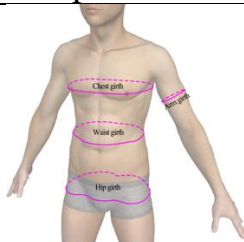
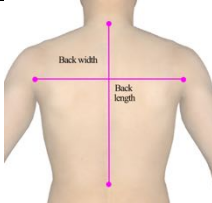
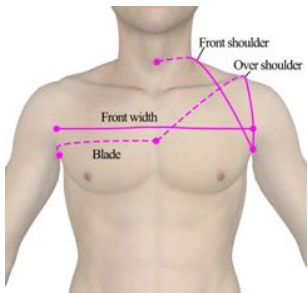

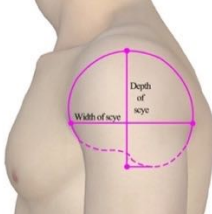
Однако эти измерения необходимо откорректировать по двум причинам:

1) наличия пакета нижележащих материалов, поскольку измерения мужских фигур в то время проводили поверх жилета и брюк. Из перечисленных измерений необходимо удалить прибавки на толщину пакета материалов: на уровне обхвата груди - 5.25 см, обхвата талии - 7.06 см;

2) изменение пластики фигуры из-за ношения мужчинами корсета. Под влиянием корсета согласно проведенным ранее исследованиям (см. разд. 2.2) обхват груди в среднем увеличивается на 2,33 см, а обхват талии уменьшается на 2,36 см (данные получены для фигур первой полнотной группы типа А по китайской типологии).

Таким образом, окончательно был сгенерирован аватар обнаженной исторической фигуры с ростом 167.64 см, обхватами груди 88.52 см и талии 71.86 см, соответствующий второй полнотной группе типа Y. Аватар исторической мужской фигуры построен по основным размерным признакам, а значения всех размерных признаков, включая те, которые использовали в исторических руководствах (позиции 8-10, 13,14) приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Размерные признаки аватара исторической мужской фигуры

№.	Размерный признак РП	Схема измерения размерного признака	Обозначение	Значение размерного признака, см
1	Обхват шеи ₁		ОШ ₁	88,52
2	Обхвату талии ₁		ОТ ₁	71,86
3	Обхват бедер ₁		ОБ ₁	87,44
4	Обхват руки ₁		ОР ₁	28,32
5	Ширина спинки ₁		ШС ₁	31,99
6	Длине спины до талии ₁		Дтс ₁	36,41
7	Ширина груди ₁		ШГ ₁	33,76
8	Дуга через плечевой скат спереди ₁		ДПСп ₁	26,85
9	Дуга через плечевой скат сзади ₁		ДПСс ₁	39,77
10	Расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины ₁		Л ₁	27,89
11	Диаметр горловины ₁		ШГОР ₁	12,09
12	Длина плечевого ската ₁		ШП ₁	12,46
13	Диаметр руки вертикальный ₁		дрв ₁	11,02
14	Диаметр руки передне-задний ₁		дпзр ₁	12,04

Примечания. 1. Размерный признак "Дуга через плечевой скат спереди"₁ измеряли от шейной точки сзади через точку основания шеи до передней подмышечной впадины; 2. Размерный признак "Дуга через плечевой скат сзади"₁ измеряли от центра спины через плечевую точку—до переднего угла подмышечной впадины; 3. Размерный признак " Расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины ₁" измеряли от центра спины до переднего угла подмышечной впадины по линии обхвата груди; 4. Размерный признак "Диаметр руки вертикальный"

измеряли по вертикали от плечевой точки до уровня заднего угла подмышечной впадины; 5. Размерный признак "Диаметр руки передне-задний₁" измеряли по горизонтали между передним и задним углами подмышечных впадин.

3.3.2. Расчет толщины пакета материалов

Поскольку в XIX веке фигуры измеряли сантиметровой лентой в одежде, то результаты измерений включали также толщину пакета материалов и воздушные зазоры, которые возникали между видами одежды, имевшими разную объемно-пространственную форму. Поэтому результаты измерения обхватов фигуры сантиметровой лентой содержали как минимум три величины: размерный признак фигуры + толщина пакета материалов, включая возможные складки, возникающие при облегании фигуры сантиметровой лентой, + воздушные зазоры, а результат измерения может быть записан как

$$РПо = РП + \sum Т_{пм} + \sum ВЗ, \quad (3.1)$$

где РПо - результат измерения обхвата лентой фигуры в нижнем белье и некоторых одеждах, таких как жилет; РП - обхват обнаженной фигуры; $\sum Т_{пм}$ - сумма толщин текстильных материалов, см; $\sum ВЗ$ - суммарный воздушный зазор, сформированный между фигурой и бельем, а также между слоями материалов других видов одежды, см.

Традиционно $\sum Т_{пм}$ можно определить следующим образом:

1) путем суммирования толщин одиночных материалов, измеренных в отдельности $\sum Т_{пм1}$ в соответствии с результатами из Главы 2.4;

2) путем одновременного измерения толщины всего пакета $\sum Т_{пм2}$.

Очевидно, что $\sum Т_{пм1} < \sum Т_{пм2}$ из-за влияния фактуры поверхности и наличия воздушных прослоек и они не равны простой арифметической сумме. Оба метода не могут быть применены для получения исходных

данных и последующей визуализации исторической одежды, поскольку формирование пакета из разных видов одежды с разными объемно-пространственными формами одновременно носимой одежды не повторяет процесс простого суммирования толщин. Рис.2.9 поясняет схему формирования суммарной толщины ($\sum T_{\text{пм}} + \sum B_3$) после сшивания всех видов одежды - сорочка, жилет, нижние и верхние брюки, пальто - в последовательности, идентичной одеванию одежды.

Для измерения толщины пакета материалов была выбрана виртуальная среда, в которой имитировали процедуру измерения мужской фигуры сантиметровой лентой при незначительном сжатии одежды. На сгенерированный цифровой двойник были одеты все виды одежды, и в таком положении все ткани подвергали принудительному сжатию до плотного прилегания к поверхности аватара, прижатия друг к другу и максимального удаления воздуха из всех прослоек. В качестве аналогов исторических тканей были взяты современные ткани из библиотеки программы Marvelous Designer. Процедуру проводили с использованием функции “Pressure” при следующих режимах Thick Textured Surface and Transparent Surface.

На рис.3.4 показаны этапы преобразования виртуального двойника сначала в аналог из прозрачных тканей, а затем - в варианты с минимальными воздушными зазорами $\sum B_3$.



Рисунок 3.4 - Этапы последовательного преобразования: *а, б* - исходного виртуального двойника в транспарентную систему; *в, г* - имеющими воздушные прослойки, в системы без воздушных прослоек

Из рис.3.4, *в,г* видно, что влиянием сжатия материалов все слои одежды плотно облегают аватар. Последний виртуальный двойник (рис.3.4,г) можно рассматривать в качестве аналога реальной исторической фигуры во время ее измерения закройщиком. Для виртуального двойника на рис.3.4, г были получены горизонтальные сечения на основных антропометрических уровнях. На рис. 3.5 показаны варианты исходного сечения и сечений, подготовленных к измерению обхватов.

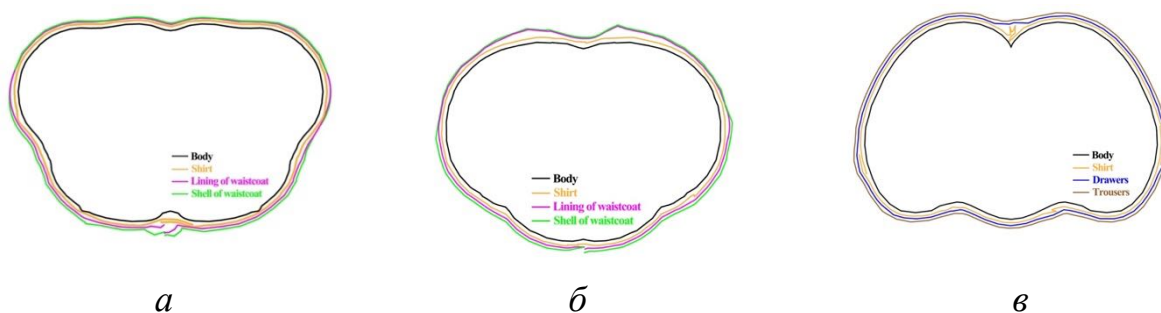


Рисунок 3.5 - Горизонтальные сечения системы "аватар +ИКК" после прижатия материалов к поверхности аватара и максимального обнуления воздушных зазоров в пакете: *а* - груди; *б* - талии; *в* - бедер

Периметры полученных сечений были измерены в программе Rhinoceros, а результаты представлены в табл.3.2.

Таблица 3.2 - Измерения аватара в одежде с минимальными воздушными зазорами

№.	Измерение	Обозначение	Значение, см	Приращение по сравнению с исходным аватаром ОШ ₂ -ОШ ₁
1	Обхват шеи ₂	ОШ ₂	95,05	6,53
2	Обхвату талии ₂	ОТ ₂	78,39	6,53
3	Обхват бедер ₂	ОБ ₂	93,93	6,49
4	Обхват руки ₂	ОР ₂	31,09	2,77
5	Ширина спинки ₂	ШС ₂	34,49	2,5
6	Длине спины до талии ₂	Дтс ₂	38,02	1,61
7	Ширина груди ₂	ШГ ₂	35,24	1,48
8	Дуга через плечевой скат спереди ₂	ПП ₂	30,02	3,17
9	Дуга через плечевой скат сзади ₂	ЧП ₂	43,08	3,31
10	Расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины ₂	Л ₂	30,25	2,36
11	Диаметр горловины ₂	ШГОР ₂	14,01	1,92
12	Длина плечевого ската ₂	ШП ₂	12,79	0,33
13	Диаметр руки вертикальный ₂	дрв ₂	12,58	1,56
14	Диаметр руки передне-задний ₂	дрзр ₂	12,74	0,7

Естественно, что самые большие по величине приращения имеют место на уровнях измерения обхватов. По данные из табл. 3.1 и 3.2 можно определить толщину пакета материалов по формуле

$$\sum T_{\text{пмз}} = (\text{ОШ}_2 - \text{ОШ}_1) / 2 \pi, \quad (3.2)$$

где $OШ_1$ - обхват обнаженного аватара, $OШ_2$ - обхват системы "аватар + плотнооблегающая одежда с минимальными воздушными зазорами".

Для нахождения толщины пакета под другими измерениями - ширинами, дугами - вместо значения угла 2π можно использовать значения центральных углов.

Параллельно толщину пакета измеряли в в программе Rhinoceros. Сечения аватара и обезвоздушенной системы с известными обхватами и периметрами (рис.3.5) преобразовывали в цилиндры с такими же периметрами в программе CLO 3D, например, CG_2 , WG_2 , HG_2 , а вокруг них формировали оболочки из пакетов выбранных материалов. Сохраненные файлы в формате .obj экспортировали в программу Rhinoceros, в которой измеряли толщину пакета $\sum T_{пм2}$, равную разности радиусов $r_2 - r_1$.

Внешний вид цилиндра в программе Marvelous Designer и схема измерения толщины пакета материалов с минимальным объемом воздушных прослоек показаны на рис.3.6.

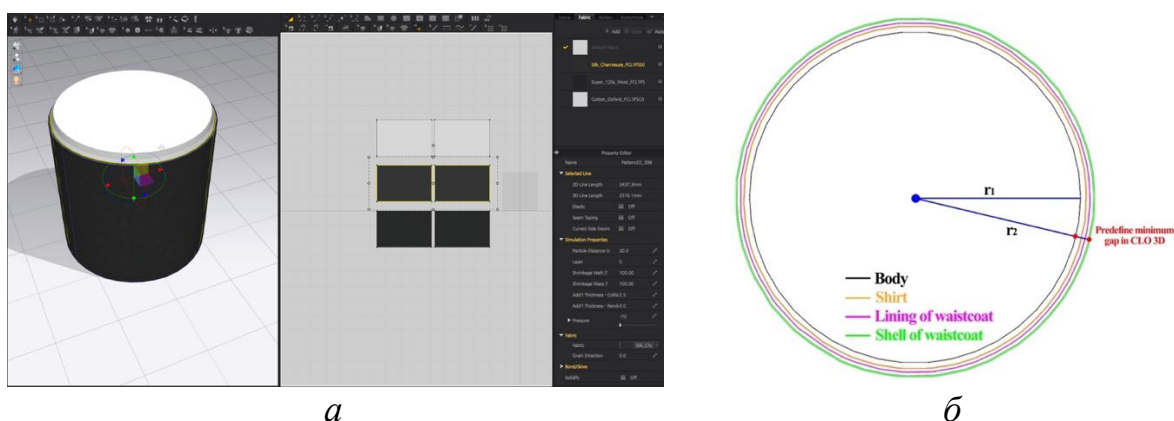


Рисунок 3.6 - Способ измерения: *а* - схема формирования цилиндра с оболочкой из материалов, входящих в пакет на уровне талии; *б* - измерение толщины пакета в программе

В табл. 3.3 показаны результаты вычисления толщины пакета материалов несколькими методами:

1) $\sum T_{\text{ПМ1}}$ путем арифметического сложения толщин плоских проб исходных материалов согласно, в соответствии с Главой 2.4;

2) $\sum T_{\text{ПМ2}}$ путем измерения в программе Rhinoceros;

3) $\sum T_{\text{ПМ3}}$ путем измерения в программе Marvelous Designer, Rhinocerosi расчета по формуле (2).

Для моделирования толщины многослойного пакета материалов с воздушными зазорами, который может быть использован для реконструкции исторического костюмного комплекса, нами предложен коэффициент наполнения пакета воздухом K , показывающий увеличение толщины многослойного пакета из-за формируемых внутри него воздушных прослоек. Его расчет можно проводить по формуле

$$K_{\text{в}} = \sum T_{\text{ПМ2}} / \sum T_{\text{ПМ1}}, \quad (3.3)$$

Таблица 3.3 - Толщина пакета материалов, измеренная разными разными методами, см

Уровень измерения	Структура пакета и толщина тканей	Толщина пакета материалов при разных методах вычисления, см			Толщина воздушной прослойки, см	Коэффициент наполнения пакета воздухом K_v , см/см
		$\sum T_{пм1}$ без учета воздушных прослоек	с учетом воздушных прослоек			
			в программе Rhinoceros $\sum T_{пм2}$	$\sum T_{пм3}$ по уравнению (2)		
Грудь	Сорочка (0.021) +Жилет	0.124	0.911+ 0.124 = 1.035	1.04	1.0375	8.37
талия	подкладочная ткань (0.019) +Жилет основная ткань(0.084))		0.911+ 0.124 = 1.035	1.04		
бедра	Сорочка (0.021) + Нижние брюки (0.021) + Брюки (0.084)	0.126	0.906+0. 126 = 1.032	1.03	1.031	8.18
бедро	Нижние брюки (0.021) + Брюки (0.084)	0.105	0.631+0. 105 =0.736	0.74	0.738	7.03

Из табл.3.3 видно, что значения толщин пакетов, вычисленные в виртуальных средах $\sum T_{пм2}$ и $\sum T_{пм3}$, очень близки между собой, а потому их можно усреднить. Однако они значительно отличаются от суммы толщин исходных материалов $\sum T_{пм1}$, которая не содержит воздушных прослоек.

Из табл.3.3 видно, что значения коэффициента K_v составили для двухслойного пакета 7.03, а для трехслойных 8.18...8.37.

Полученные результаты крайне важны для виртуальной реконструкции и генерирования реалистичных цифровых двойников. Если при реконструкции многослойной исторической одежды использовать в качестве исходных данных только толщину материалов, имеющих в библиотеке программы, то толщина суммарного пакета не будет содержать воздушных прослоек и окажется меньше реальной. Это приведет к искажению объемно-пространственной формы виртуального двойника костюмного комплекса и ее несоответствию форме исторического прототипа.

Для проверки эффективности такого подхода ранее был повторно сгенерирован виртуальный двойник из тех же материалов, но уже с использованием коэффициентов K_v из табл.3.3 для формирования между ними воздушных прослоек. Оба виртуальных двойника приведены на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 - Виртуальные двойники исторической системы, полученные путем формирования пакета материалов одежды путем: *а*- простого суммирования толщин исходных материалов; *б* - добавления между ними воздушных зазоров; *в* - фрагмент совмещенных фронтальных контуров. Красным цветом выделен двойник на (*б*)

Очевидно, что второй вариант (рис. 3.7, *б*) выглядит более реалистично ввиду повышения соразмерности надетой одежды и

уменьшению воздушных зазоров. Повышение степени реалистичности этого двойника на рис.3.7, б достигнута за счет расчета толщины пакета с помощью коэффициента K_v .

После совмещения фронтальных абрисов обоих двойников были установлены количественные различия между, произошедшие благодаря равномерному увеличению объема всех видов одежды. Видно, что произошло уменьшение прибавки к глубине сидения брюк на $a = 1,5$ см и сглаживание бокового контура на $b = 0,7$ см. Именно путем детальной корректировки силуэта в нескольких местах можно достичь идентичности между виртуальным двойником и его историческим прототипом.

Следовательно, реконструкция многослойной одежды в виртуальной среде должна учитывать вместе с толщиной материалов формируемые между ними воздушные зазоры, которые можно рассчитать с помощью коэффициента наполнения пакета воздухом K_v .

3.4. Методика графоаналитической реконструкции конструктивных приемов формообразования, запроектированных в исторических чертежах

Совокупность конструктивных прибавок и показатели свойств текстильных материалов являются основными видами цифровой информации в части параметризации и последующей симуляции объемно-пространственной формы исторической одежды. Конструктивные прибавки являются индикаторами художественно-конструкторских признаков отдельных участков объемно-пространственной формы одежды, ее конструктивного устройства и, как показано было выше, состава пакета материалов. Поэтому наряду с толщиной материалов, прибавки в чертежах конструкций являются важнейшим исходным данным для реконструкции и проверки ее справедливости.

Для иллюстрации роли прибавок в вариабельности формы исторической одежды отобранные чертежи пальто были совмещены следующим образом: детали спинки - в вершинах средних линий, совпадающей с остистым отростком седьмого шейного позвонка (BNP), а детали полочек и юбки - вдоль линии полузаноса в точке, соответствующей шейной точке спереди (FNP). На рис.3.8 показаны совмещенные схемы чертежей деталей.



Рисунок 3.8 - Совмещенные схемы чертежей деталей мужских пальто (время создания чертежей указано на деталях юбок)

Из рис.3.8 видно, что созданные примерно в одно и тоже время чертежи имеют существенные различия в конфигурациях контурных и внутренних линий: плечевых, проймы на полочке, горловины, соединения полочки и юбки. Различное расположение линий относительно антропометрических точек фигуры связано с модельными особенностями пяти моделей пальто, приемами пошива, в частности принудительным формообразованием во время влажно-тепловой обработки. Особенности

линий могут быть описаны относительно антропометрических точек - плечевой, основания шеи, шейной спереди, переднего угла подмышечной впадины и других - именно с помощью конструктивных прибавок. Очевидно, что сравниваемые чертежи на рис.3.8 отличаются прибавками к ширине плечевого ската, ширине горловины полочки, на свободу проймы по глубине и ширине груди.

3.4.1. Конструктивные прибавки для формообразования мужских исторических пальто конца XIX - начала XX вв.

Для вычисления конструктивных прибавок был использован метод графоаналитического анализа с помощью антропометрической сети (АС) [146]. Чтобы получить АС, на поверхность торса аватара были нанесены антропометрические точки на опорной поверхности и линии обхватов груди, талии и бедер, на основании которых получена плоская развертка в программе Marvelous Designer. Схема разметки аватара и внешний вид сгенерированной развертки его поверхности показаны на скриншоте программы Marvelous Designer (рис.3.9).

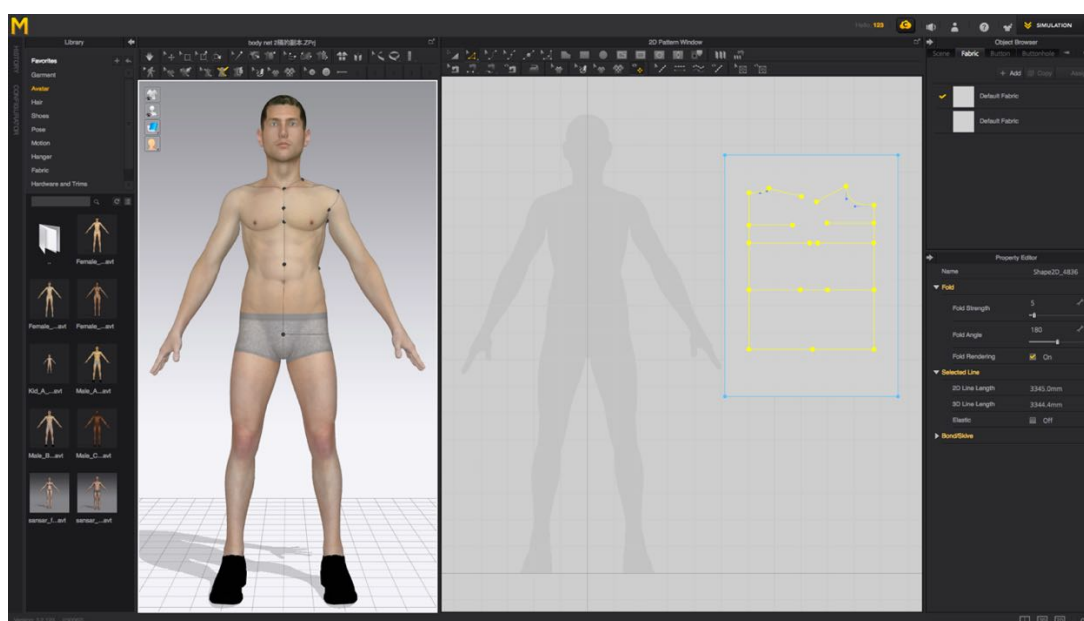


Рисунок 3.9 - Схема разметки аватара и внешний вид плоской развертки его поверхности в виде антропометрической сети

Таблица 3.4 - Условные обозначения АС на рис. 3.10

Группа обозначений	символ	Название
Антропометрические точки	ШТ	Шейная точка сзади
	ТОШ	Точка основания шеи (шейная точка сбоку)
	ШТ	Шейная точка спереди
	ЗУПВ	Задний угол подмышечной впадины
	ПУПВ	Передний угол подмышечной впадины
	ПТ	Плечевая точка
Измерения, соответствующие размерным признакам	a1,a2,a3	Ширина стана по линии груди
	b1,b2,b3,b4	Ширина стана по линии талии
	c1,c2	Ширина стана по линии бедер
	Дтс	Длина спины до талии
	Дтс1	Длина спины до талии первая
	Шс	Ширина спины
	Впрз	Высота проймы сзади
	Шп	Ширина плечевого ската
	Шг	Ширина груди
	Дшош	Дуга между точкой основания шеи и шейной точкой сзади
	дрв	Диаметр руки вертикальный
	дрзр	Диаметр руки переднезадний
Измерения деталей	Шгор	Ширина горловины
Конструктивные прибавки	Пдтс	К длине спины до талии
	Пшс	К ширине спины
	ПШп	К ширине плечевого ската
	ПШгор	К ширине горловины
	ПШг	К ширине груди
	Пспр	На свободу проймы по глубине
	Пшп	К ширине проймы

Чертежи пальто были измерены на участках с использованием современных и использовавшихся в конце XIX - начале XX вв. размерных признаков, приведенных в табл.3.1. Результаты измерений чертежей пальто приведены в табл.3.5.

Таблица 3.5 - Результаты измерений чертежей мужских пальто

No.	Место измерения чертежа	Обозначение	Размеры чертежей, см				
			PB1	PB2	PB3	PB4	PB5
1	Периметр по линии груди	PB _{Ог}	103.88	106.32	101.78	109.87	103.80
2	Периметр по линии талии	PB _{От}	93.02	96.99	91.81	99.56	92.43
3	Периметр по линии бедер	PB _{Об}	123.74	128.10	117.50	118.64	113.01
4	Ширина спинки	PB _{Шс}	38.73	40.43	38.04	39.74	39.23
5	Ширина полочки	PB _{Шг}	43.95	42.55	42.46	45.67	43.31
6	Длина спинки до талии	PB _{Дтс}	42.67	45.03	42.75	42.87	41.43
7	Ширина горловины	PB _{дш}	16.03	15.10	15.65	15.26	14.06
8	Длина плечевой линии	PB _{Шп}	15.23	16.16	15.03	18.34	17.80
9	Глубина проймы	PB _{дрв}	16.69	18.19	16.17	15.48	15.93
10	Ширина проймы	PB _{ws}	12.85	13.37	13.07	11.96	12.76
11	Длина проймы	PB _{дп}	44.92	49.39	43.79	41.19	42.70
12	Дуга через плечевой скат спереди (AR+VK)	PB _{шп}	34.32	36.18	33.38	32.73	32.62
13	Дуга через плечевой скат сзади (BW+ZK)	PB _{чп}	47.20	51.04	46.24	44.01	45.29
14	Расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины (BK)	PB _л	30.91	32.85	30.51	32.37	30.79

Среди этих измерений № 9 не может быть измерен непосредственно на чертеже: чтобы измерить вертикальное расстояние между плечевой точкой и подмышечной впадиной, цифровой двойник системы “аватар - костюм” должен быть импортирован в Rhinoceros. Что касается исторических измерений, то схемы измерения размерных признаков № 12 "Дуга через плечевой скат спереди (AR+VK)", № 13 "Дуга через плечевой скат сзади (BW+ZK)", № 14 лезвие - BK показано на рис.3.11.

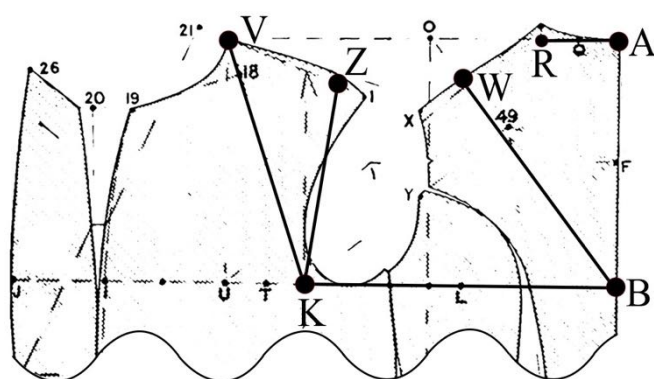


Рисунок 3.11 - Измерения применявшиеся в конце XIX - начале XX в

Суммарную конструктивную прибавку, содержащую все виды прибавок - на толщину пакета материалов, воздушные прослойки, композиционную - можно вычислить по формуле, как в случае прибавки к обхвату груди третьему:

$$П_{CG} = РВ_{ог} - ОШ_1, \quad (3.4)$$

где $П_{CG}$ - суммарная прибавка к полуобхвату груди третьему, $РВ_{ог}$ - удвоенная ширина чертежа по линии груди, $ОШ_1$ - размерный признак "обхват груди третий", измеренный по обнаженной фигуре. Такую схему расчета прибавок используют в современных методиках конструирования и они могут быть использованы для целей реконструкции

Историческую конструктивную прибавку, которую использовали закройщики для построения чертежей, можно вычислить по формуле, как в случае прибавки к обхвату груди третьему:

$$П_{CGh} = P_{BOr} - OШ_2, \quad (3.5)$$

где $П_{CGh}$ - историческая прибавка к обхвату груди третьему, P_{BOr} - удвоенная ширина чертежа по линии груди, $OШ_2$ - размерный признак "Обхват груди третий", измеренный по одежде, носимой под пальто.

По выражениям (3.4, 3.5) были вычислены прибавки обоих видов для всех размерных признаков. Детальные значения конструктивных прибавок $П_{CG}$ и $П_{CGh}$ были приведены в Приложении В.

Таблица 3.6 – Величины конструктивных прибавок

No	Прибавка	Среднее величина прибавки		Соотношение между прибавками P_{CG} / P_{CGh}	Разность Δ	На единицу длины Δ/P_{Ph}
		историческая, которую использовали закройщики P_{CGh}	суммарная, которую можно использовать при исторической реконструкции P_{CG}			
1	К обхвату груди	10.08	16.6	1.65	6.52	0.074
2	К обхвату талии	16.37	22.9	1.40	6.53	0.091
3	К обхвату бедер	26.27	32.8	1.23	6.53	0.075
4	К обхвату плеча	13.31	16.1	1.21	2.79	0.099
5	К ширине спины	4.74	7.2	1.52	2.46	0.077
6	К длине спины до талии	4.93	6.5	1.32	1.57	0.077
7	К ширине груди	8.35	9.8	1.17	1.45	0.043
8	К дуга через плечевой скат спереди	3.83	7.0	1.83	3.17	0.118
9	К дуга через плечевой скат сзади	3.68	7.0	1.9	3.32	0.083
10	К расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины	1.24	3.6	2.9	2.36	0.083
11	К диаметру шеи поперечному	1.21	3.13	2.59	1.92	
12	К ширине плечевого ската	3.72	4.1	1.1	0.38	
13	К диаметру руки вертикальному	3.91	5.5	1.41		
14	К диаметру руки передне-заднему	0.06	0.8			

Из табл.3.6 видно, что среднее различие между прибавками довольно значительное.

Для проверки правильности влияния полученных результатов на основе чертежа РВ1 [93] была выполнена реконструкция мужского пальто для аватара с размерными признаками из программы Marvelous Designer. Изображения виртуальных двойников пальто и их совмещенные абрисы показано на рис.3.12.



Рисунок 3.12 - Цифровые двойники пальто, сгенерированные из РВ1: *а* - с использованием конструктивных прибавок, выражение (3.5); *б* - для исторической фигуры и с учетом, выражение (3.4); *в* - для современной фигуры и их совмещенные абрисы

P_{CG} , рассчитанная по уравнению (3.4), больше P_{CGh} , рассчитанной по уравнению (3.5), поэтому пальто с P_{CGh} (рис. 3.12, а) выглядит более плотно прилегающим, а пальто с P_{CG} (рис. 3.12, б) более свободным.

Благодаря использованию прозрачных материалов на рис. 3.12. можно было обнаружить, что из-за различных значений прибавок между аватаром и пальто образовывались воздушные зазоры разных размеров. Очевидно, что для обнаженного аватара использование формулы (3.4) для реконструкции обеспечит лучшие условия для пропорциональности и

сбалансированной подгонки. Этот цифровой близнец имеет широкие плечи, узкую талию, подчеркнутый более длинный и мускулистый торс (рис. 3.12, а). По наложенным контурам можно было видеть различия между боковыми контурами и внутренними линиями, особенно в конфигурации лацканов и воротника, возникающие под влиянием толщины текстильных тканей и воздушных зазоров.

3.4.2. Алгоритм пересчета основных конструктивных прибавок, содержащихся в исторических чертежах, с учетом типологии современных фигур

Как правило, историческую реконструкцию выполняют на современные фигуры разных размеров, а не только на тот вариант, который приведен в историческом руководстве. Поэтому очень важным является градация прибавок - их увеличение или уменьшение - в зависимости от размерного варианта фигуры.

Нами предложен метод корректировки исторических прибавок для конструирования мужской плечевой одежды (пальто, фраков, сюртуков), основанный на их перерасчете для нового размерного варианта фигуры. Для его расчета необходимо знать размерные варианты исторической и современной фигур, рекомендуемые конструктивные прибавки из исторических руководств и коэффициент, учитывающий различия в измерениях одних и тех же размерных признаков. Этот коэффициент может быть рассчитан по формуле

$$k = \Delta / PП_h, \quad (3.6)$$

где k - коэффициент, характеризующий количественные различия в измерениях одних и тех же размерных признаков по разным антропометрическим программам; Δ - разница между размерными признаками, измеренными по историческим и современным

антропометрическим программам, например, $\Delta = П_{CG} - П_{CGh}$; $РП_h$ - значение размерного признака исторической фигуры, см.

Значения коэффициентов k приведены в табл.3.6.

Коэффициенты k могут быть использованы для разработки новых чертежей конструкций, необходимых для реконструкции исторической одежды. Для современной фигуры с иными размерными признаками, чем были у исторической фигуры, новое значение конструктивной прибавки можно рассчитать по выражению

$$P_i = P_h \pm RPi (\Delta/RPh), \quad (3.7)$$

где P_i - конструктивная прибавка к размерному признаку современной фигуры i -размера, см; P_h - конструктивная прибавка к размерному признаку исторической фигуры RPh из исторических руководств по конструированию одежды, см; RPi - размерный признак современной фигуры, см.

Например, современное мужское тело с обхватом груди 100 см. Исторический узор был разработан для тела с обхватом груди 88,52 см. Можно найти, что коэффициент k , количественные различия которого в обхвате грудной клетки составляют 0,074. Подставляя эти значения в (3.7), можно рассчитать величину припуска на легкость $10,08 + 100 \cdot 0,074 = 17,48$ см. Таким образом, базовая чистая ширина рисунка пальто для реконструкции должна быть $(100 + 17,48)/2 = 58,74$ см (в историческом исходном рисунке ширина вдоль линии груди составляла $(PB1 + PB2 + PB3 + PB4 + PB5) : 2 = 52,57$ см. Таким образом, для современной фигуры ширину базисной сетки исторического чертежа необходимо увеличить на $58,74 - 52,57 = 6,17$ см.

Формулу (3.7) можно использовать для расчета и проверки всех конструктивных участков и, в первую очередь, тех, для построения которых использовали устаревшие размерные признаки. В формуле (3.7)

знак "+" следует использовать, если размерный признак современной фигуры больше размерного признака исторической, а знак "-", если меньше.

3.5. Идентификация размерного варианта исторического чертежа

В методических руководствах построения исторических чертежей, опубликованных до 19 века, отсутствует много соответствующей информации. Хотя чертежи и их конкретные индексы доступны, антропометрические особенности соответствующего исторического носителя не упомянуты. Чтобы оптимизировать виртуальную реконструкцию ИКК, большинство исследователей изучали только саму одежду, не рассматривая исключительно важное влияние морфологии фигуры [10, 18]. Таким образом, для точной реконструкции исторической одежды и повышения эффективности конструкции первичным фактором является установление идентичного аватара, который соответствует исторической мужской фигуре. А именно, в виртуальной системе "историческая одежда - фигура" внешний вид, морфология и антропометрические индикаторы реконструируемого виртуального аватара должны быть такими же, как и у современной европейской фигуры [13].

На рис. 3.13 показан алгоритм расчета значений размерных признаков, скрытых в историческом чертеже.

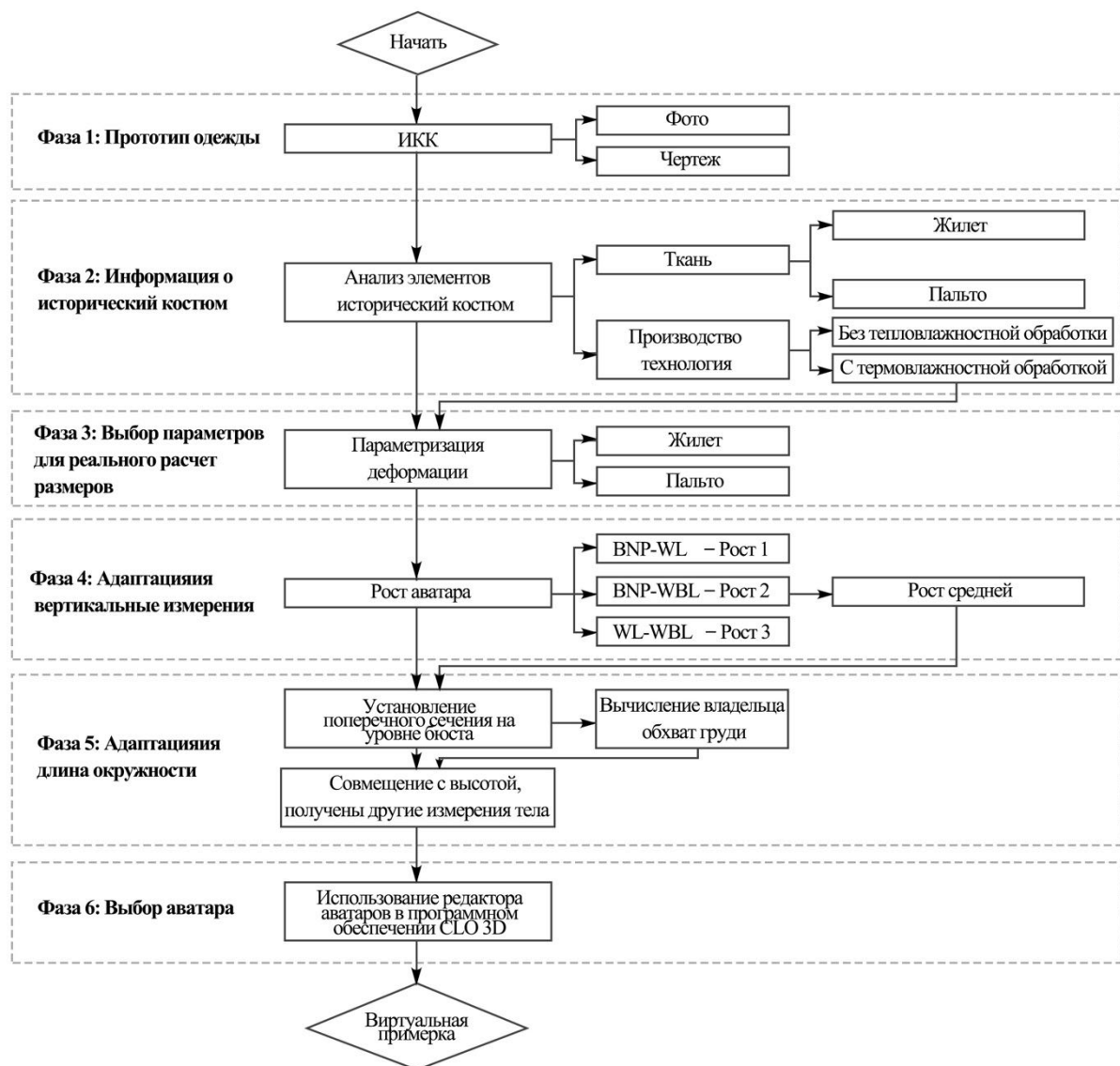


Рисунок 3.13 - Блок - схема расчета размеров признаков, скрытых в историческом чертеже

3.5.1. Объект исследования

В этом исследовании виртуальная мужская фигура 1740 года была реконструирована путем идентификации роста фигуры, соответствующего историческому чертежу. На рис. 3.14,*a* показан кафтан с широкой юбкой со складками. Складки веером расходились ниже талии [24]. С середины века камзолы (жилеты) можно было носить прямо без рубашки [78]. Этот кафтан было сделан из шелка, парчи и дамаска.

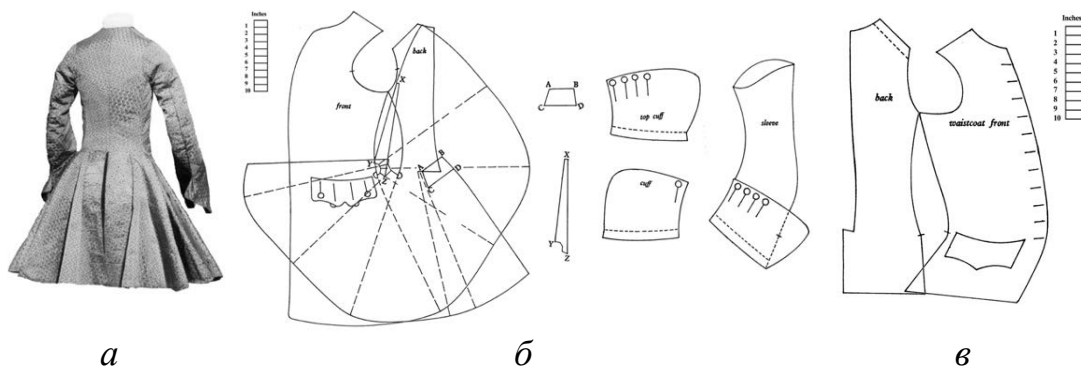


Рисунок 3.14 - Мужской кафтан с широкой юбкой:
а - прототип 1740-х годов; *б* - ч кафтана; *в* - чертеж камзола
 (жилета) [24]

3.5.2. Адаптация роста аватара в CLO 3D

На примере одежды 1740-х гг. алгоритм вычисления роста исторической фигуры был следующим (рис. 3.15).

1. На чертеже спинки отмечали ориентиры: шейную точку сзади BNP, линию груди (BL) и линию талии (WL).

2. Измеряли расстояния от BNP до WL, от BNP до BL и от BL до WL на чертеже, обозначая их как L1, L2 и L3.

3. Проводили виртуальную примерку кафтана на аватар в CLO 3D.

4. Измеряли вдоль поверхности кафтана расстояние от BNP до WL, от BNP до BL и от BL до WL, соответственно записанное как L1', L2' и L3'.

5. Изменяли значения ростов аватара, при которых выполняются равенства

$$L1 = L1', L2 = L2' \text{ и } L3 = L3', \quad (3.8)$$

Например, для выбранного кафтана соответственно получены три значения ростов: H1 = 180,5 см, H2 = 183,5 см и H3 = 180,5 см.

6. Вычисляли среднее значение этих роста, которое было бы первоначально применено при построении исторического чертежа. В рассматриваемом примере $H_{mean} = 181,5$ см.

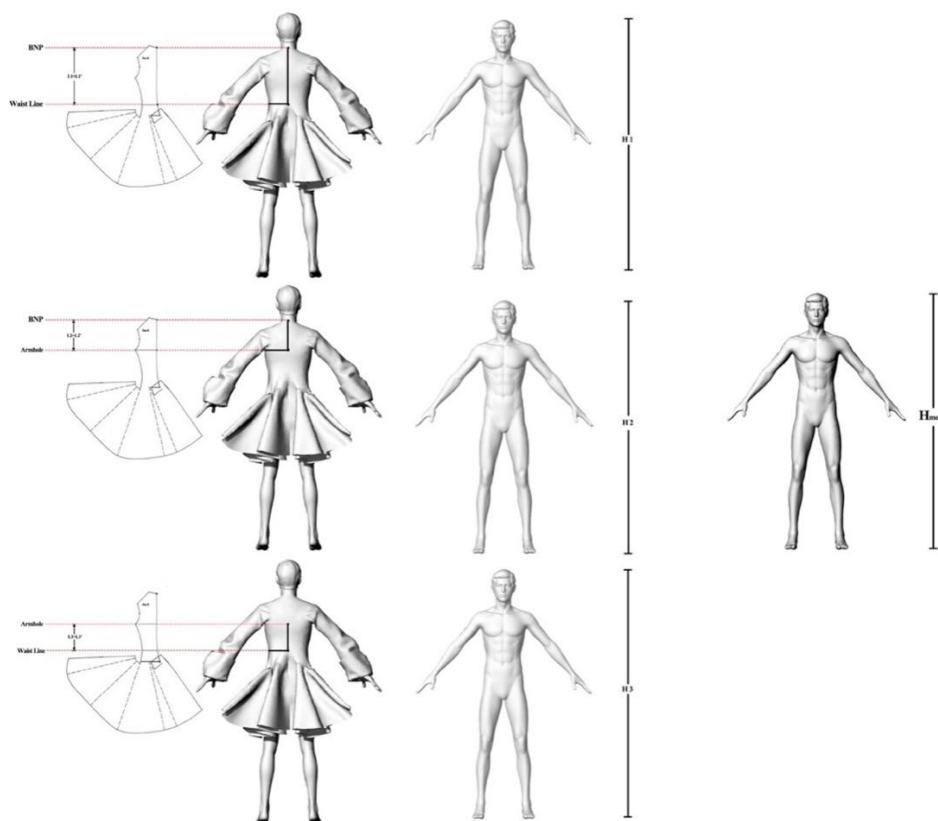


Рисунок 3.15 - Варианты виртуальных систем с ЦД мужской фигуры с разными антропометрическим кодом: H_1 - 180,5см, H_2 -183,5см, H_3 - 180,5см

Таким образом, реконструкция ЦД исторической фигуры выполнена на основе фотографии ИКК и чертежа мужского кафтана 1740 года (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 - ЦД мужской фигуры и кафтана 1740 г.

Рассмотренный на примере этого ИКК алгоритм был принят в качестве базового для идентификации роста фигуры по историческому чертежу.

3.5.3. Расчет обхватов груди и талии аватара

Мужской кафтан 1740-х гг., реконструированный в CLO 3D для роста 181,5 см европейского мужского аватара, был использован далее для идентификации остальных размерных признаков. На рис. 3.17, *a* показана верхняя часть его 3D изображения.

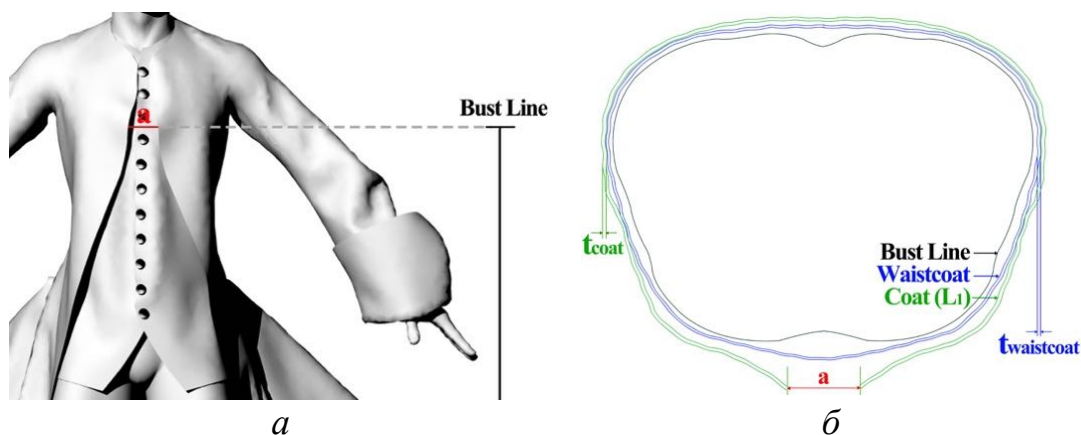


Рисунок 3.17 - Схема расчета обхватов груди и талии аватара:
a - изображение цифрового двойника кафтана;
б - поперечные сечения на уровне груди

Показанные на рис. 3.17, б поперечные сечения аватара и кафтана были получены на уровне груди и талии. Обхваты груди и талии исторического владельца вычисляли по уравнениям (3.9) и (3.10) соответственно:

$$П1 = (ОШ - a) + 2\pi t_{(\text{жилета} + \text{пальто})}, \quad (3.9)$$

$$П2 = (ОТ - b) + 2\pi t_{(\text{жилета} + \text{пальто})}, \quad (3.10)$$

где П1 - длина окружности кафтана на уровне груди (обозначена зеленым цветом на рис. 3.17, б); а - расстояние между краями бортов кафтана на уровне груди (обозначена красной линией на рис. 3.17); t - толщина пакета материалов кафтана и жилета.

Результаты измерения в программном обеспечении CLO 3D составили: П1 = 97,61 см, а = 3,78 см, t = 0,5 см отдельно. Таким образом, обхват груди равен 98,25 см, а обхват талии 74,35 см.

Таким образом, по приведенному алгоритму можно рассчитать значения обхватов груди и талии цифрового двойника исторической фигуры, исходя из его роста.

3.5.4. Оценка размерных признаков аватара

Аватар с ведущими размерными признаками (рост 181,5 см, обхваты груди 98,25 см и талии 74,35 см), реконструированный в CLO 3D, был импортирован в Rhinoceros. 49 размерных признаков были измерены согласно принятой в России типологии мужских фигур, как наиболее полной по сравнению с китайской типологией [147]. На рис. 3.18 показаны схемы измерения фигур в этой системе.

Используя выражения (3.9) и (3.10), были вычислены обхваты груди и талии виртуальной модели. Можно подтвердить, что морфологические характеристики этого аватара соответствуют 4

полнотной группе типовой мужской фигуры, то есть обхват груди находится между 88...104 см.

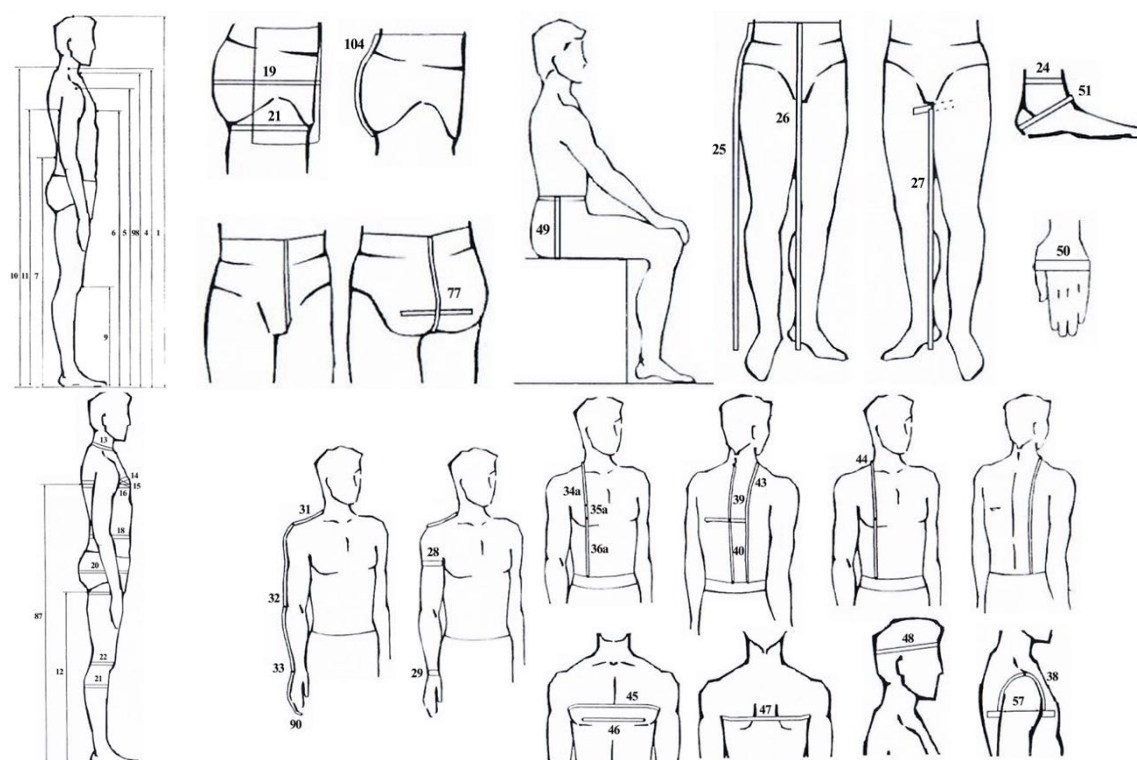


Рисунок 3.18 - Схема измерения размерных признаков мужских фигур [147]

Табл. 3.7 содержит результаты сравнения 49 размерных признаков, (обозначения некоторых признаков приведены на рис. 3.18).

Таблица 3.7 - Разность между размерными признаками сгенерированного аватара в CLO 3D и типовой мужской фигурой, см

№	Размерные признаки	Разница	№	Размерные признаки	Разница
1	Рост	0,50	27	Длина ноги по внутренней поверхности	0,20
98	Высота точки основания шеи спереди	0,93	104	Расстояние от линии талии до подъягодичной складки	-0,39
4	Высота точки основания шеи сбоку	0,20	77	Дуга через паховую область	-0,70
5	Высота плечевой точки	-0,06	49	Расстояние от линии талии до плоскости	-0,10

				сидения	
6	Высота сосковой точки	-3,54	28	Обхват плеча	1,12
7	Высота линии талии	0	29	Обхват запястья	0,33
9	Высота коленной точки	0	30	Обхват кисти	0,10
10	Высота точки основания шеи сзади	0,2	31	Длина плечевого ската	0,35
11	Высота заднего угла подмышечной впадины	-0,58	32	Расстояние от точки основания шеи сбоку до лучевой точки	5,40
87	Высота лопаточной точки	0	33	Расстояние от точки основания шеи сбоку до линии обхвата запястья	4,56
12	Высота подъягодичной складки	0,1	90	Расстояние от точки основания шеи сбоку до конца третьего пальца	5,77
13	Обхват шеи	0,58	34a	Расстояние от точки основания шеи сбоку до линии обхвата груди первого спереди	-0,30
14	Обхват груди первый	2,18	35a	Расстояние от точки основания шеи сбоку до сосковой точки (высота груди)	-0,39
15	Обхват груди второй	2,55	36a	Расстояние от точки основания шеи сбоку до линии талии спереди (длина талии спереди)	0,50
16	Обхват груди третий	0,40	38	Дуга через высшую точку плечевого сустава	0,38
18	Обхват талии	-0,35	39	Расстояние от точки основания шеи сзади до линии обхватов грудя первого и второго с учетом	0,04

				выступа лопаток	
19	Обхват бедер с учетом выпуклости живота	0,60	40	Длина спины до талии с учетом выступа лопаток	0,19
20	Обхват бедер без учета выпуклости живота	0,56	43	Расстояние от линии талии сзади до точки основания шеи сбоку	0,08
21	Обхват бедра	0,80	44	Длина дуги верхней части туловища через точку основания шеи сбоку	0,58
22	Обхват колена	0,74	45	Ширина груди	0,80
23	Обхват икры	0,80	46	Расстояние между сосковыми точками	0,60
24	Обхват щиколотки	0,06	47	Ширина спины	0,06
51	Обхват подъема стопы	0,20	57	Передне-задний диаметр руки	0,37
25	Расстояние от линии талии до пола сбоку	0	48	Обхват головы	0,23
26	Расстояние от линии талии до пола спереди	0			

Как показано в табл. 3.7, только для пяти признаков существует большая вариация и в основном они относятся к верхним конечностям. Также было установлено, что пять признаков идентичны, небольшие отличия существуют для 39 признаков, но они не превышают половины интервала безразличия для этих признаков в современной российской типологии. Показана возможность точного генерирования аватара с ведущими признаками исторической и дополнительными признаками типовой фигуры, что необходимо для дальнейшего параметрического анализа исторических чертежей.

3.6. Графическая реконструкция технологических приемов формообразования, запроектированных в исторических чертежах

В этом разделе использован метод преобразования технологических приемов формообразования участков одежды при выполнении влажно-тепловой обработки деталей и узлов одежды, разработанный А.Ю.Москвиным [149].

3.6.1. Подготовка чертежа

Параллельно с выбором чертежей были изучены основные стили пальто для последующей группировки и выбора типичного чертежа каждого стиля. На рис. 3.19 показаны пять вариантов стилевых решений пальто.

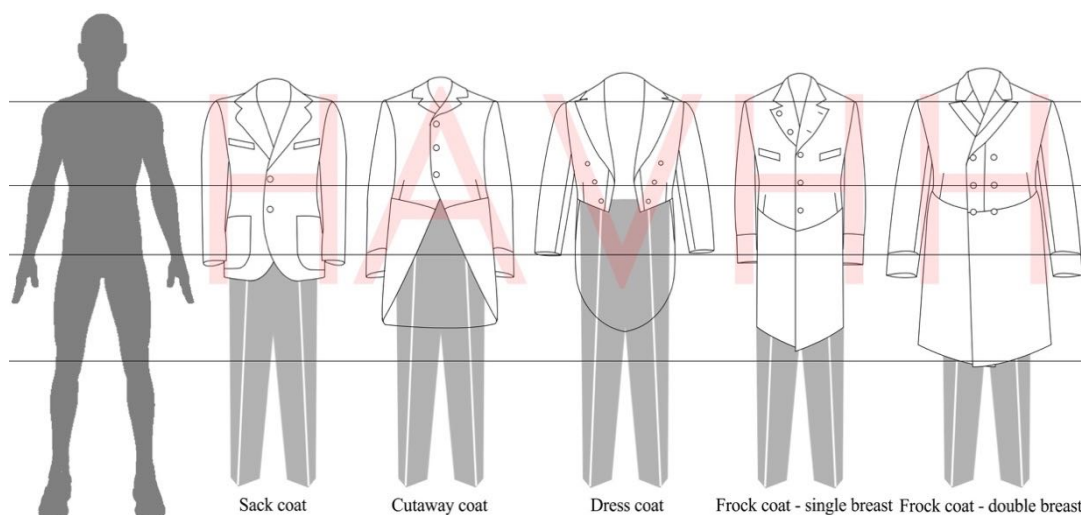


Рисунок 3.19 - Технические рисунки вариантов пальто

Свободное по форме пальто называли lounge jacket, оно имело силуэт Н, был неформальной одеждой. Имел отложной воротник с лацканами, карманы с клапанами или без них, с длиной выше бедра. Этот вид пальто стал доминирующим стилем мужской одежды и в наши дни.

Визитку также называли утренним пальто или пальто для верховой езды, он менее формальный, чем сюртук.

Фрак был одеждой для вечера. Он был обрезан на уровне талии спереди и имел фалды сзади длиной до колена. Передняя часть всегда была открыта, чтобы показать рубашку, галстук и жилет.

Сюртук мог быть однобортным, H-образного силуэта, с длиной выше колена. Особыми особенностями были воротники-стойки или реверсы и маленькие вытачки на уровне талии, называемые “рыбками”.

Сюртук мог быть двубортным, H-образный, с высокой линией талии, внешне сходный с военными сюртуками, юбка была длинной и слегка свободной по фигуре [24, 25].

Для симуляции исторической одежды необходимы оцифрованные чертежи с возможностью редактирования в среде САПР [3].

С середины XIX века портные создали огромное количество чертежей, включающих разные методы измерения, размерные признаки, построения чертежей на основе масштабирования, пропорционирования и использования особых приемов. На основе чертежей конструкций, опубликованных с 1891 по 1913 [43, 82, 83, 87, 88, 93, 94, 100], было отобрано 47 объектов для параметризации (17 пальто с отрезной талией, 11 фраков и 19 сюртуков). В соответствии с публикациями была собрана следующая исходная информация:

- система кроя (система размеров, метод измерения, содержание и условия измерения, размерные признаки);
- схемы чертежей;
- полный алгоритм составления чертежа;
- методы формообразования одежды при составлении чертежа и его изготовлении.

3.6.2. Параметризация чертежа

После составления чертежей в масштабе 1:1 в САПР были выбраны три группы параметров для измерения:

1. для выяснения взаимосвязи между параметрами чертежа, размерными признаками и прибавками в соответствии с полным алгоритмом составления чертежа: глубина проймы /A-B/, длине спины до талии /A-C/, ширина спинки /B-M/, и положение модной линии талии /A-D/, и т. д. (рис. 3.20);

2. Для определения размеров признаков (обхват груди и обхват талии) владельца: /B1+B1+B3/, /W1+W2+W3/ должны быть измерены (рис. 3.21);

3. Для расчета деформации швейной кромки при тепловлажностной обработке: длина каждой пары линий шва (a & b, c & e1, r1 & r2, и т.д.) должны быть измерены (рис. 3.21).

Исследование 1-й группы параметров

На основе исходной базы данных были измерены размерные признаки и составлен полный алгоритм построения чертежа. Были вычислены соотношения, существовавшие между параметрами исторического чертежа, прибавками и размерными признаками реального владельца. На рис. 3.20 приведены примеры трех чертежей разных стилей (пальто, фрак, сюртук) с одинаковыми размерными признаками соответственно. Чертежи были отобраны из инструкций, опубликованных Л.Гибсоном, Э.Л.Стрейффом, С.С.Гордоном, J. J. Mitchell. Co. и Н. Холмсом [93, 94, 100, 83, 88, 2]

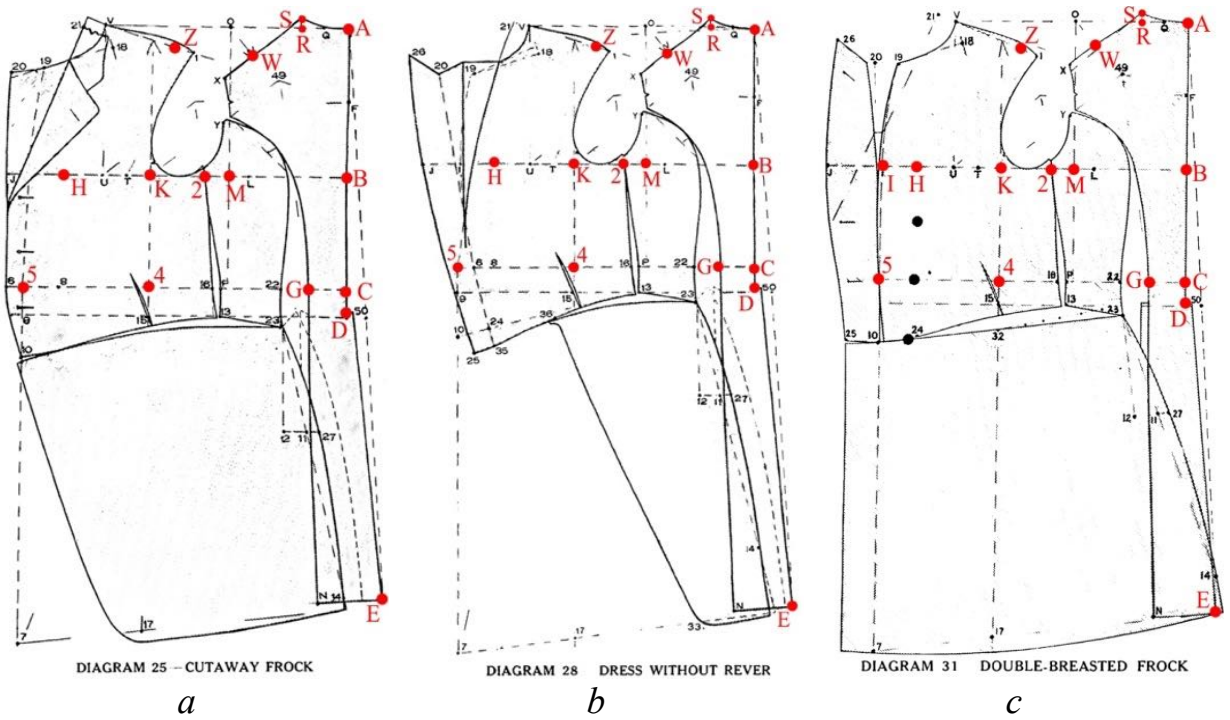


Рисунок 3.20 - Схемы чертежей мужской одежды:
a - пальто с отрезной талией; *б* - фрак; *в* - сюртук

В табл. 3.8 приведены уравнения, относящиеся к трем выбранным видам одежды.

Таблица 3.8 - Взаимосвязь между параметрами чертежа, размерными признаками и прибавкой, см

Символ	Размерный признак	Взаимосвязи	Символ	Размерный признак	Взаимосвязи
AB	Глубина проймы + конструктивная прибавка	$CG/6 + 8.89$	BK	Лезвие + конструктивная прибавка	Лезвие + 3.18
AC	Естественная талия (длине спины до талии)	$H/4 + 0.64$	BM	(Лезвие + конструктивная прибавка) /2 + конструктивная прибавка	(Лезвие + 3.18)/2 + 3.18
AD	Модная талия	$H/4 + 3.81$	B~2	-	$CG/4$
AE	Полная длина	-	BH	-	$CG/2$
AR	-	$CG/24 + 3.81$	HI	Конструктивная прибавка	5.72
SR	Глубина шеи	$CG/16 - 1.63$	GC	$CG/32 +$ конструктивная прибавка	$CG/32 + 3.18$
BW+K	Через плечо + конструктивная прибавка	Over shoulder + 2.54	4~5	-	$WG/4$

Примечание. CG - обхват груди, WG - обхват талии, H - рост, естественная талия - длине спины до талии, модная талия обычно ниже естественной талии на 3,17 см.

Из-за различия между стилями мужской одежды, прибавки по ширине груди и талии на нескольких чертежах были разными. Разница по ширине груди составила от 0,64 до 2,54 см [43, 87].

Параметры 2-й группы

На рис. 3.21 приведена схема параметризации чертежей (сюртук, пальто с отрезной талией, фрак и рукав).

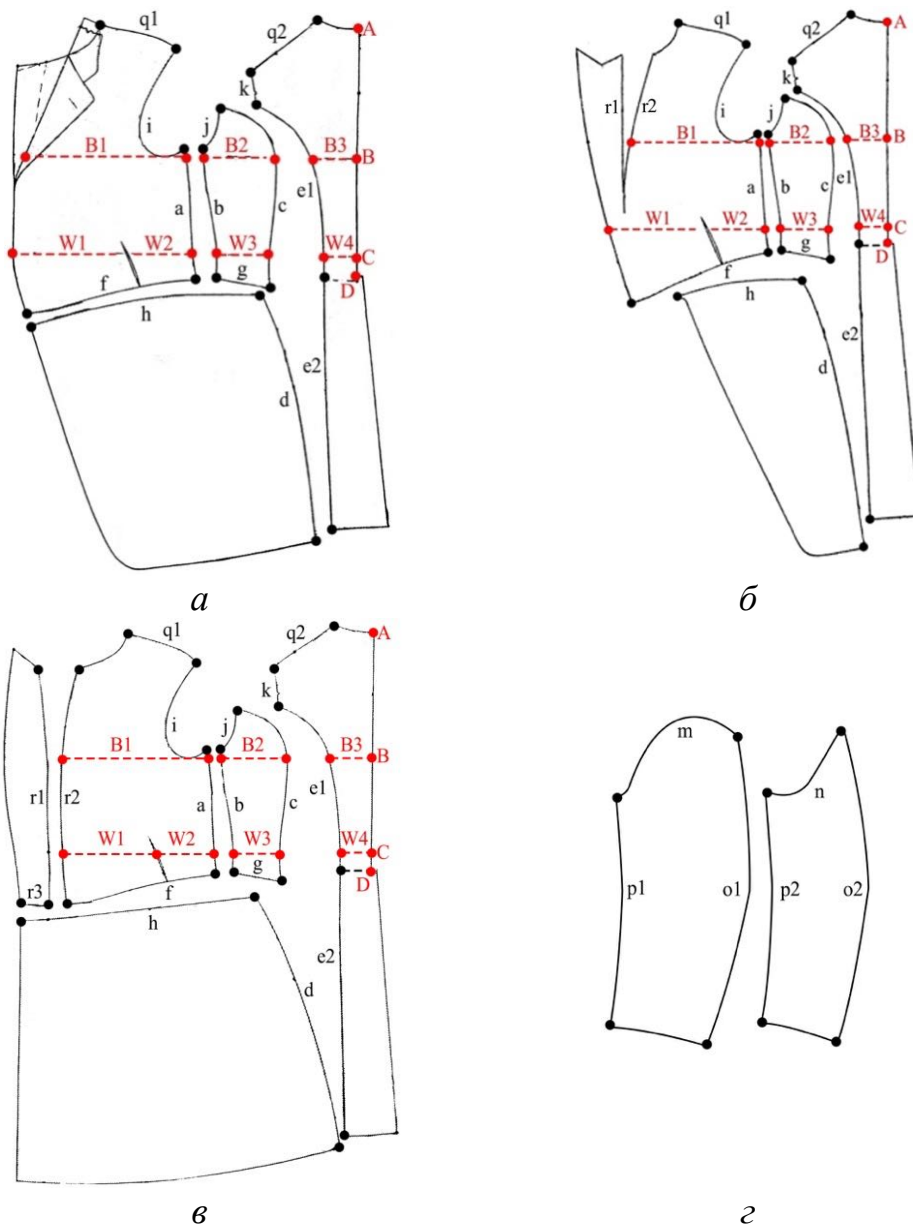


Рисунок 3.21 - Схема измерения чертежей размеров мужской одежды: *а* - пальто с отрезной талией; *б* - фрак; *в* - сюртук; *г* - рукав

Были измерены в САПР ($/B1+B1+B3/$, $/W1+W2+W3/$). Эти данные помогают найти подходящие размерные признаки владельца для чертежей XIX века или реальных прототипов без достаточной исходной информации следующим образом:

1. определить стиль пальто по чертежу или реальному прототипу;
2. измерить длины антропометрической линии талии и талиевого шва или реального прототипа, рассчитать рост владельца в соответствии с соотношениями, приведенными в табл. 3.8;

3. сгенерируйте аватар в соответствии с разделом 3.5.3.;

4. определить обхват груди и талии потенциального владельца и ширину чертежей вдоль груди и талии чертежей.

Результаты приведены в табл. 3.9 - 3.11.

Таблица 3.9 - Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 17 пальто с отрезной линией талии

№ чертежа	Размерный признак реконструированного аватара, см		Параметры чертежа, см		Среднее значение конструктивной прибавки к обхватам	
	Обхват груди	Обхват талии	Ширина груди 2/V1+V1+V3/	Ширина талии 2/W1+W2+W3/	груди	талии
46	86,36	76,2	98,16	86,24	11,12	9,8
47			96,8	85,76		
1	91,44	81,28	101,04	91,62	13,37	13,73
19			101,44	91,38		
26			112,88	101,26		
35			105,22	94,5		
44			104,5	97,52		
45			103,8	93,76		
28	99,06	88,9	102,68	96,32	7,39	7,32
36			110,22	96,12		
14	101,6	88,9	111,4	103,52	13,16	18,19
16			115,08	105,74		
23			119,06	119,56		
41			113,48	99,52		
2	106,68	102,87	127,38	119,82	20,7	16,95
3	114,3	115,57	127,32	122,72	13,02	7,15
33	111,76	101,6	123,56	105	11,80	3,4
Среднее значение					12,94	10,93

Таблица 3.10 - Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 11 фраков

№ чертежа	Размерный признак реконструированного аватара, см		Параметры чертежа, см		Среднее значение конструктивной прибавки к обхватам	
	Обхват груди	Обхват груди	Ширина груди 2/V1+V1+V 3/	Ширина талии 2/W1+W2+W 3/	груди	талии
4	91,44	81,28	101,4	91,62	12,06	9,06
5			98,66	84,14		
22			109,88	99,22		
25			107,68	92,68		
34			99,86	84,04		
30	99,06	91,44	110,14	98,82	11,4	9,01
31		83,82	111,44	98,88		
40		91,44	109,8	96,04		
15	101,6	88,9	112,28	98,9	11,35	10,46
18			113,62	99,82		
6	106,68	102,87	113,16	109,18	6,48	6,31
Среднее значение					10,32	8,71

Таблица 3.11 - Обхваты груди и талии реконструированных аватаров и ширина чертежей по линиям груди и талии для 19 сюртуков

№ чертежа	Размерный признак реконструированного аватара, см		Параметры чертежа, см		Среднее значение конструктивной прибавки к обхватам	
	Обхват груди	Обхват груди	Ширина груди 2/V1+V1+V3/	Ширина талии 2/W1+W2+W3/	грудь	талия
7	91,44	81,28	103,88	92,44	12,81	11,8
8			102,52	92,1		
10			99,32	84,46		
11			102,38	91,52		
12			106,32	96,24		
13			101,78	91,12		
20			104,46	95,44		
21			109,88	99,22		
24			108,2	96,54		
38			103,8	91,72		
29			93,98	86,36		
32	81,28	102,76		93,02		
42	96,52	81,28	110,34	91,14	13,82	9,86
27	99,06	88,9	103,64	101,46	6,62	11,04
39		81,28	107,72	90,8		
17	101,6	88,9	116,6	106,52	12,49	12,56
37		99,06	113,3	110		
43		91,44	112,38	100,56		
9	106,68	102,87	112,48	107,46	5,8	4,59
Среднее значение					10,34	10,04

Параметры 3-й группы

Различия между каждой парой линий соединительных швов (а & b, с & e1, r1 & r2 и т. д.) для выбранных стилевых вариантов одежды были рассчитаны для определения запроецированных деформаций. Результаты приведены в табл. 3.12 - 3.14.

Таблица 3.12 - Различия между длинами одноименных срезов для 17 отрезных по линии талии пальто

№ чертежа	Разница между длинами одноименных срезов, см, для формообразования							
	Под проймой на выпуклость груди	На спинке в области лопаток	На юбке в области ягодиц	На переднем крае талиевого шва	По окату рукава	Вдоль передних срезов	Вдоль локтевых срезов	Вдоль плечевых срезов
	a-b	c-e1	d-e2	h-(f+g)	(m+n)-(i+j+k)	p1-p2	o2-o1	q2-q1
1	0,73	2,1	-0,05	0,76	3,16	0,01	0,32	-2,43
2	0,44	2,48	0,28	-1,81	1,74	0,11	0,35	0,78
3	1,19	2,64	0,09	-1,38	2,13	0,11	0,35	1,04
14	0,12	2,48	0,97	-1,24	2,06	0,01	0,32	-0,11
16	-0,29	2,42	0,52	-1,26	1,52	0,05	0,37	0,27
19	0,67	1,54	-0,04	0,46	2,13	0,11	0,37	1,23
23	0,52	2,18	0,36	-0,56	1,57	0,05	0,34	0,44
26	-0,08	0,55	0,57	1,68	1,73	0,05	0,37	-0,14
28	0,35	1,2	0,09	-0,48	1,83	0,1	0,35	0,93
33	1,85	1,85	0,16	3,81	1,59	0,05	0,37	1,49
35	-0,09	1,78	0,48	0	1,82	0,05	0,34	-0,22
36	-0,1	2,24	-0,03	0,02	1,61	0,04	0,37	-0,03
41	0	2,26	0,1	-3,42	1,59	0,01	0,32	-0,27
44	-0,14	1,97	0,4	-2,2	2,17	0,05	0,34	-0,43
45	0,02	1,12	-0,2	-0,32	2,64	0,01	0,32	-0,13
46	0,01	1,62	0,55	2,11	2,13	0,11	0,35	-0,22
47	1,5	1,65	1,38	0,14	3,07	0,1	0,37	0,11
Средняя величина деформации	0,39	1,89	0,33	-0,22	2,02	0,06	0,35	0,14

Таблица 3.13 - Различия между длинами одноименных срезов для 11 фрактов

№ чертежа	Разница между длинами одноименных срезов, см, для формообразования								
	Под проймо й на выпукл ость груди	На спин ке в обла сти лопа ток	На юбке в обла сти ягод иц	На перед е вдоль талие вого шва	По окат у рук ава	Вдоль перед них среза в	Вдоль локте вых среза в	Вдоль плече вых среза в	По кра ю бор та
	a-b	c-e1	d-e2	h- (f+g)	(m+ n)- (i+j +k)	p1-p2	o2-o1	q2-q1	r2- r1
4	0,95	2,16	0,57	-	2,35	0,01	0,32	0,7	-
5	0,89	2,19	0,58	0,48	2,79	0,01	0,32	0,7	1,59
6	0,63	1,56	0,51	-	2,6	0,05	0,37	0,95	-
15	0,63	2,68	0,71	0,13	1,62	0,01	0,32	-0,3	-
18	-0,19	2,08	1,24	-0,79	1,74	0,05	0,37	0,79	
22	0,33	1,68	0,56	-0,32	1,63	0,11	0,35	0,95	- 0,36
25	0,07	0,32	0,34	1,02	2,16	0,05	0,37	0,94	0,91
30	-0,08	0,8	0,06	0	1,63	0,11	0,35	0	0,59
31	0,05	0,79	0	0,51	2,02	0,05	0,37	-0,14	-
34	0,57	0,64	0,37	0,09	2,34	0,1	0,37	0,33	1,45
40	-0,09	1,55	0,08	0,38	1,62	0,01	0,32	-0,16	0,36
Средня я величи на деформ ации	0,34	1,50	0,46	0,17	2,05	0,05	0,35	0,43	0,76

Таблица 3.14 - Различия между длинами одноименных срезов для 19 сюртуков

№ чертежа	Разница между длинами одноименных срезов, см, для формообразования								
	Под проймой на выпуклость груди	На спинке в области лопаток	На юбке в области ягодич	На переднем крае талиевого шва	По окату рукава	Вдоль передних срезов	Вдоль локтевых срезов	Вдоль плечевых срезов	По краю борта
	a-b	c-e1	d-e2	h-(f+g)	(m+n)-(i+j+k)	p1-p2	o2-o1	q2-q1	r2-r1
7	0,54	2,62	0,35	0,72	1,59	0,01	0,32	-0,17	0,03
8	0,53	2,07	0,59	-0,05	1,73	0,01	0,32	-0,25	-
9	0,92	1,71	0,47	-0,42	1,82	0,05	0,37	1,29	-0,02
10	0,99	1,9	0,7	1,24	1,9	0,05	0,34	0,23	0,41
11	0,6	2,49	-0,06	0,3	2	0,01	0,32	0,08	-
12	1,12	1,58	0,78	1,22	1,61	0,11	0,25	0,65	0,1
13	0,73	2,51	0,14	0,77	2,71	0,01	0,32	-0,07	0,06
17	-0,21	2,61	0,78	0	1,74	0,11	0,25	0,6	0,04
20	0,15	-0,33	0,66	0,39	1,83	0,11	0,35	0,94	-
21	0,37	0,04	0,8	-0,33	2	0,01	0,32	0,73	-0,09
24	0,04	0,37	0,91	1,71	2,01	0,05	0,37	-0,1	0,34
27	0,43	1,19	0,76	2,58	1,61	0,05	0,34	0,73	1,38
29	-0,12	1,19	1,82	-0,15	2,01	0,01	0,32	0,03	-
32	1,37	1,41	0,25	0,11	2,3	0,05	0,34	0,84	1,72
37	0,04	1,55	0,64	0,18	1,61	0,05	0,34	-0,29	-
38	-0,09	1,28	0,15	0	1,94	0,05	0,34	-0,29	-0,17
39	-0,13	2,46	1,04	-0,04	1,71	0,01	0,32	-0,19	-0,33
42	-0,14	1,77	1,3	1,05	2,28	0,01	0,32	-0,22	-0,16
43	0,01	1,67	0,77	-0,39	2,03	0,04	0,34	0	0,16
Средняя величина деформации	0,38	1,58	0,68	0,47	1,92	0,04	0,33	0,24	0,25

Эти результаты будут полезны для анализа и корректировки чертежей, уравнивания длины каждой парной линии шва путем изготовления вытачек. Например, линия шва, которая длиннее, должна

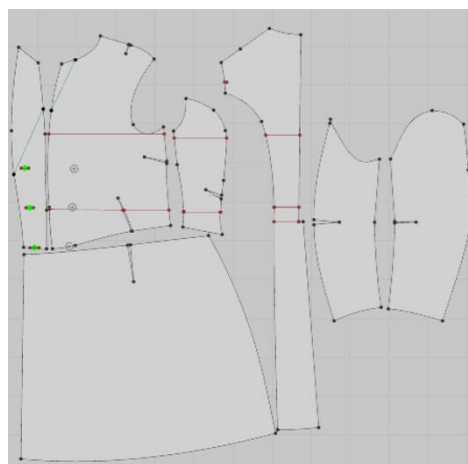
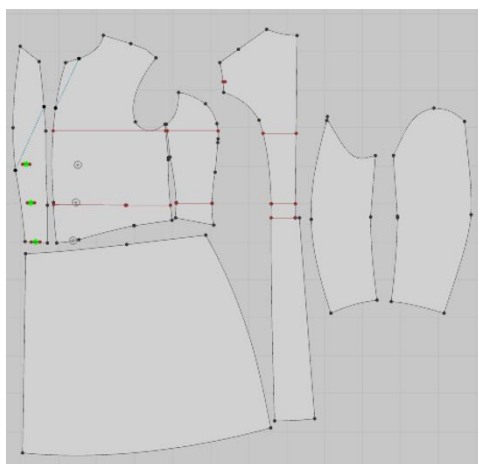
деформироваться, с помощью выточки для укорочения про время виртуальной реконструкции.

3.6.3. Пример использования полученных баз данных

В качестве примера применения результатов был выбран чертеж сюртука для виртуальной реконструкции в программном обеспечении CLO 3D 6.0. Симулировали мужской сюртук после модифицирования чертежа: корректировки линий и проектирования выточек. На рис. 3.22 показаны исходная и модифицированная схемы чертежа, а также цифровые двойники сюртуков, сгенерированных из разных чертежей.



a



б

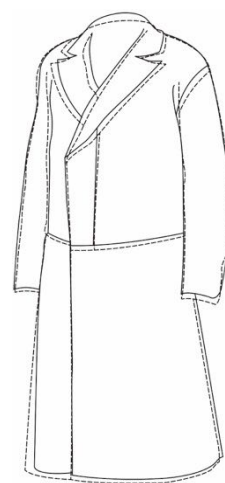


г



д

в



е

Рисунок 3.22 - Получение цифровых двойников мужского сюртука:
a - исходное изображение [148]; *б* - исходный чертеж;
в - модифицированный чертеж для виртуальной примерки; *г* - цифровой двойник сюртука, сгенерированный по исходному чертежу; *д* - цифровой двойник сюртука, сгенерированный по модифицированному чертежу;
е - совмещенные контуры цифровых двойников

Чтобы доказать более высокую точность модифицированного сюртука, были сопоставлены силуэты сюртуков, которые были реконструированы двумя способами (рис.3.22, е).

Выбранная фотография реального мужского сюртука XIX века, имеет тот же стиль, что и реконструированные цифровые двойники, как показано на рис. 3.22, а. Для проверки соответствия между реальными и виртуальными двойниками, аватар был сгенерирован в той же позе, что и на фотографии. По сравнению с цифровым двойником сюртука, сгенерированного по исходным чертежам (рис. 3.22, б, г), модифицированный цифровой двойник (рис. 3.22, в, д) имеет более качественную структуру: воротник более плотно прилегает к шее, шов между верхней передней частью и юбкой пальто более гладкий, низ более плотно прилегает к фигуре. Таким образом, новый подход оказался довольно эффективным.

Примеры применения разработанных методик и баз данных также использованы при реконструкции европейских мужских костюмов в подразделе 5.5 и Приложении Б.

Вывод после главы 3

1. Разработан новый метод реконструкции чертежей деталей исторического верхних видов мужской одежды. Этот метод не повреждает ИКК.

2. Разработаны алгоритмы генерирования виртуального двойника исторической мужской фигуры и нахождения толщины пакета материалов носимой одежды.

3. Разработаны базы данных конструктивных прибавок к размерным признакам, использовавшиеся для построения 47 чертежей пальто, и предложен алгоритм их пересчета при реконструкции пальто на современные фигуры других размерных вариантов.

4. Разработан способ и алгоритм идентификации исходных размерных признаков мужской фигуры по историческому чертежу с учетом параметров чертежа, толщины материалов, воздушных зазоров.

5. Разработана методика получения цифровых двойников мужской верхней одежды, основанная на измерениях исторических фигур, системах построения чертежей, конструировании и формообразовании одежды в процессе производства.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИСТОРИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ С ПОМОЩЬЮ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА

Исторический костюм в виде сохранившихся материальных раритетов, рисунков, фотографий и схем чертежей является неиссякаемым источником для поиска новых и адаптации проверенных временем художественных и конструкторско-технологических решений к возможностям современного дизайн-проектирования [149]. Новая форма исторического костюма появлялась как симбиоз и синергии нескольких факторов: морфология человеческих фигур - исходная или измененная под модный стандарт; конструктивное устройство костюма; особая конфигурация чертежей деталей; применяемые материалы, включая комплектность нижележащих слоев одежды; методы изготовления; манера ношения [150]. При реконструкции исторической одежды в зависимости от целеполагания и ожидаемых результатов используют информацию обо всех факторах или их часть. Исходная база исторических данных может включать существовавшие системы размерных признаков [151], чертежи или схемы конструкций [152], реалистичные изображения или фотографии [153].

Чтобы с высокой точностью сгенерировать ЦД ИКК, необходимы, как минимум, три массива информации о следующих компонентах: фигуре, тканях и конструктивном устройстве костюма. Такую информацию можно получить на основе 3D материального ИКК, или 2D изображения ИКК, или чертежа конструкции. Очевидно, что из разных объектов можно получить совершенно разный объем информации. Объем информации, полученной после анализа 3D материального ИКК, является наибольшим, за ним следует 2D изображение, а чертеж конструкции предоставляет наименьший объем. Кроме того, три источника информации также различны сами по себе. Например, немногие 3D материальные ИКК

сохранились полностью; некоторые 2D изображение ИКК являются черно-белыми, а некоторые красочными; некоторые чертежи конструкций не содержат информации о технологии изготовления.

В этой главе сформулирована концепция технологии генерирования цифровых двойников компонентов и ИКК в целом с использованием полученных ранее результатов:

- графическую структуру одновременно носимой мужской одежды конца XIX - первой половины XX вв. для исторических костюмных комплексов разного назначения (разд.2.3);

- базу конструктивных прибавок для формообразования мужских исторических пальто конца XIX - начала XX вв. (разд.3.4.1),

- базу антропометрических данных об исторической модной мужской фигуре, деформированной корсетом (разд.2.2);

- методику идентификации размерной принадлежности и скрытых запроектированных конструктивно-технологических приемов в исторических чертежах мужской плечевой одежды (разд. 3.4.2 и 3.6);

- методика генерирования аватаров фигур с помощью размерных признаков, вычисленных по чертежам конструкций (разд.3.5);

- методику бесконтактного измерения в виртуальной среде толщины пакета текстильных материалов, принадлежащих одновременно носимым нескольким видам одежды, с учетом воздушных прослоек между ними (разд.3.3);

- алгоритм перерасчета конструктивных прибавок, запроектированных в исторических чертежах, в аналогичные прибавки для построения чертежей на современные фигуры (разд.3.42).

Технология генерирования цифровых двойников исторической одежды с помощью реверсивного инжиниринга включает четыре алгоритма:

- 1) получения цифрового двойника исторической фигуры;
- 2) получения цифрового двойника текстильного материала;

- 3) получения цифрового двойника ИКК;
- 4) оценки точности и сложности получения цифрового двойника ИКК.

Результаты этой главы опубликованы в двух работах [164-165].

4.1. Алгоритм получения цифрового двойника исторической фигуры

На рис. 4.1 изображена блок-схема разработанного метода реконструкции исторической мужской фигуры.

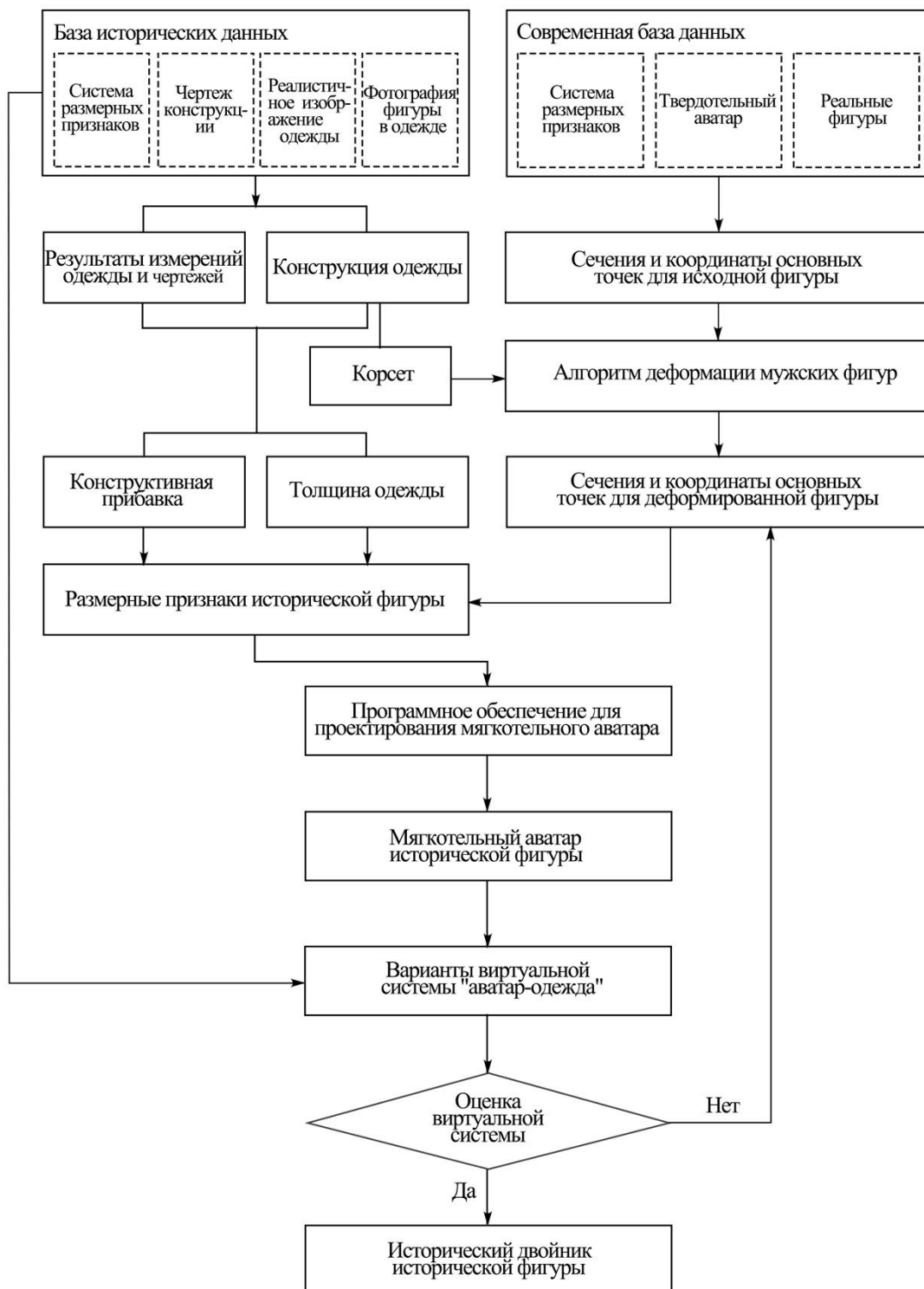


Рисунок 4.1 - Алгоритм генерации цифровых двойников исторических мужских фигур

Рис. 4.1 показывает последовательность действий для генерирования цифрового двойника исторической фигуры, взаимосвязи между всеми источниками информации и технологические средства исследований для детального сбора данных об исторической фигуре.

Одним из основных факторов для построения ЦД являются результаты антропометрии мужской фигуры под влиянием исторического корсета на изменение пластичности фигуры. Для виртуальной визуализации исторических одежд нельзя использовать современные твердотельные цифровые двойники реальной фигуры. Цифровые двойники исторической фигуры должны быть мягкими, так как в разные исторические периоды мужчины корректировали пластику своего торса с помощью корсетов. Как было показано в разд. 2.2, для изучения компрессионного влияния корсета на пластику мужской фигуры было измерить адекватное количество юношей с помощью сканера Human Solutions (Германия) и создана антропометрическая база данных для преобразования твердотельных аватаров в мягкие цифровые модели. Предложен и разработан метод последовательного приближения к истинному росту на основе размерных признаков "длине спины до талии" и его производных.

Сбор информации об исторической фигуре включает анализ трех возможных ситуаций в зависимости от вида исходной информации об ИКК - материальном полностью или частично сохранившемся, его визуальном изображении и чертежах конструкций деталей (как правило, из основного материала). На рис. 4.2 показаны результаты - пропорции фигуры, максимально-возможный набор размерных признаков, величины деформации фигуры манекеном, доступные после анализа вариантов представленных ИКК.

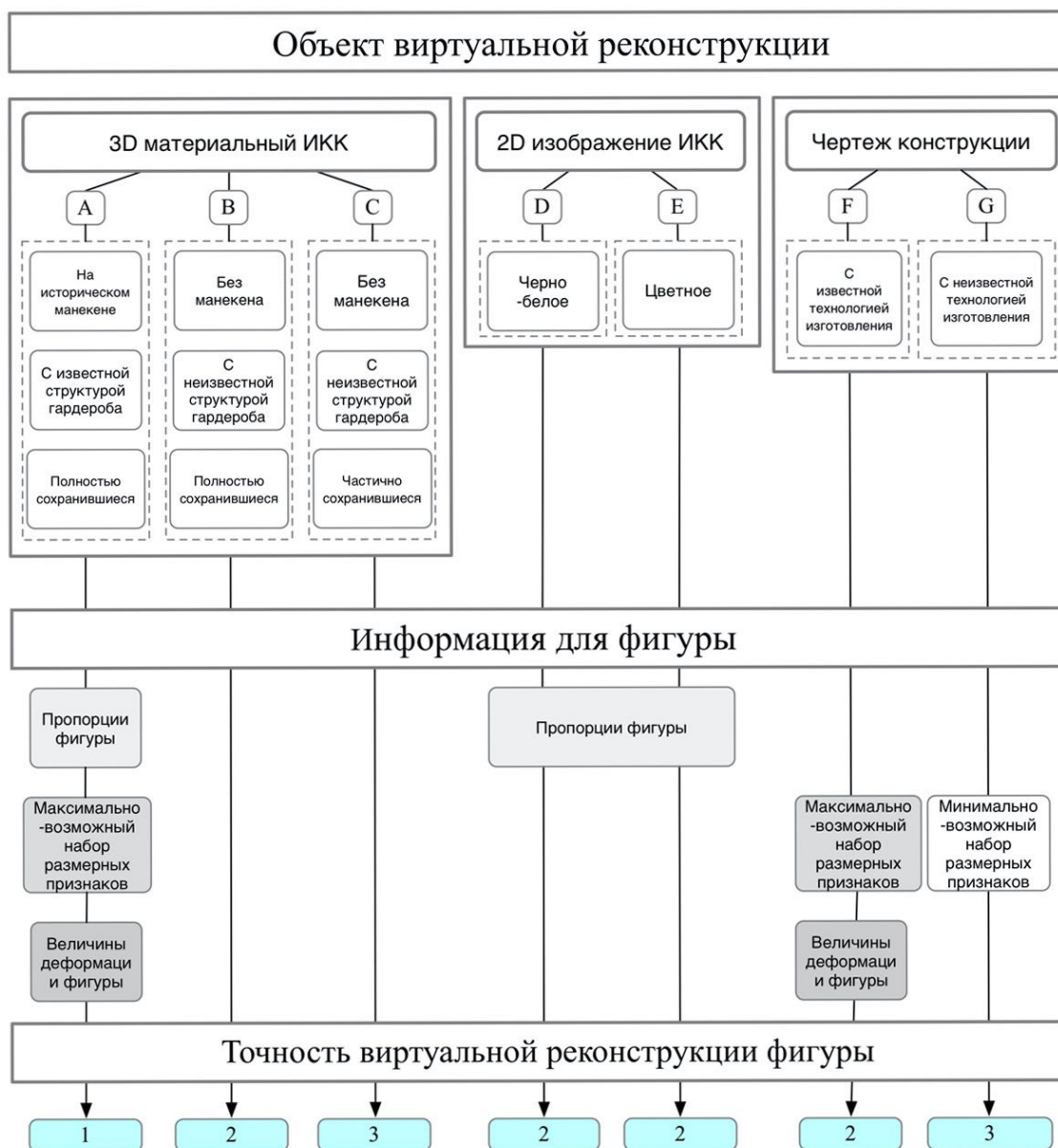


Рисунок 4.2 - Виды информации для реконструкции фигуры и генерирования ЦД

В нижней части рис.4.2 сформулирована трехуровневая балльная шкала, которая может быть использована для оценки трех уровней точности виртуальной реконструкции фигуры, в которой: 1 - лучший, 2 - нормальный, 3 - худший. Оценка может быть получена объективными и субъективными методами, в частности с помощью нейропсихологического метода слежение за глазами.

4.2. Алгоритм получения цифрового двойника текстильного материала

База данных о текстильных материалах включает в себя информацию об исторических текстильных материалах из опубликованных работ. Чтобы реконструировать текстуру исторического материала в виртуальной среде с максимальной реалистичностью, необходимо предоставить подробную информацию об их характеристиках, поскольку в 3D САПР необходима количественная информация о показателях физико-химических свойствах, таких как жесткость, изгибная способность, линейная плотность и т. д. для генерации цифровых двойников. Для получения ЦД может быть реализован новый подход к отбору современных аналогов исторической ткани, наиболее близких к историческим, и параллельный отбор аналогов из библиотеки CLO 3D.

На рис. 4.3 показаны алгоритмы получения информации из разных источников для генерирования ЦД текстильных материалов.

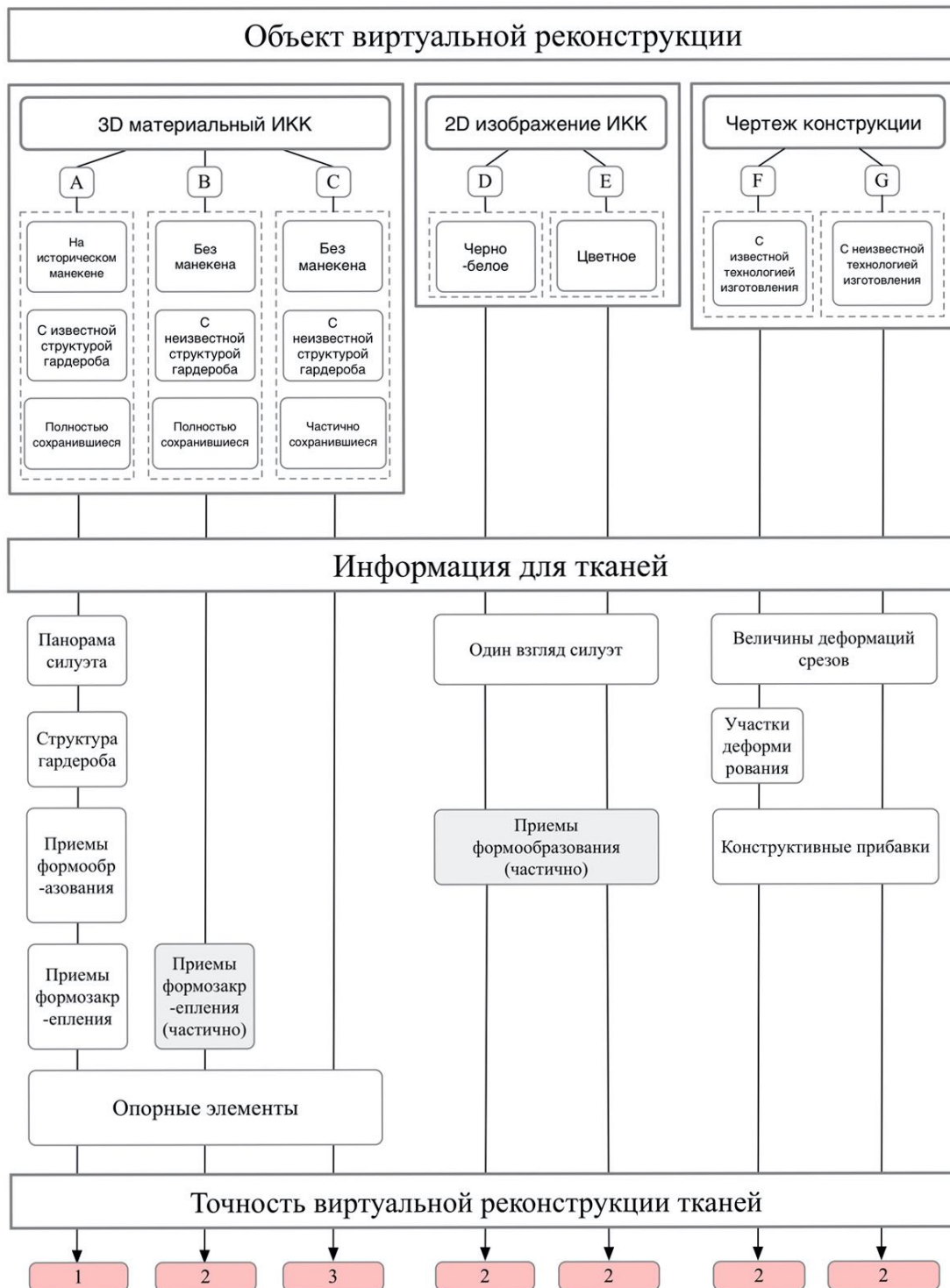


Рисунок 4.3 - Виды информация для реконструкции тканей и генерирования ЦД

4.3. Алгоритм получения цифрового двойника ИКК

Алгоритм представлен на рис. 4.4.

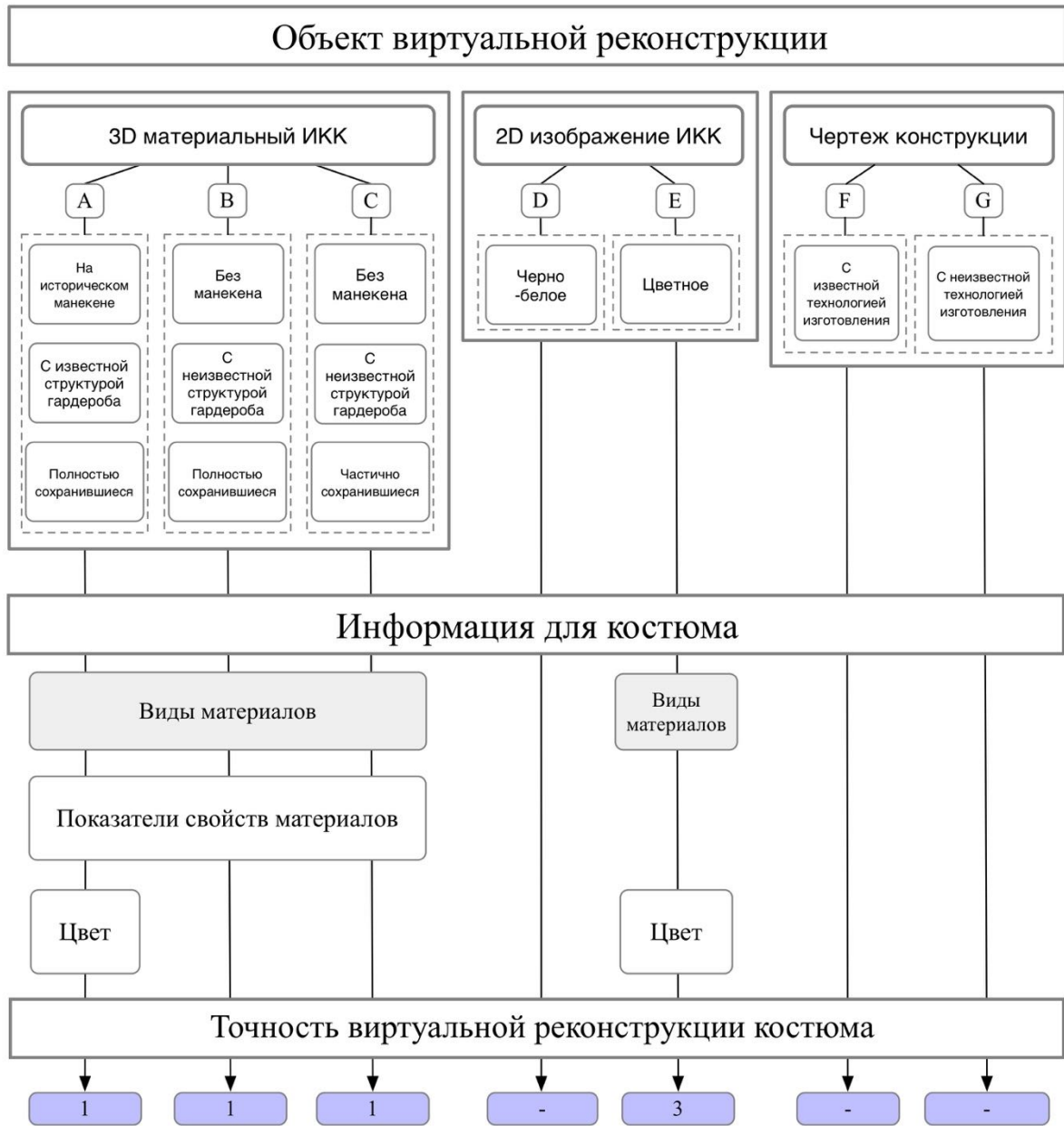


Рисунок 4.4 - Виды информация для реконструкции костюма и генерирования ЦД

При реконструкции исторической одежды в соответствии с целеполаганием и ожидаемыми результатами следует использовать приведенную выше информацию обо всех компонента (рис. 4.1 - 4.3).

4.4. Алгоритм оценки точности и сложности получения цифрового двойника ИКК

На рис. 4.5 показана схема оценки точности сгенерированного ЦД ИКК и необходимое технологическое обеспечение.

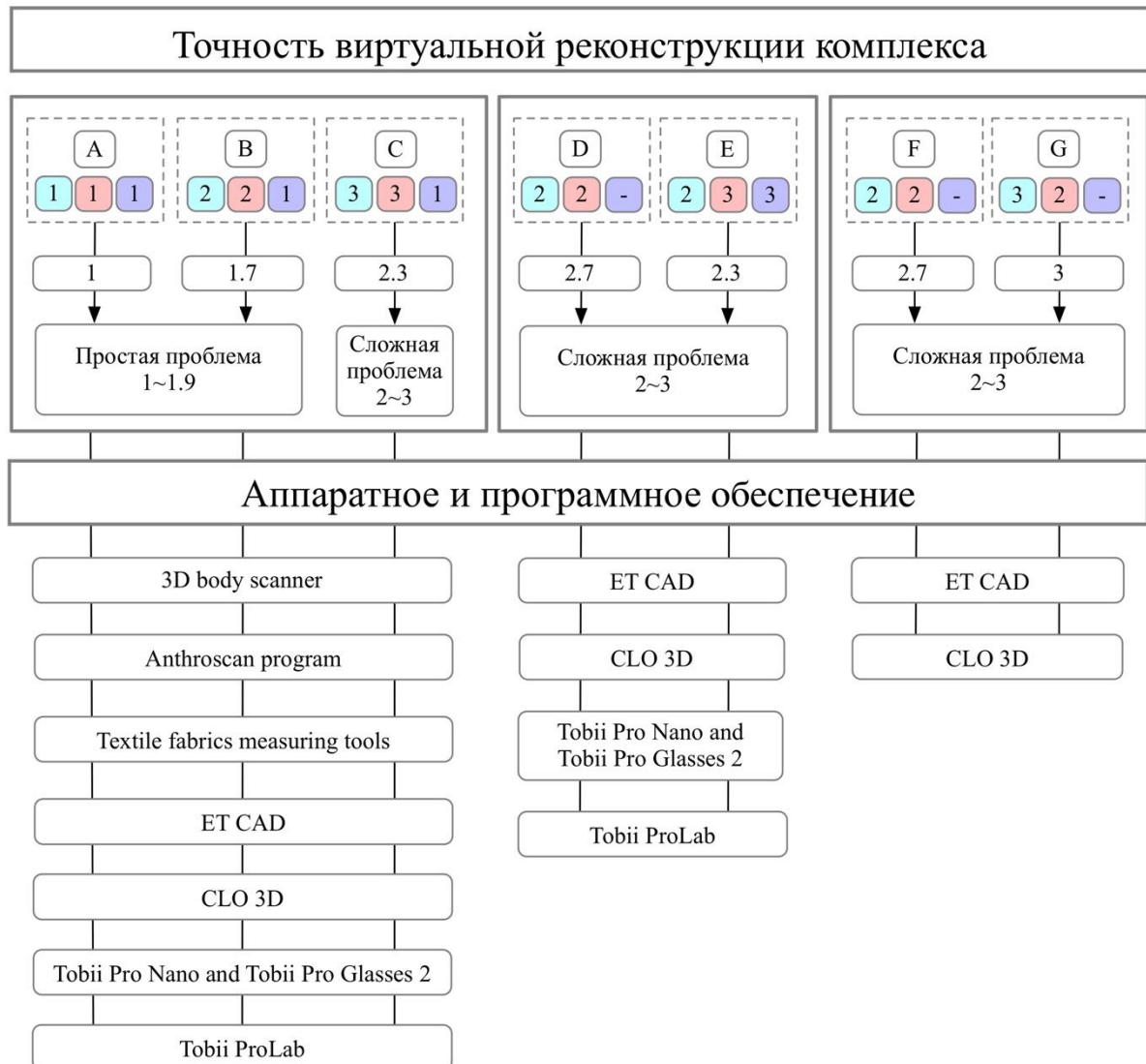


Рисунок 4.5 - Аппаратное и программное обеспечение для оценки точности реконструкции ИКК

Буквами А, В, С, D, E, F, G обозначены те же виды ИКК или визуальных изображений, которые могут служить источниками информации. После генерирования ЦД фигуры и текстильных материалов

и их синтеза в ЦД ИКК уровень сложности решенной задачи может быть выражен количественно, как показано в Табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Различные условия реконструкции и уровни сложности на основе различных объектов

Вариант	Носитель исходной информации	Условия для реконструкции	Уровень сложности генерации ЦД ИКК	Пример ИКК, выбранного для проверки разработанной технологии
A	Материальный ИКК, полностью сохранившийся, с известной структурой гардероба, на историческом манекене	1 - лучшие	1-1,9 - простой проблема	
B	Материальный ИКК, полностью сохранившийся	1,7 - лучшие, нормальные	1-1,9 - простой проблема	1. Словенский юношеский костюм движения "Соколы", 1937 г. 2. Русская рубаха-косоворотка конца XIX в. 3. Мужской сюртук конца XIX в.
C	Материальный ИКК, частично сохранившийся	2,3 - нормальные, худшие	2-3 - сложная проблема	
D	Изображение ИКК, черно-белое	2,7 - нормальные, худшие	2,7 - сложная проблема	
E	Изображение ИКК, цветное	2,3 - нормальные, худшие	2,3 - сложная проблема	Мундир российского профессора, XIX в.
F	Чертеж конструкции с известной технологией изготовления ИКК	2,7 - худшие	2,3 - сложная проблема	
G	Чертеж конструкции с неизвестной технологией изготовления ИКК	3 - худшие	3 - сложная проблема	

Выводы после главы 4

1. Разработаны алгоритмы генерирования цифровых двойников фигуры, текстильных материалов и ИКК в зависимости от выбранного прототипа: материального, его плоского изображения и чертежей деталей. Исследована необходимая база данных и факторы, влияющие на содержание исходной базы данных.

2. Разработана шкала для оценки содержания исходной базы данных и сложности получения реалистично выглядящего цифрового двойника. Предложено программное и технологическое обеспечения для генерирования цифровых двойников и проверки их соответствия историческим прототипам.

ГЛАВА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИСТОРИЧЕСКИХ КОСТЮМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В результате исследования прототипов и их фотографий, иллюстраций, описаний ИКК из опубликованных книги, интернета и музейных материалов был сделан вывод о том, что историческая одежда должна оцениваться только по фигуре со сходной морфологией, как у исторической фигуры и совместимой характеристикой образа. Кроме того, для точной реконструкции ИКК необходимо учитывать синергетический эффект размерных признаков, текстильных материалов, методов составления чертежа, формообразования одежды и т. д..

В соответствии с базами данных, разработанных в главе 2, схемами из главы 1, результатами из главы 4 была проведена виртуальная реконструкция четырех ИКК мужской одежды. В качестве объектов были выбраны фотографии и сохранившиеся ИКК, а их подбор был осуществлен по следующему принципу: однослойная одежда (без учета нижележащих слоев одежды и материалов), двуслойная одежда (из основной и подкладочной тканей), многослойная одежда (с учетом одновременно носимых нескольких видов одежды).

Результаты были опубликованы в двух работах [167-168].

5.1. Материал исследования

5.1.1. Программное обеспечение

В работе использовано следующее программное обеспечение:

- ETC AD (BUYI Technology, Китай) для составления исторических чертежей;
- компьютерная программа CLO 3D, версия 6.0, (CLO Virtual Fashion, Республика Корея) для генерации статических и динамических

виртуальных объектов. Это программное обеспечение не только представляет реалистичный 3D вид исторической одежды, но и 3D виртуальный эффект динамического показа мод исторической одежды;

- iMovie - программное обеспечение для редактирования видео, написанное Apple computers, добавления заголовков и музыку, эффектов как fade-in, fade-out, слайд-шоу и др. к 3D-показу цифровых двойников.

5.1.2. Объекты визуализации

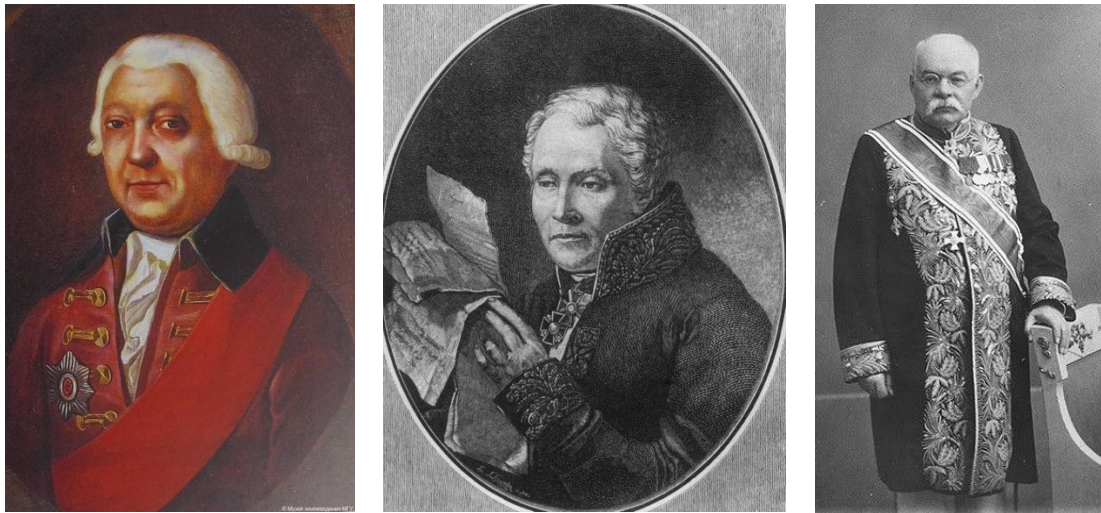
Для виртуальной реконструкции выбраны четыре мужских ИКК:

- 1) профессорский парадный сюртука XIX века,
- 2) словенского юношеский костюм 1937 года;
- 3) русская народная рубаха XIX века;
- 4) европейское пальто конца XIX - начала XX вв.

5.2. Визуализация российского профессорского мундира по сохранившимся изображениям

Цель данного эксперимента-проанализировать особенности формального пальто исторического профессора и реконструировать его как в виртуальной, так и в реальной системе в современном варианте.

Поиск по официальным сайтам топ 3 университетов в 15 странах (Россия, Украина, Беларусь, Узбекистан и др.) показал, что невозможно точно сказать, когда появился официальный костюм профессора. На самой ранней фотографии видно, что официальный костюм профессора носили в Московском Государственном Университете в 1771 г. На рис. 5.1 приведены 3 примера исторических изображений профессорского парадного костюма с середины XVIII века до конца XIX века.



а

б

в

Рисунок 5.1 - Исторические изображения с официальных сайтов
Московского Государственного Университета:

а - проф. Мелиссино Иван Иванович, 1771-1795;

б - Президенткаченовский Михаил Трофимович, 1837-1842;

в - проф. Цветаев Иван Владимирович, 1898 [154]

По собранным изображениям можно было проанализировать особенности формального пальто профессора:

- Цвет пальто в основном темно-синий, с воротником-стойкой и манжетами, пуговицей со специальной эмблемой на ее поверхности.

- Цвет стоячего воротника, манжет, рисунок вышивки на манжете и клапане кармана, а также специальная эмблема на поверхности пуговицы - все это могло быть использовано в качестве знаков отличия различных университетов. Возьмем, к примеру, воротник и манжеты: в МГУ они малиновые, в Харьковском университете - черные бархатные, в Казанском федеральном университете - темно-синие. Что касается узоров вышивки на манжетах и клапане кармана, то они золотые в МГУ, серебряные в Харькове и Казани. Более того, МГУ использовал гладкие желтые пуговицы, Харьков и Казань – гладкую белую гладкую поверхность, без эмблемы.

- Разный узор вышивки отражает уровень статуса владельца. Была изменена форма одежды для преподавателей и студентов МГУ и подведомственной ему академии. На малиновом воротнике, манжетах, а

также на клапане кармана, украшенном золотой вышивкой со следующим описанием: "края этих покрыты вышивкой, представляющей лавровые листья. Вдоль... дубовая ветвь тянется на лоскуте. На передней части воротника расположены такие же ветви, а на манжетах эти ветви окружены петлями пуговицами." Полное шитье на воротнике, манжетах и клапане кармана требовалось для лиц с VII и более высокими классами; чины VIII класса были лишены шитья на карманах, а IX и X классы-также шитья "ветвей на манжетах"; чины низших классов имели только "вышивку лавровых листьев" на воротнике и манжетах. Униформа служащих, не имевших чинов, и студентов университета не имела шитья [155].

В соответствии с этими историческими особенностями, пять вариантов мужских мундиров, предназначенных для особых случаев, были переработаны на основе мундира И. В. Цветаева (рис.5.1, в).

Мундир подходит для мужчин разных возрастных групп с разным типом фигуры. Основным материалом для изготовления мужского пальто является однотонное трикотажное полотно темно-синего и черного цветов, желтая и красная вышивка и кружево для воротника, манжеты на лицевой стороне, желтая и красная ткани для воротника и манжет, желтые пуговицы. При составлении чертежа учитывали характеристики этого полотна. Чертеж может был составлен в CLO 3D, как показано на рис. 5.2.

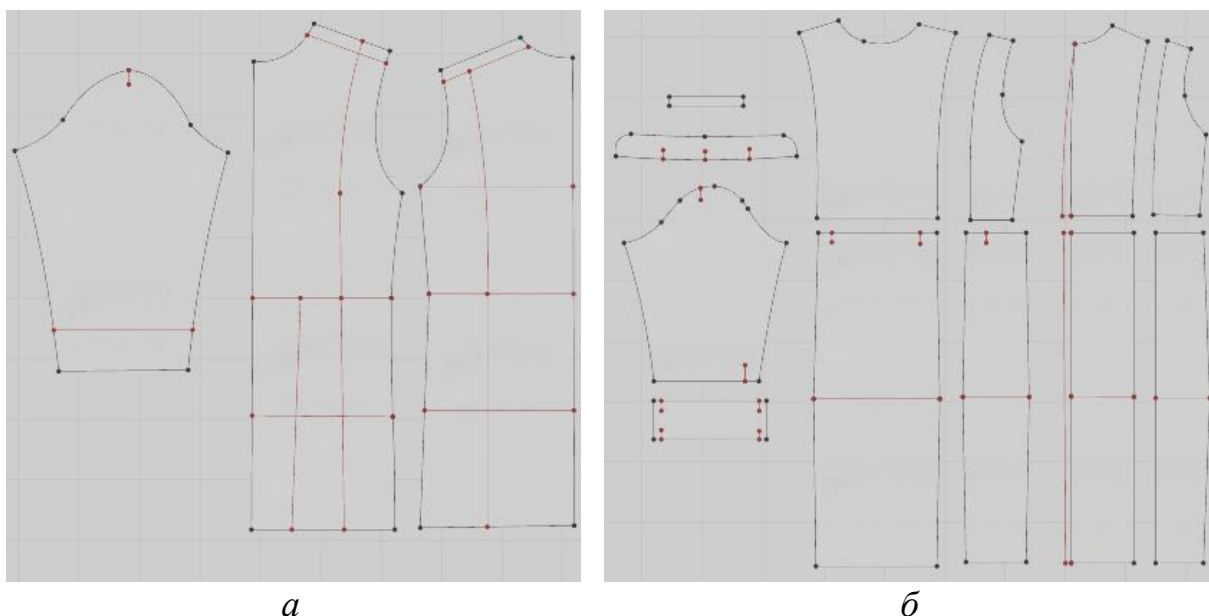


Рисунок 5.2 - Схемы базовых чертежей двух вариантов мужского формального мундира: *а* - базовой конструкции; *б* - после улучшения

В качестве аналога исторических материалов взяты их цифровые двойники из библиотеки CLO 3D, как показано в Табл. 5.1:

Таблица 5.1 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - профессорский парадный сюртук

№	Материал	Ткан и ID	Тип ЦД	Характеристики		
				Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	Основной	K001	Трикотажное полотно	Ponte Knit Jersey	330,9	0,86
2	Для манжет и воротника	W002	Шерсть	Coatweight Twill	345	0,84
3	Отделочный в виде вышивки	H001	Кружево	Linen	173,4	0,36

На основе разработанной исторической базы данных, включающей структуру, цифровой текстильный материал в CLO 3D и метод формообразования из Главы 2, был завершён рендеринг 3D дизайна, как показано на рис. 5.3, *а - д*. Видео 3D подиума показано на рис. 5.3, *е*.



Рисунок 5.3 - 3D реконструкции:
a - д - изображения 5 мужских формальных пальто;
e - скриншот его 3D видео подиума [168]

На рис. 5.4 представлены фотографии готовых мужских парадных мундиров, изготовленных из трикотажного полотна компании "МирТекс" (г. Фурманов Ивановской области).



Рисунок 5.4 - Фотографии мужского вечернего пальто для особого случая в современном варианте

Таким образом, реконструирован и сгенерирован современный дизайн мужского мундира с элементами ИКК.

Материальный профессорский мундир и его цифровой двойник были показаны на выставке в Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ПРИЛОЖЕНИЕ Г).

5.3. Визуализация словенской униформы по сохранившемуся ИКК

Костюм словенского юноши является униформой для участников движения "соколы" в 1937 г. Однако при современных музейных технологиях сохранить эту историческую одежду довольно сложно. Он

также может быть разрушен под влиянием таких факторов, как влажность, давление и т. д.

Целью данного эксперимента является разработка ЦД исторической формы юношей Словении для онлайн музейных экспонатов. Этот костюм был взят из Словенского Музея Национального Освобождения г. Марибор (рис.5.5).



а



б



в



г



д



ж

Рисунок 5.5 - ИКК молодого человека Словенского движения "соколы" и его компоненты: *а* - ИКК из фондов музея; *б* - технический рисунок; *в* - сорочка; *г* - жилет; *д* - куртка; *ж* - брюки;

После детального измерения длины, ширины и других параметров реального ИКК по методике, изложенной в разд. 3.2., и получения необходимых данных для построения чертежей согласно исторических руководствам 1930-х гг., чертежи деталей всех компонентов были построены в программном обеспечении САПР, как показано на рис. 5.6.



Рисунок 5.6 - Чертеж четырех предметов одежды униформы:
а - оболочка рубашек, брюк, жилета и пиджака;
б - подкладка жилета и пиджака

В сочетании с системой размерных признаков мужских фигур, разработанной Инженерным колледжем Университета Марибора, и измерениями компонентов были выбраны основные размерные признаки подходящего аватара, соответствующего типовой фигуре 1930-х гг., см: рост 176, обхват груди 94, обхват талии 72.

В качестве ЦД тканей для реконструкции были выбраны, как показано в Табл. 5.2 и Табл. 5.3:

Таблица 5.2 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - словенского юношеский костюм - часть 1

№	Материал	Ткань верха				
		Ткани ID	Тип ЦД	Характеристики		
				Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	Сорочка	C011	Хлопок	Cotton Oxford	165	0,37
2	Жилет	W002	Шерсть	Super 120s Wool	157,5	1,9
3	Брюки					
4	Куртка					

Таблица 5.3 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - словенский юношеский костюм - часть 2

№	Материал	Ткань подкладки					
		Ткани ID	Тип ЦД	Характеристики			
				Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	
1	Сорочка	-					
2	Жилет	C007	Хлопок	Cotton Twill	190,8	0,41	
3	Брюки	-					
4	Куртка	Рукав	C013	Хлопок	40s Stretch Poplin	122,5	0,23
		части тела	C007	Хлопок	Cotton Twill	190,8	0,41

Согласно исторической базе данных, включающей структуру, текстильные материалы, метод формообразования, разработанный в Главе 2, ЦД костюма юноши Словении можно было симулировать слой за слоем, расположение одежды и симуляция были показаны на рис. 5.7.



Рисунок 5.7 - ЦД Словении юношеская униформа:
а - нижнее белье состоит из сорочки, брюк и жилета; *б* - полная униформа

5.4. Визуализация русской народной рубахи

Гаврилов-Посадский краеведческий музей был основан в 1960-е годы. Текстильная продукция довольно увлекательна и разнообразна. Именно с коллекции народной и городской женской одежды и начался музей. Наиболее интересными являются: коллекция народной одежды восемнадцатого и двадцатого веков. Это сарафаны различного покроя, женские и мужские рубахи, фартуки, “парные” платья, платки, шали, скатерти, ткани, ткацкие рисунки, в том числе льняные, лапти [156].

Целью данного эксперимента является получение цифрового двойника исторической русской народной рубахи конца XIX века. На рис. 5.7, *а,б* приведены фотографии лицевой и изнаночной стороны рубахи. Как видно из рис.5.8, рубаха выполнена из основной плотной ткани "пестрядь" и подкладки из упругой хлопок ткани.



Рисунок 5.8 - Фотографии аутентичной рубахи (*а, б*) и реконструированные схемы чертежей: *в* - чертежи деталей из основной ткани; *г* - чертежи деталей из подкладочной ткани; *д* - дерматоглифический чертеж верхней ткани после ретуши

Для параметризации уникальной геометрической структуры был разработан специальный алгоритм и измерены параметры двух видов: длины и угловые. Чертежи деталей исторической рубахи были построены в 3D САПР. На рис. 5.8, *в, г* показаны схемы чертежей из основной ткани и подкладки. На рис. 5.8, *д* показан внешний вид основной ткани после редактирования фотографии с помощью программы Photoshop.

В качестве ЦД тканей для реконструкции были выбраны, как показано в Табл. 5.4:

Таблица 5.4 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - русская народная рубаха

Основная ткань	Ткани ID	Тип ЦД	Характеристики		
			Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
Ткань верха	C008	Хлопок	Cotton Canvas	238,9	0,46
Подкладочная ткань	C004	Хлопок	40s Chambray	103,1	0,23

Эту историческую рубаху следует генерировать на аватаре с морфологией, аналогичной исторической. По чертежам определили размерные признаки аватара согласно ранее разработанному алгоритму [13, 77]. Согласно исторической базе данных, включающей структуру, текстильные материалы, метод формообразования, разработанной в главе 2, и изученную технологию пошива и схему сборки рубахи, был сгенерирован ЦД русской мужской народной сорочки, расположение одежды и симуляция были показаны на рис. 5.9.



Рисунок 5.9 - ЦД русской народной рубахи: а - 3D расположение; б - три вида виртуальной рубахи

Чтобы оценить точность разработанного в диссертации метода, сравнили силуэты мужских сорочек, которые были реконструированы двумя способами. В первом способе использовали детали кроя только из основной ткани (что характерно для большинства практикуемых подходов к виртуальной реконструкции, рассмотренных в главе 1). Во втором способе учитывали наличие подкладки (цельнокроеной подоплеки на полочке и спинке, подкладок рукавов, размеров деталей и приемов их соединения).

На рис. 5.10 показаны два варианта ЦД. ЦД на рис. 5.10, *а* был симулирован непосредственно без учета методов формообразования рубахи, наличия подкладки и не учитывал характеристик исторических тканей. ЦД на рис. 5.10, *б* был симулирован на основе всех баз данных, собранных после анализа народной рубахи.

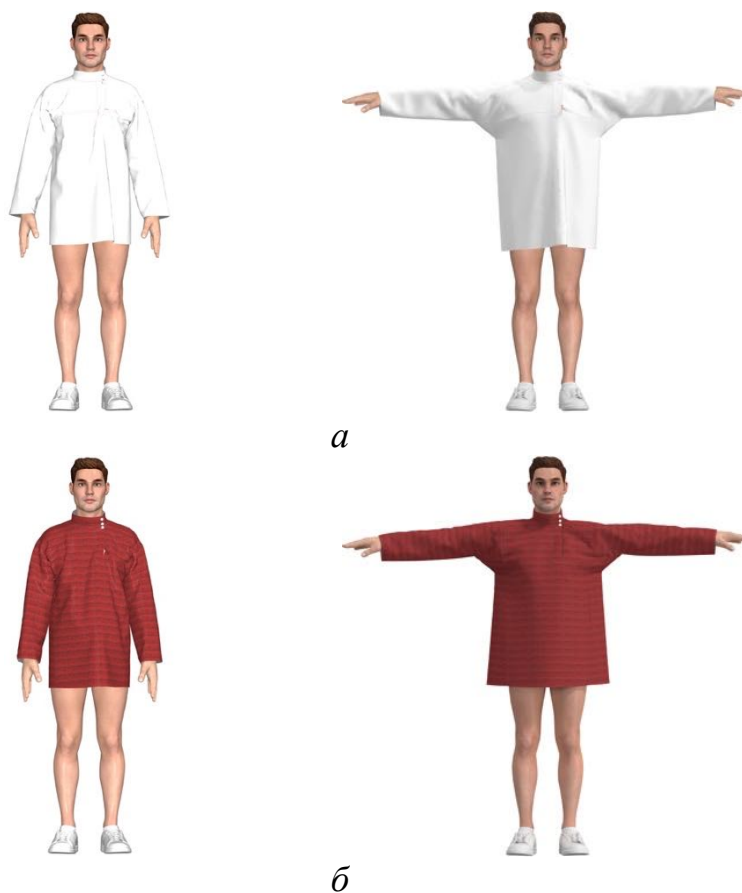


Рисунок 5.10 - Виртуальная реконструкция народной сорочки двумя способами: *а* - без учета метода формообразования и текстильного материала; *б* - после объединения всех баз данных

Ясно видно, что ЦД на рис. 5.10, б имеет тот же силуэт и дизайнерские особенности, что и исторический прототип, что свидетельствует о высокой точности реконструкции по разработанному алгоритму.

5.5. Визуализация сюртука по сохранившемуся ИКК

Целью данного эксперимента является получение ЦД исторического мужского сюртука на основе реального ИКК. Для реконструкции был выбран комплект, состоящий из сорочки, брюк, жилета и сюртука. С учетом конструктивного устройства компонентов был разработан метод формирования плечевого пояса сюртука путем добавления плечевых накладок, головки рукава путем добавления подокатника и деталей из флизелина и регулировки линий шва путем изготовления вытачек вместо посаживания одного среза по отношению к другому. 47 мужских видов одежды были реконструированы с использованием этого метода, примеры цифровых двойников трех моделей мужских пальто в Приложении Г.

В качестве примера рассмотрим алгоритм реконструкции выбранного сюртука конца XIX века, чтобы доказать уровень точности ЦД.

Внешний вид реконструируемого в виртуальной среде ИКК показан на рис.5.11.

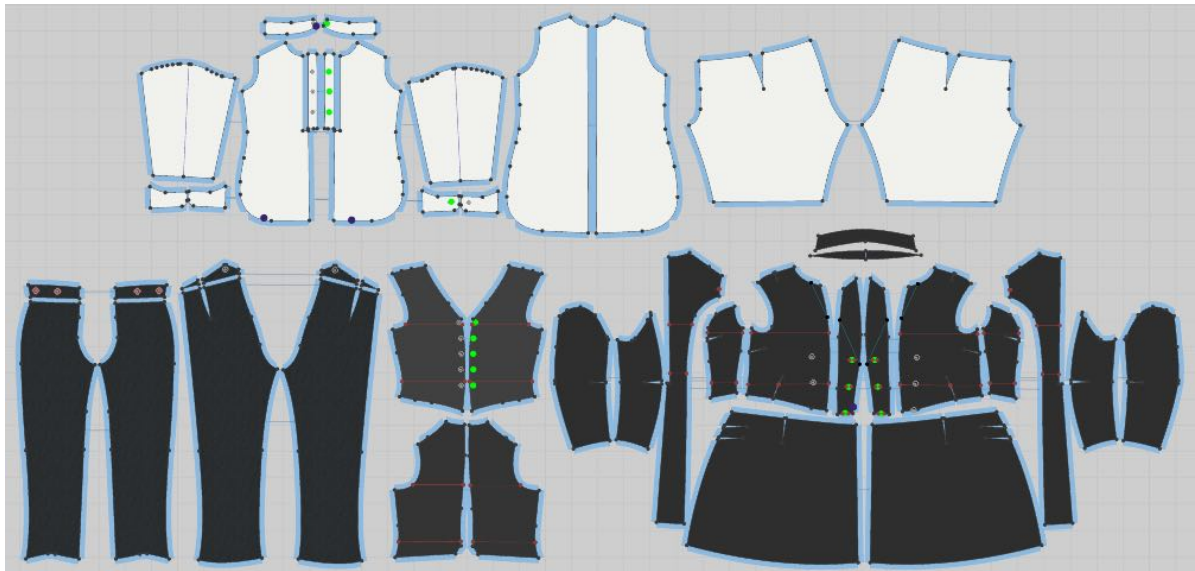


Рисунок 5.11 - Внешний вид реконструированного в виртуальной среде мужского ИКК

Согласно базе данных измерений фигуры и методике составления чертежа из опубликованных книг, выбран мужской костюм, сочетающий сорочку [77], нижние брюки [157], брюки [93], жилет [93] и пальто (чертеж № 7 в подзаголовке 3.4.2.) все были одного размера: рост 167,6 см, грудь 91,4 см, обхват талии 81,3 см, обхват бедер 94 см.

Чтобы вычислить размерные признаки по историческому чертежу и построить цифровой двойник исторической фигуры в CLO 3D, должна быть известна система размеров, содержание и условия измерения размерных признаков, сбора размеров фигуры, которые использовали для составления чертежа. Как отмечалось выше, в то время фигур обычно измеряли по сорочке, брюкам и жилету, склоняясь к тому, что размерные признаки включают размеры обнаженной фигуры, толщину ткани и воздушный зазор. Таким образом, сначала были исследованы толщина ткани и воздушный зазор, чтобы рассчитать размеры обнаженной фигуры для построения аватара в CLO 3D.

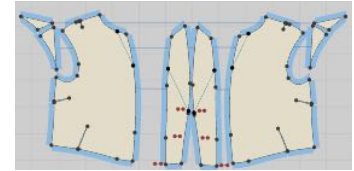
После детального измерения всех видов одежды были получены их чертежи в САПР. На рис. 5.12 показаны чертежи каждого предмета одежды, который комбинировали ЦД ИКК.



a



б



в

Рисунок 5.12 - Чертеж пяти предметов одежды ИКК:
a - сорочка, нижние брюки, брюки, жилет и сюртук;
б - подкладка жилета и сюртука; *в* - подкладки сюртука

В качестве цифровых двойников исторических материалов взяты следующие, как показано в Табл. 5.5 и Табл. 5.6:

Таблица 5.5 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - европейское пальто конца - часть 1

№	Материал		Ткань верха				
			Ткань и ID	Тип ЦД	Характеристики		
					Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	Сорочка		C003	Хлопок	50s Cotton Poplin	105	0,21
2	Нижние брюки						
3	Жилет	Назад	S002	Шелк	Silk Charmeuse	81,1	0,19
		Перед	W002	Шерсть	Coatweight Twill	345	0,84
4	Брюки						
5	Сюртук						

Таблица 5.6 - Цифровой двойник текстильных материалов из библиотеки CLO 3D - европейское пальто конца - часть 2

№	Материал		Подкладочный материал				
			Ткань и ID	Тип ЦД	Характеристики		
					Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	Сорочка		-				
2	Нижние брюки						
3	Жилет		S002	Шелк	Silk Charmeuse	81,1	0,19
4	Брюки		-				
5	Сюртук	Передняя часть	W002	Шерсть	Coatweight Twill	345	0,84
		Подкладки	H001	Белье	Linen	173,4	0,36
		Бок, юбка и хвост	C001	Хлопок	Cotton Gabardine	189	0,35
		Рукав	C003	Хлопок	50s Cotton Poplin	105,0	0,21

После первой попытки симуляции было установлено, что форма пальто не соответствует аватару, а юбка не приобретает необходимую форму. Таким образом, если скопировать исторический чертеж и сшить одежду непосредственно в CLO 3D, то результат не может быть успешным без специальных знаний, связанных с навыками ремесленника, которые были утрачены в прошлом.

Затем измерили длину одноименных срезов, образующих один шов и обнаружили, что между ними существуют различия, как показано в таблице 3.14 в подразделе 3.6.2. Из рис. 5.13 видно, что срез *a* на 5,4 мм больше, чем срез *b*; сумма (*c* + *d*) составляет 29,7 мм и больше, чем длина *e*; срез *h* на 7,2 мм больше, чем (*r4* + *f* + *g*). Различия между длинами других срезов менее 5 мм, поэтому их можно игнорировать.

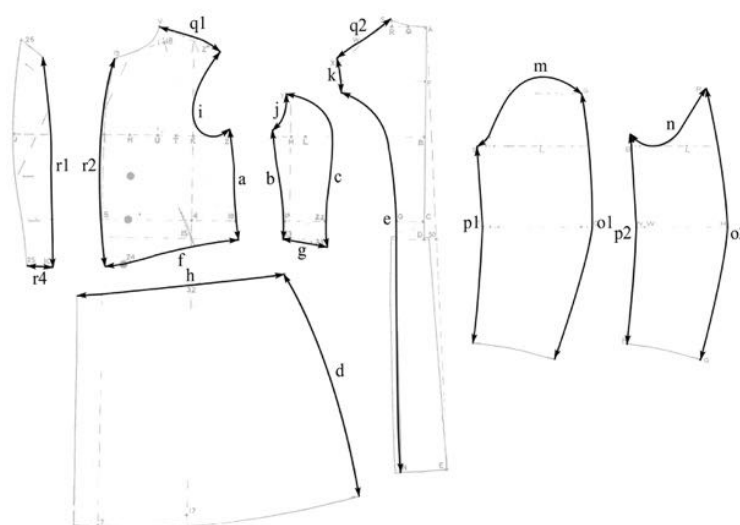


Рисунок 5.13 - Линии шва, которые необходимо проанализировать

После сопоставления длину одноименных срезов установленную разницу между ними проектировали в вытачки по методу А.Ю.Москвина вдоль каждого среза [149]. Таким образом, длину среза, которая длинее, укорачивали за счет вытачек.

ЦД ИКК с откорректированными линиями шва, введенными вытачками, плечевыми накладками, наполненной головкой оката рукава, усиленный флизелином был сгенерирован снова, как показано на рис. 5.14.



Рисунок 5.14 - Виртуальная реконструкция полного мужского костюма: *а* - сорочка + нижние брюки; *б* - сорочка + нижние брюки + жилет + брюки; *в* - сорочка + нижние брюки + жилет + брюки + пальто; *г* - полный костюм

Для оценки эффективности такого подхода было проведено сравнение силуэтов ЦД, реконструированных двумя способами, путем наложения их фронтальных контуров в одном масштабе. Для более четкого наблюдения цвет был изменен на серый цвет. На рис. 5.15 показаны совмещенные силуэты ЦД, пунктирная линия которого является чертежами, составленными непосредственно из опубликованной книги, а сплошная линия - чертежами из нашего метода.

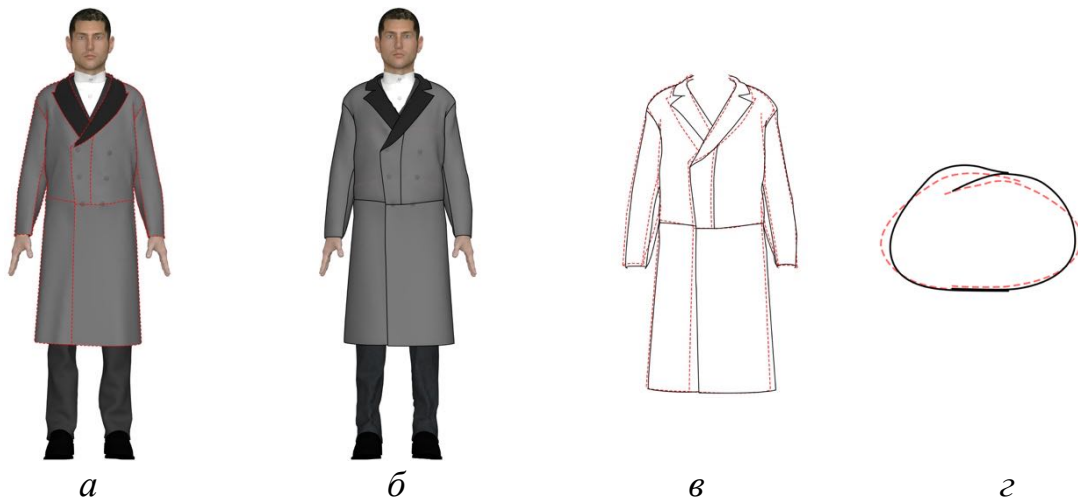


Рисунок 5.15 - ЦД двух вариантов сюртуков:
a - без учета формообразования (пунктирная линия);
б - с учетом формообразования (сплошная линия);
в - совмещенные контуры;
г - поперечные сечения ЦД на одном уровне низа

Было измерены расстояния между силуэтами ЦД и разницы между ними, которые составили, мм: в плечевой точке - 11, на уровне талии - 12, по линии низа спереди - 10, по линии низа сзади - 16.

Как показано на рис. 5.15, *в*, ЦД, полученный с учетом формообразования, в области шеи, плечевого пояса, груди, талии, бедер и низа, точнее соответствует форме аватара, что было характерно для портновского искусства конца XIX века. Линии плечевого ояса, талии и низа подняты, левый и правый края борта подтянуты друг к другу. ЦД ИКК, полученный по разработанному алгоритму, имеет приталенный и мускулистый внешний вид, мягкие плечи и более узкую талию, выгодно подчеркивает пластику фигуру.

Выводы по главе 5

1. Показаны широкие возможности разработанной технологии в получении цифровых двойников исторических костюмных комплексов на

основе разной исходной информации: фотографических изображений и сохранившихся артефактов с разным конструктивным устройством.

2. На основе анализа визуальной информации об исторических мундирах российских профессоров XIX века разработан материальный мундир и его цифровой двойники в пяти вариантах.

3. На основе исторической базы данных и сохранившейся русской народной рубахи XIX века, состоящей из основной и подкладочной тканей, был сгенерирован ее цифровой двойник с учетом заложенных в ее конструкции приемов формообразования и каркасирующего влияния подкладки из льняной ткани.

4. Получен цифровой двойник сохранившейся многокомплектной униформы словенских юношей движения "соколы" 1930-х гг.

5. Получен цифровой двойник многокомпонентного ИКК, включающего сюртук и нижележащие виды одежды. При его генерировании воспроизводили приемы формообразования за счет выбора конструктивных прибавок, принудительного изменения длин срезов, введения каркасирующих элементов и прокладочных материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Разработана технология виртуальной реконструкции исторических мужских костюмных комплексов на основе реверсивного инжиниринга, включающая выбор материального объекта или его изображения, сбор исходной информации об особенностях художественно-конструктивного и технологического решений, реконструкцию недостающих данных, генерирование аватара фигуры, цифровых двойников текстильных материалов, цифровых двойников ИКК и оценку их подобия.

2. Разработана методика идентификации размерной принадлежности и скрытых запроектированных конструктивно-технологических приемов в исторических чертежах мужской плечевой одежды, позволяющая определить размерные признаки фигуры и управлять показателями объемно-пространственной формы.

3. Установлены закономерности формирования модных мужских исторических фигур под влиянием корсета.

4. Разработаны базы данных, необходимые для воссоздания цифрового двойника исторических костюмных комплексов: "мужские фигуры", "гардероб", "ткани", "формообразование".

5. Разработана методика бесконтактного измерения в виртуальной среде толщины пакета текстильных материалов, принадлежащих одновременно носимым нескольким видам одежды, с учетом воздушных прослоек между ними.

6. Разработаны конструктивные прибавки к размерным признакам, использовавшиеся для построения чертежей исторических костюмных комплексов, и предложен алгоритм их пересчета для реконструкции на современные фигуры других размерных вариантов.

7. Выполнены материальная и виртуальная реконструкции следующих видов мужской исторической одежды XIX и XX вв.: мундира российского профессора, повседневного пальто, словенского костюма молодежного движения "Соколы", русской рубахи, которые подтвердили правильность полученных результатов, алгоритмов разработанных методик и баз данных.

РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, могут быть использованы следующим образом:

- в образовательном процессе высших и средних учебных заведений при изучении истории костюма и конструирования мужской одежды,
- при разработке исторических костюмов для театральных постановок и кинофильмов;
- в качестве ресурса и источника творчества для современных дизайнеров,
- в качестве ресурсов для социологов, антропологов и историков,
- в концепциях онлайн музеев,
- в сохранении материального культурного наследия.

2. В дальнейших исследованиях необходимо использовать другие ИКК для формирования более полной базы для генерирования цифровых двойников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Glassie, H. *Material Culture* / H. Glassie. - Indiana University Press, 1999. - 41p.
2. Martin, K. *Virtual historic costume across cultures and disciplines* / K.Martin, H.Ko // *Proceedings of the 15th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, 9-12 September 2009, Vienna, Austria, pp. 104-108.
3. Kuzmichev, V. *Computer reconstruction of 19th century trousers* / V. Kuzmichev, A. Moskvina, E. Surzhenko, M. Moskvina // *International Journal of Clothing Science and Technology* 2017.
4. Kang, Y. *A Study on Men's Wear Production Using Digital Clothing Program* / Y. Kang, S. Wu, Y. Ko, A. Kim, N. Kim, J. Kim, ... & H. Ko // *Journal of Korea Multimedia Society* 17.2, 2014, pp. 266-275.
5. *The Official Ralph Lauren 4D Experience* - New York. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=c3n8j2uWA8o> (дата обращения: 30.03.2018).
6. *Burberry's Beijing Digital Fashion Show*. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7PI19s-wy08> (дата обращения: 30.03.2018).
7. Volino, P. *From early virtual garment simulation to interactive fashion design* / P. Volino, C. Frederic, M. T. Nadia // *Computer-aided design*, 37 (6), 2005, pp.593-608.
8. Juanfen, J. *Generating 3D virtual garment based on 2D sketches* / J. Juanfen // *Doctoral dissertation of Donghua University, China*, 2012.
9. Martin, K. *Standards in the visual and linguistic language of an online historic costume collection* / K. Martin // *Research Journal of Textile and Apparel*, 10 (3), 2006, pp. 59-66.
10. Kang, Y. *Digital production of traditional costumes* / Y.Kang, S. Wu, Y. A, K. Martin, H. Ko // *Digital Heritage International Congress (Digital Heritage)*, Vol. 1. IEEE, 2013, pp. 329-335.

11. Kang, Z. Historical costume simulation / T. Cassidy, T. Cassidy // In: 2014 International Textiles and Costume Culture Congress, 2014
12. Kang, Z. Historic costume simulation and its application / Z. Kang, T. Cassidy, T. Cassidy, D. Li // In: Proceedings of the 15th Autex World Textile Conference, 2015.
13. Kuzmichev, V. Virtual reconstruction of historical men's sui / V. Kuzmichev, A. Moskvina, M. Moskvina // Autex Research Journal, 18 (3), 2018, pp. 281-294.
14. Moskvina, A. Digital replicas of historical skirts / A. Moskvina, V. Kuzmichev, M. Moskvina // The Journal of The Textile Institute, 110 (12) 2019, pp. 1810-1826.
15. Ryu, K. A Study of the Historical Reconstruction of the Western Man's Coat in the Early of the 19th Century / K. Ryu, K. Yang-Hee // Journal of the Korean Society of Costume, 65(1), 2015, pp. 136-149.
16. Magnenat-Thalmann, N. Modeling of bodies and clothes for virtual environments / N. Magnenat-Thalmann, F. Cordier, H. Seo, G. Papagianakis // International Conference on Cyberworlds, IEEE, 2004.
17. Martin, K. 3D simulation: a new embodiment for historic fashion / K. Martin, M. Dave // International Conference on Culture and Computing, IEEE, 2013.
18. Martin, K. Virtual historic costume across cultures and disciplines / K. Martin, K. Hyeong-Seok // 15th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, IEEE, 2009.
19. Steel, P. A historical of fashion and costume / P. Steel // vol. 7 The nineteenth century, Bailey Publishing Associates Ltd. Vancouver, Canada, 2005.
20. Victoria and Albert Museum. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/177610779024009618/> (дата обращения: 10.03.2018).

21. Frock coat and trouser. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/383580093246644084/> (дата обращения: 10.03.2018).
22. The Metropolitan Museum of Art. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/369928556873397463/> (дата обращения: 10.03.2018).
23. The perfume baby. 1900s fashion. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/122441683592660108/> (дата обращения: 10.03.2018).
24. Waugh, N. The cut of mens clothes 1600–1900 / N. Waugh. – New York: Theatre arts books, 1964. -187p.
25. Daniel, J. The History of Modern Fashion From 1850 / J. Daniel, D. Nancy. – London: Laurence King Publishing Ltd. 2015. -481p.
26. Zhang, L. English-Chinese introduction to fashion / L. Zhang. – Beijing: China Textile Press, 2005. -225p
27. Nilson, T. Cultural Heritage Preservation: The Past, the Present and the Future / T. Nilson, K. Thorell // 2018
28. An, M. Study on the Conservation and Restoration of excavated costume / M. An // Journal of the Korean society of Costume, 57 (3), 2007, pp.14-22.
29. Welters, L. Historic textile and costume collections in the academic setting / Linda M, Welters // 2011.
30. Cybulska, M. Archaeological textiles–A need for new methods of analysis and reconstruction / M. Cybulska, M. Jerzy // Fibres & Textiles in Eastern Europe, 15.5 (6), 2007, pp. 100-105.
31. Cybulska, M. To see the unseen-Computer graphics in visualisation and reconstruction of archaeological and historical textiles / M. Cybulska // Computer Graphics, InTech (Rijeka), 2012, pp. 213-228.
32. Magnenat, T. From early draping to haute couture models: 20 years of research / T. Magnenat, Nadia, V. Pascal // The Visual Computer 21.8-10, 2005, pp. 506-519.

33. Emanuel, A. Handbooks of the textile industry / A. Emanuel. – Philadelphia: vol 4 Fabrics Analysis Textile Publish Company, 1920.
34. Grace, G. D. Fabrics / G. D. Grace. – Chicago: J. B. Lippincott Company, 1923.
35. Dyer, E. Textile fabrics / E. Dyer. – Boston: Houghton Mifflin Company, 1923.
36. Scott, A. A treatise on cutting garments to fit the human form / A. Scott, M. Wilson. – New York: Published by authors, 1841. - 201p.
37. Vincent, W.D.F. The cutters practical guide frock and dress coats, livery clerical, naval military police and other special garments / W.D.F. Vincent. – London: The J. Williamson company limited, 1898. - 112p.
38. Antebellum tailcoats. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/556194622726939264/> (дата обращения: 10.05.2018).
39. Man's coat. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pinterest.com/pin/293578469460201559/?nic=1> (дата обращения: 10.05.2018).
40. Aldrich, W. History of sizing systems and ready-to-wear garments. Sizing in Clothing: Developing Effective Sizing Systems for Ready-to-wear Clothing / W. Aldrich. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007. - 56P.
41. Scott, A. J. The tailor's master-piece / A. Scott, J. Wilson. – New York: Published by the author, 1840. - 22p.
42. Acton, R. Acton's improved system of actual measurement / R. Acton. – New York: William R. Acton & Co, 1867. - 29p.
43. Arvidson, P. The Arvidson coat and vest system / P. Arvidson. – Kalamazoo: Published by the author, 1892. - 24p.
44. William, R. The tailor's transfer, or a new improved system of measurement and garment cutting / R. William. – Printed by James young, Lithography of E. Weber & Co, 1846. - 24p.

45. The keystone systems. Coat, vest and trousers. Practical methods of cutting by proportions and by measures / New York: The Tailors' Review Co, 1903. - 200p.
46. The new dress maker / New York: The butterick publishing company, 1921. - 176p.
47. James, Q. The taylor`s instructor, or a comprehensive analisis of the elements of cutting garments of every kind / Q. James, L. William. – Philadelphia: Published by the authors, 1809. - 157p.
48. Gove, J. Rules and direction for cutting men`s clothes by the square rule / J. Gove. – Published by Amanda Jones. J. W. Copeland, Printer, 1822. - 25p.
49. James, G. Report of the present fashions, with the square rules and variations to fit the human shape / G. James. – New York: 1827. - 28p.
50. Scott, W. The tailor's master-piece: being the tailors' complete guide / W. Scott. – New York: Published by the author, 1840. - 22p.
51. James, J. The Anatomical Standard / J. James. – Manchester: W. Shackleton and Son, printers, ducie place, 1841. - 45p.
52. Young. The Archetypal Consummation: a system of garment drafting / Young, Rathvon. – Columbia: Published by the author, 1845. - 52p.
53. William, S. The young crook`s guide, or self-varying system for cutting garments / S. William. – Gettysburg: Printed by H. C. Neinstedt, 1851. - 22p.
54. Dilday, E. Dilday's plain and concise method of garment cutting / E. Dilday. – Illinois: Published by the author, 1856. - 58p.
55. Brockway, W. The Great Balance-measure System / W. Brockway. – New York: Baker & Godwin, printers, 1864. - 16p.
56. Brundage, W. A Complete System of Cutting / W. Brundage. – New York: Printed by A. Marrer, 1867. - 38p.
57. Acton. Acton's improved system of actual measurement / Acton, R. William. – New York: Published by the author, 1867. - 29p.
58. Phyliky, L. New system of drafting / L. Phyliky. – New York: Thomas Holman, printer, 1867. - 32p.

59. Matheson, H. H. Matheson's scientific and practical guide for the tailor's cutting department / H. Matheson. – New York: Published by the author, 1871. - 90p.
60. Linthicum, W. O. Divisional and exact measurement systems for garment cutting / W. O. Linthicum. – New York: Lawrence & Allen, stationers and printers, 1876. - 60p.
61. Glencross, W. A scientific guide to practical cutting / W. Glencross. – New York: William Glencross, 1873. - 102p.
62. William, S. A treatise on the measurement of the human body and the art of cutting materials for gentlemen's clothes / S. William. – Chicago: C. F. Lichtner, Book and job printer, 1873. - 32p.
63. Koch, A. The cutters' centennial guide / A. Koch. – Poughkeepsie, New York: Printed at the office of the Poughkeepsie telegraph and daily press, 1876. - 68p.
64. Madison, J. O. Elements of garment cutting / J. O. Madison. – Hartford, Conn.: The case, lockwood & Brainard company, printers, 1878. - 180p.
65. Pecori, E. Perfect cutting system by actual measurement / E. Pecori. – Philadelphia: Wolf Bros., Economy print, 1878. - 26p.
66. Thomas, N. Practical essays on shirt cutting together with exhaustive lessons in shirt making / N. Thomas. – Canada: Published by the author, 1881. - 28p.
67. Charles, H. Proportionate system of coat cutting / H. Charles – New York: Printed by F. H. Adams, 1883. - 54p.
68. Augustus, K. The cutter and guide / K. Augustus. – Poughkeepsie, N.Y. Washington, D. C., 1883. - 77p.
69. Charles, H. Vest cutting, a manual for the practical tailor and cutter / H. Charles. – New York: 1883. - 46p.
70. Madison, J. O. Madison's shoulder measure coat and vest systems improved, and elements of garment cutting / J. O. Madison. – New York: J. J. Mitchell co, 1885. - 172p.

71. Stone, C. J. Stone's paramount-cutter; a system for cutting garments, based upon scientific principles, including the self-varying shoulder, in connection / C. J. Stone. – Chicago: Meyer & brother, 1887. - 72p.
72. Martin, J. A. Martin's shirt system / J. A. Martin. – Peoria: E. Hine & co., printers, 1890. - 18p.
73. Van, A. Key line system of garment cutting / A. Van, A. Frank. – Toledo, Ohio. 1892. - 168p.
74. Henry, G. K. The science of coat and vest cutting / G. K. Henry. – Chicago: Published by the authors, 1892. - 52p.
75. Vincent, W. D. F. The cutter's practical guide to cutting and making all kinds of clerical dress / W. D. F. Vincent, A. J. Tonkin. – London: The J. Williamson company limited, 1899.
76. Vincent, W. D. F. The Cutters Practical Guide to Making Every Kind of Garment: Part One / W. D. F. Vincent, A. J. Tonkin. – London: The J. Williamson company limited, 1890.
77. Vincent, W.D.F. The Cutter's practical guide to cutting and making shirts, undergarments, collars, and specialite clothing for various occupations / W. D. F. Vincent. – London: The J. Williamson company limited, 1898. - 45p.
78. Vincent, W.D.F. The Cutter's practical guide to the cutting and making all kinds of waistcoats / W. D. F. Vincent. – London: The J. Williamson company limited, 1898. - 48p.
79. Vincent, W.D.F. The Cutter's practical guide to the cutting and making all kinds of trousers, breeches & knickers / W. D. F. Vincent. – London: The J. Williamson company limited, 1898. - 108p.
80. Vincent, W.D.F. A magnificent plate illustrating all kind of British liveries and civil uniforms / W. D. F. Vincent. – London: The J. Williamson company limited, 1898. - 84p.
81. Gunther, F. H. Garment cutting in the twentieth century / F. H. Gunther. – Toledo: The B. F. Waude co., printers, 1894. - 158p.

82. Holmes, N. The Holmes cutter. A practical system for garment cutting that is based on selfvarying principles for block patterns / N. Holmes. – Chicago: Published by the author, 1894. - 64p.
83. Selden, S. G. The American coat, vest and trousers system / S. G. Selden. – New York: JNO.J. Mitchell, Co, 1895. - 114p.
84. Joseph, D. The geometric - A system of cutting garments for ladies and gentlemen on geometric lines and principles / D. Joseph. – Chicago: Published by the author, 1900. - 15p.
85. Hutcheson, J. H. Dr. Wampen's world renowned system of anthropometry as simplified and Americanized / J. H. Hutcheson. – Chicago: Published by the author, 1903. - 115p.
86. Regal, S. The American garment cutter / S. Regal. – New York: American fashion company, 1904. - 174p.
87. Schulman, L. Schulman's system of garment cutting, coat and vest measure and adjustable trouser system / L. Schulman. – New York: Published by the author, 1904. - 100p.
88. Jno, J. M. Co. The new standard coat system / J. M. Co. Jno. – New York: The J.J. Mitchell Co, 1906. - 310p.
89. Croonborg, F. T. Grand edition of Supreme system for producing men's garments / F. T. Croonborg. – New York, Chicago: Croonborg Sartorial Co, 1907. - 252p.
90. Gordon, S.S. Gordon's work on cutting men's garments / S.S. Gordon. – Huntington: The S.S.Gordon Company, 1910. - 182p.
91. Short methods: a treatise on cutting, designing and manufacturing men's clothing / – Charlottw, N.C.: The Charles publishing co, 1911. - 132p.
92. Stone, C. J. Stone's scientific system of grading patterns for men's garments / C. J. Stone. – Chicago: The Chas. J. Stone co, 1912. - 45p.
93. Gibson, L. International Cutting System / L. Gibson. – Washington, D. C.: Published by the author, 1913. - 62p.

94. Streiff, E. L. Streiff's system of garment cutting / E. L. Streiff. – Detroit: Printed by A. W. Brookes, 1913. - 40p.
95. Wendorf, W. Wendorf's practical cutting method / W. Wendorf. – Chicago: Printed by J. B. Porter company, 1913. - 24p.
96. Croonborg, F. T. New supreme system for production of men's garments / F. T. Croonborg. – New York, Chicago: Croonborg Publication Fund, 1917. - 264p.
97. Popular gentle man system for cutting and designing of men's garments / – Philadelphia: Popular gentleman service company, 1917. - 84p.
98. Regal, S. The American pattern grader / S. Regal. – New York, Chicago: American Fashion Company, 1917. - 186p.
99. Simons, H. Drafting cotton garments and mackinaws / H. Simons. – New York: The Clothing designer company, 1918. - 54p.
100. Streiff, E. L. Streiff's ideal system of garment cutting / E. L. Streiff. – Detroit, Michigan: Published by the author, 1920. - 28p.
101. Kidwell, C. B. Cutting a fashionable fit : dressmakers' drafting systems in the United States / C. B. Kidwell. – Washington: Smithsonian Institution Press, 1979. - 173p.
102. Полный Академический курс кройки мужского платья Первого Вспомогательного Общества С. Петербургских Закройщиков.-СПб.: Типо-литография Р. Голике, 1906г.
103. ВКОЛА КРОЙКИ мужского и дамекаго платья. Руководство для самообученія и самостоятельной кройкиСоставиль. Карль Беррисъ, Антеерпень 1906 г.
104. McCall, J. Instruction book for the French and English systems of cutting, fitting and basting / J. McCall. – New York: Published by the author, 1881. - 106p.
105. Sipe, T. E. Mrs. Self-instructor to the independent tailor system / T. E. Sipe. – Washington: Published by the author, 1887. - 18p.

106. Evan, H. P., co. Instruction book for the standard tailor system / – Chicago: H. P. Evan co., 1896. - 122p.
107. Blair, M. J. Margaret Blair system of garment drafting / M. J. Blair. – Minneapolis: H. L. Collins Company, 1897. - 100p.
108. Glicksten, P. Practical methods of designing according to proportions / P. Glicksten. – New York: The reich printing co., 1909.
109. Aldrich, W. Metric pattern cutting for menswear / W. Aldrich. – Oxford: Black well publishing, 2011. - 173p.
110. Surzhenko E. Y. Comparative analysis of the late 19th century and modern population size typologies / E. Y. Surzhenko, A. Moskvina, M. Mariia // Online magazine "Science Studies". The Institute of Public administration, law and innovative technologies (HOPIT). Issue 3, May-June. 2014.
111. Yan, J. Q. Exploration about Parameterization of Shape and Fit of Women / J. Q. Yan // Master dissertation of Wuhan Textile University, China, 2017. - 130p.
112. Daanen, H. M. Whole body scanners / H. M. Daanen, G. Jeroen // Displays, 1998, 19(3), pp. 111-120.
113. Robinette, K. M. Precision of the CAESAR scan-extracted measurements / K. M. Robinette, A. D. Hein // Applied Ergonomics, 2006, 37(3), pp. 259-265.
114. Lu, J. M. The evaluation of scan-derived anthropometric measurements / J. M. Lu, J. J. Mao // IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 2010, 59(8), pp. 2048-2054.
115. Treleaven, P. Sizing us up / P. Treleaven // IEEE Spectrum, 2004, 41(4), pp. 28- 31.
116. Frank S. M. Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements / S. M. Frank, M. Russell, S. Steve // Applied ergonomics, 2018, 68, pp.90-100.
117. 3–D Scanning Methodologies for Internationally Compatible Anthropometric Databases EN ISO-2010-20685 / Geneva Int. Stand. Organ.

118. Nicola, D. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry / D. Nicola // International Society for Optics and Photonics, Videometrics IX. Vol. 6491, 2007.
119. Han, H. Comparative analysis of 3D body scan measurements and manual measurements of size Korea adult females / H. Han, N. Yunja, C. Kyungmi // International Journal of Industrial Ergonomics, 2010, 40(5), pp. 530-540.
120. Mckinnon, L. Body scanning / L. Mckinnon, L. I. Cynthia // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, 2002.
121. CAD [Электронный ресурс] //URL: <https://baike.baidu.com/item/CAD/990> (дата обращения: 10.04.2018).
122. Fashion Silicon Valley Apparel Manufacturing Industry 4.0. The development process of clothing CAD software [Электронный ресурс] //URL: <https://baike.baidu.com/item/CAD/990> (дата обращения: 10.04.2018).
123. Huang, H. Q. Block pattern generation: From parameterizing human bodies to fit feature-aligned and flattenable 3D garments / H. Q. Huang, P. Y. Mok, Y. L. Kwok, J. S. Au // Computers in Industry, 2012, 63(7), pp. 680-691.
124. Xu, J. A study on impact factors of the distance eases between body and garment / J. Xu, Z. Wenbin, X. Ping // 9th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, IEEE, 2008.
125. Kim, S. H. Development of similarity evaluation method between virtual and actual clothing / S. H. Kim, K. Sungmin, K. P. Chang // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017.
126. Oancea, G. Computer aided reverse engineering system used for customized products / G. Oancea, N. V. Ivan, R. Pescaru // Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2013, 11(4), pp. 30-35.
127. Bradley, C. Advances in the field of reverse engineering / C. Bradley, C. Bernadette // Computer-Aided Design and Applications, 2005, 2(5), pp. 697-706.

128. Motavalli, S. Object-oriented modelling of a feature-based reverse engineering system / S. Motavalli // *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1996, 9(5), pp. 354-368.
129. Abella, R. J. Reverse engineering industrial applications / R. J. Abella, M. D. James, J. M. Roger // *Computers & industrial engineering*, 1994, 26(2), pp. 381-385.
130. Yau, H. T. Reverse engineering in the design of engine intake and exhaust ports / H. T. Yau, S. Haque, C. H. Meng // *ASME PROD ENG DIV PUBL PED*, New York, USA, 1993, 64, pp. 139-148.
131. Raja, V. Reverse engineering: an industrial perspective / V. Raja, J. F Kiran // *Springer Science & Business Media*, 2007.
132. Otto, K. A reverse engineering and redesign methodology for product evolution / K. Otto, K. Wood // *Proceedings of the 1996 ASME Design Theory and Methodology Conference*, 1996, Vol. 96.
133. Schröder, K. Image-based reverse engineering and visual prototyping of woven cloth / K. Schröder, Z. Arno, K. Reinhard // *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 2014, 21(2), pp. 188-200.
134. Bernardini, F. Building a digital model of Michelangelo's Florentine Pieta / F. Bernardini, H. Rushmeier, I. M. Martin, J. Mittleman, G. Taubin // *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2002, 22 (1), pp. 59-67.
135. Pescaru, R. Parameteric modeling of shoe lasts using reverse engineering thchnique / R. Pescaru, O. Gheorghe, B. Iulian // *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 2012, 10(3).
136. Kuzmichev, V. Research on 3D reconstruction of late Victorian riding skirts / V. Kuzmichev, A. Moskvin, M. Moskvina, J. Pryor // *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018.
137. First auxiliary society of Saint-Petersburg cutters. Full Academic class of men's dress cutting of the first Auxiliary Society of Saint-Petersburg cutters (in Russian). - Saint Petersburg, Golike printing house, 1906.

138. Красавец-мужчина. Русский модник середины - начала века / Авт.-сост. Н. М. Виноградова. - М.: Исторический музей, 2017. - 252 с.
139. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China 2008 National Standards of People's Republic of China: Standards sizing systems for garments-Men (China: Standards Press of China) 1-36.
140. Кузьмичев, В. Е. Основы теории системного проектирования костюма : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Е. Кузьмичев, Н. И. Ахмедулова, Л. П. Юдина ; под науч. ред. В. Е. Кузьмичева. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 392 с.
141. Кузьмичев, В.Е. Бодисканеры и одежда: новые технологии проектирования одежды. - Саарбрюкен, LAMBERT Academic Publishing (Германия), 2012. - 546 с.
142. Yao, M. Textile Materials / M. Yao. – Beijing: Chine Textile Press, 2015. -287p.
143. Duplicating pattern [Электронный ресурс] //URL: <http://www.cdbbbw.com/svg4ux3/926.html> (дата обращения: 08.06.2019).
144. Duplicating pattern [Электронный ресурс] //URL: <http://news.ef360.com/Articlesinfo/2014-4-30/253672.html> (дата обращения: 08.06.2019).
145. Instructables craft [Электронный ресурс] //URL: [https://www.instructables.com/id/How-to-Copy-a-Garment-that-Fits-Perfectly-Without-/](https://www.instructables.com/id/How-to-Copy-a-Garment-that-Fits-Perfectly-Without/) (дата обращения: 08.06.2019).
146. 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. - Chapter 9 Evaluation of pattern block for fit testing (Контроль качества чертежей для оценки качества

посадки одежды), p. 217-251, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102604-5.00009-3>

147. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды / ОАО «ЦНИИШП». – Москва: ОАО «ЦНИИШП», 2005. – 93 с.

148. The Metropolitan Museum of Art Suit [Электронный ресурс] //URL: <https://www.pinterest.com/pin/369928556873397463/> (дата обращения: 10.02.2020)

149. Москвин, А.Ю. Проектирование мужской одежды на основе ретроспективного системного анализа конструктивных решений: диссер. ... канд. техн. наук; 17.00.06 Техническая эстетика и дизайн; Санкт-Петербургский гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. - СПб, 2015, 239 с.

150. Васильев, А. Европейская мода. Три века. - М., СЛОВО/SLOVO, 2006.

151. Sizing in clothing. Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. Edited by S.P. Ashdown. - Cambridge, England, Woodhead Publishing Textiles, 2008. - 378 p.

152. Свидетельство о гос. регистрации базы дан- ных РФ № 2014620287 База данных кроя мужской одежды 19 века / А. Ю. Москвин; заявитель и право- обладатель СПГУТД. - Заявл. № 2013621712 от 17.12.13; опубл. 20.03.14, официальный бюллетень "Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии ин- тегральных микросхем". - № 3(89), 2014.

153. Васильев, А. Русская мода: 150 лет в фотографиях. - М., СЛОВО/SLOVO, 2012.

154. Official websites of the Moscow State University [Электронный ресурс] //URL: <https://www.msu.ru/> (дата обращения: 12.08.2017).

155. ГОСТ 22977-89. Детали швейных изделий. Термины и определения.

156. Гаврилово-Посадский краеведческий музей [Электронный ресурс] //URL: <http://www.museum.ru/M521> (дата обращения: 26.02.2020).

157. Half of drawers drawing piece: gentleman's drawers, 1907 – The ladies treasury of clothing and fashion [Электронный ресурс] //URL:

<https://www.pinterest.com/pin/553028029212603540/> (дата обращения: 08.08.2019).

158. Zhang, S. C. Virtual Scenario of Men Historical Clothes Adaption / S. C. Zhang, V. E. Kuzmichev, A. Moskvina // Information environment of the University: materials of the XXIV edition. scientific-technical Conf. IVGPU, Ivanovo, 22-23 Nov. 2017, p.160-164.

159. Zhang, S. C. Retrospective Analysis of European Men's Suit from 1850s to 1920s for Virtual Reconstruction / S. C. Zhang, V. E. Kuzmichev // DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science aems, 2019.

160. Чжан, Шичао. Получение цифровых двойников мужских фигур по изображениям и чертежам конструкций исторической одежды / Шичао. Ч, В.Е.Кузьмичев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности 2 (2019): 106-113.

161. Zhang, S. C. A method of selection the textile materials for virtual reconstruction / S. C. Zhang, V. E. Kuzmichev // 6th International Conference on Advanced Engineering and Technology: IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng. 2019.

162. Zhang, S. C. Calculation of the body measurements after analyzing the historical drawing / S. C. Zhang, V. E. Kuzmichev // Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference: IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng, Vol. 459, No. 012087, 2019.

163. Zhang, S. C. Method of historical patterns analyzing / S. C. Zhang, V. E. Kuzmichev // International Conference on Technics, Technologies and Education: IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng. 2020.

164. Кузьмичев, В.Е. Проблемы генерирования цифровых двойников исторических костюмов с помощью технологии реверсивного инжиниринга / В.Е.Кузьмичев, А.Ю.Москвин, Д.С.Адольф, Ч. Шичао // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сборник материалов XXII межд. науч.-практ. форума. - Иваново, ИВГПУ, 2020, с.59-65.

165. Кузьмичев, В.Е. Проектирование цифровых двойников исторических систем "фигура - костюм" / В.Е.Кузьмичев, Н.А.Сахарова, А.В.Корнилович, ЧЖАН ШИЧАО, М.А.Москвина, А.Ю.Москвин, Д.Л.Орлов, Г.А.Карева, Д.С.Адольф // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2019.
166. Шичао, Ч. Виртуальная реплика мужской народной рубашки конца XIX века (из фондов Гаврилово-Посадского музея) / Ч. Шичао, В.Е.Кузьмичев // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2020): сб. материалов Национальной молодежной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2020, с.714-716.
167. Шичао, Ч. Новый подход к симуляции исторического мужского пальто / Ч. Шичао, В.Е.Кузьмичев // Молодые ученые-развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК) 1-1 (2019): 137-140.
168. Мундир для торжественных случаев: пат. 123089 Российская Федерация / Е.В.Румянцев, В.Е.Кузьмичев, Т.Н.Грищенко, Ч.Шичао ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ивановск. гос. политех ун-т. — № 2019505136 ; заявл. 18.11.2019 ; – опубл. 17.12.2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Результаты измерения мужских фигур без корсетов и в корсетах (для главы 2)

Таблица А. 1 – Результаты измерений мужской фигуры на уровне обхвата груди, см

Тип фигуры	Идентификатор образца	Рост	Обхват груди, см		Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$	Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$
					без корсета			с корсетом		
			без корсета	с корсетом	$d_{\text{поп.г}}$	$d_{\text{пз.г}}$	Δ	$d_{\text{поп.г}}$	$d_{\text{пз.г}}$	Δ
У	Солдат 1	183,50	97,50	97,20	34,73	23,15	11,58	35,92	22,98	12,94
У	Солдат 2	177,70	99,70	101,80	35,36	24,24	11,12	35,57	24,71	10,85
У	Солдат 3	187,40	104,60	105,60	37,46	25,28	12,18	37,84	25,92	11,92
У	Солдат 4	186,70	100,80	104,50	34,46	25,24	9,21	36,74	25,75	10,99
У	Солдат 7	177,70	101,10	103,10	36,18	24,47	11,70	36,34	25,07	11,27
У	Солдат 8	177,70	108,30	109,90	38,98	26,54	12,44	37,17	25,62	11,55
У	Солдат 9	171,50	105,60	106,10	37,40	26,96	10,44	35,52	27,40	8,12
У	Солдат 10	176,90	109,50	112,90	37,70	26,90	10,80	40,41	26,79	13,62
У	Солдат 13	184,20	104,50	106,20	34,82	26,83	8,00	37,50	27,43	10,07
У	Солдат 14	174,80	102,60	105,10	35,79	25,15	10,64	37,25	25,81	11,44
У	Солдат 17	180,20	92,00	90,80	32,22	21,73	10,49	32,64	21,13	11,51
У	Солдат 18	176,20	97,50	101,10	33,73	24,42	9,31	36,59	23,83	12,75
У	Солдат 20	180,20	102,10	109,10	36,57	24,31	12,26	38,54	25,31	13,23
У	Спортсмен 23	184,90	111,30	110,60	37,48	28,15	9,32	36,76	28,48	8,28
У	Спортсмен 24	187,40	115,90	117,30	39,67	29,22	10,46	39,65	30,26	9,39
У	Спортсмен 25	170,40	116,00	117,00	40,29	29,27	11,02	39,88	29,23	10,65
У	Спортсмен 26	169,70	104,00	106,00	36,42	25,35	11,07	37,31	25,88	11,43
У	Спортсмен	168,30	94,60	97,30	32,42	24,44	7,99	33,06	25,16	7,90

	ен27									
У	Спортсм ен28	179,50	104,30	106,00	36,90	26,18	10,72	37,33	26,50	10,82
У	Спортсм ен29	165,00	107,60	107,40	36,76	26,45	10,31	37,46	26,29	11,17
У	Спортсм ен30	174,80	116,00	116,70	38,22	31,03	7,19	38,32	31,16	7,16
У	Спортсм ен31	181,60	123,00	126,40	40,17	31,62	8,55	40,97	32,67	8,30
У	Студент 1	173,00	92,20	95,70	31,62	22,71	8,91	32,31	23,99	8,32
У	Студент 2	176,20	98,60	98,40	35,65	24,79	10,86	34,78	25,30	9,48
У	Студент 4	188,10	93,40	97,50	34,90	21,59	13,32	37,39	21,75	15,65
У	Студент 5	184,90	89,60	90,00	31,38	21,15	10,24	31,30	21,84	9,46
У	Студент 13	173,80	94,40	97,10	33,68	22,45	11,23	34,07	23,96	10,11
У	Студент 14	181,60	95,80	95,30	34,03	21,94	12,09	33,43	22,10	11,33
У	Студент 15	177,70	97,90	99,30	34,14	25,34	8,80	30,98	24,16	6,82
А	Солдат 5	180,20	99,30	101,40	35,00	24,13	10,88	35,75	24,27	11,48
А	Солдат 6	180,90	117,10	121,90	41,65	30,79	10,86	42,88	31,52	11,36
А	Солдат 11	183,50	91,60	94,60	33,53	20,81	12,72	34,27	21,61	12,66
А	Солдат 12	178,80	93,10	95,30	32,09	23,31	8,78	32,73	25,13	7,60
А	Солдат 15	177,70	93,50	95,90	32,49	22,83	9,66	33,75	23,29	10,47
А	Солдат 16	184,20	91,20	93,40	33,16	21,20	11,97	34,17	21,88	12,29
А	Солдат 19	179,50	109,70	110,00	39,72	25,89	13,83	39,27	26,74	12,54
А	Спортсм ен22	179,50	115,10	116,40	38,14	29,90	8,24	37,43	30,56	6,87
А	Студент 3	175,50	91,70	94,80	31,08	23,13	7,95	31,95	24,24	7,71
А	Студент 12	175,50	94,60	96,50	33,32	24,14	9,18	34,27	24,37	9,91
В	Студент 21	177,00	91,80	95,30	31,61	23,04	8,57	32,61	24,66	31,61
В	Студент 11	188,90	83,50	86,40	29,06	22,54	6,52	30,79	22,95	29,06

Таблица А. 2 – Результаты измерений мужской фигуры на уровне обхвата талии, см

Тип фигуры	Идентификатор образца	Рост	Обхват талии		Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$	Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$
					без корсета			с корсетом		
			без корсета	с корсетом	$d_{\text{поп.г}}$	$d_{\text{пз.г}}$	Δ	$d_{\text{поп.г}}$	$d_{\text{пз.г}}$	Δ
У	Солдат 1	183,50	78,70	78,20	28,56	20,61	7,95	28,65	22,29	6,35
У	Солдат 2	177,70	79,60	77,40	29,28	20,42	8,86	28,93	21,01	7,92
У	Солдат 3	187,40	85,20	83,40	32,03	21,54	10,49	30,89	20,80	10,09
У	Солдат 4	186,70	79,00	80,60	28,10	21,50	6,60	28,30	22,16	6,14
У	Солдат 7	177,70	80,60	78,60	29,30	21,39	7,91	28,09	21,47	6,62
У	Солдат 8	177,70	86,50	87,70	32,29	21,39	10,90	30,51	24,28	6,23
У	Солдат 9	171,50	86,60	85,50	30,16	23,57	6,59	29,20	24,25	4,95
У	Солдат 10	176,90	90,10	88,30	31,75	25,06	6,70	31,80	23,84	7,96
У	Солдат 13	184,20	82,40	85,20	29,06	22,89	6,17	29,55	24,17	5,37
У	Солдат 14	174,80	79,50	78,00	28,28	21,38	6,89	28,06	21,06	7,00
У	Солдат 17	180,20	74,30	77,10	27,32	19,25	8,07	27,47	21,24	6,24
У	Солдат 18	176,20	77,30	79,30	27,28	21,16	6,12	28,25	21,10	7,15
У	Солдат 20	180,20	79,80	80,70	28,35	21,13	7,23	29,09	21,92	7,17
У	Спортсмен23	184,90	85,60	83,60	29,74	23,42	6,33	29,10	23,69	5,41
У	Спортсмен24	187,40	91,90	89,00	32,74	24,57	8,17	31,93	23,44	8,50
У	Спортсмен25	170,40	93,50	90,40	33,23	24,69	8,54	31,88	24,92	6,97
У	Спортсмен26	169,70	87,70	85,10	31,59	22,20	9,39	30,37	21,98	8,39
У	Спортсмен27	168,30	75,70	75,40	27,38	20,11	7,27	26,41	20,71	5,70
У	Спортсмен28	179,50	85,10	84,70	29,31	23,66	5,65	29,66	23,19	6,47
У	Спортсмен29	165,00	87,60	86,60	30,21	24,73	5,48	29,44	24,95	4,49

У	Спортсмен30	174,80	92,10	90,40	31,58	25,03	6,55	30,89	25,60	5,29
У	Спортсмен31	181,60	98,10	92,10	32,80	28,25	4,55	32,38	26,57	5,81
У	Студент 1	173,00	72,90	76,60	25,74	19,48	6,26	26,36	20,73	5,62
У	Студент 2	176,20	82,10	81,70	29,09	22,30	6,79	28,14	23,23	4,90
У	Студент 4	188,10	71,00	74,10	26,40	17,33	9,07	26,73	18,41	8,32
У	Студент 5	184,90	68,50	70,10	26,15	17,19	8,96	26,24	17,74	8,51
У	Студент 13	173,80	75,50	76,40	26,55	21,02	5,53	27,48	20,61	6,87
У	Студент 14	181,60	75,30	75,70	27,98	19,22	8,76	27,16	19,84	7,32
У	Студент 15	177,70	76,30	78,40	29,02	19,14	9,89	28,46	20,59	7,87
А	Солдат 5	180,20	84,00	82,30	31,01	21,80	9,21	29,22	21,95	7,27
А	Солдат 6	180,90	101,20	100,70	35,62	27,47	8,15	34,82	28,29	6,53
А	Солдат 11	183,50	79,50	81,00	29,80	19,81	9,99	29,92	20,04	9,88
А	Солдат 12	178,80	78,30	76,00	27,74	21,77	5,96	26,49	21,13	5,36
А	Солдат 15	177,70	80,30	80,30	28,57	21,73	6,84	28,71	21,74	6,97
А	Солдат 16	184,20	75,70	76,90	27,56	20,35	7,21	27,51	20,71	6,80
А	Солдат 19	179,50	94,50	91,50	32,66	26,42	6,25	31,89	25,16	6,73
А	Спортсмен22	179,50	99,50	91,40	34,97	27,67	7,31	32,12	25,44	6,68
А	Студент 3	175,50	78,20	76,30	28,28	19,99	8,29	29,11	21,09	8,02
А	Студент 12	175,50	80,30	81,60	28,18	22,30	5,88	28,67	22,47	6,20
В	Студент 21	177,00	83,10	86,20	28,92	22,63	6,29	29,32	24,78	4,53
В	Студент 11	188,90	74,50	75,90	27,61	18,89	8,72	27,84	20,28	7,56

Таблица А. 3 – Результаты измерений мужской фигуры на уровне обхвата бедер, см

Тип фигуры	Идентификатор образца	Рост	Обхват бедер		Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$	Диаметры		Разница между $d_{\text{поп.г}}$ и $d_{\text{пз.г}}$
			без корсета	с корсетом	без корсета			Δ	с корсетом	
					$d_{\text{поп.б}}$	$d_{\text{пз.б}}$	$d_{\text{поп.б}}$		$d_{\text{пз.б}}$	Δ
Y	Солдат1	183,50	97,10	94,40	36,82	22,82	14,00	35,70	23,24	12,46
Y	Солдат2	177,70	96,70	96,20	35,16	24,91	10,25	36,06	25,56	10,50
Y	Солдат3	187,40	103,60	101,60	38,07	25,81	12,26	37,04	25,84	11,20
Y	Солдат4	186,70	97,20	97,10	35,59	24,96	10,63	35,50	25,70	9,80
Y	Солдат7	177,70	97,20	96,20	36,11	23,72	12,39	35,82	24,33	11,49
Y	Солдат8	177,70	100,30	99,70	36,18	24,49	11,69	34,52	25,55	8,97
Y	Солдат9	171,50	100,40	100,10	36,20	24,73	11,48	35,50	25,53	9,97
Y	Солдат10	176,90	100,90	98,80	35,57	27,14	8,43	36,01	26,58	9,43
Y	Солдат13	184,20	96,90	95,90	33,68	25,44	8,24	36,06	24,08	11,98
Y	Солдат14	174,80	96,60	99,00	28,28	21,37	6,90	35,51	24,96	10,55
Y	Солдат17	180,20	87,60	87,70	32,90	21,71	11,20	32,41	22,65	9,76
Y	Солдат18	176,20	94,00	93,60	34,76	22,99	11,77	34,07	23,56	10,51
Y	Солдат20	180,20	93,00	93,60	33,35	24,38	8,96	33,47	24,50	8,98
Y	Спортсмен23	184,90	103,70	101,70	37,33	26,05	11,28	36,46	27,66	8,80
Y	Спортсмен24	187,40	114,80	111,30	40,86	28,64	12,22	40,17	29,00	11,17
Y	Спортсмен25	170,40	106,10	103,90	37,41	28,01	9,39	36,47	28,39	8,08
Y	Спортсмен26	169,70	105,40	94,00	38,00	24,10	13,91	33,31	25,32	7,99
Y	Спортсмен27	168,30	94,80	90,10	33,61	22,70	10,92	33,44	21,71	11,73
Y	Спортсмен28	179,50	99,80	100,60	36,28	25,12	11,16	35,84	26,80	9,04
Y	Спортсмен29	165,00	95,50	91,40	24,56	24,91	(0,35)	32,47	25,40	7,07
Y	Спортсмен30	174,80	105,30	104,50	35,68	28,88	6,79	37,82	27,29	10,53
Y	Спортсмен31	181,60	111,50	107,20	37,30	29,73	7,57	36,67	30,26	6,41

Y	Студент1	173,00	95,90	95,40	35,46	23,16	12,30	35,60	22,4 3	13,17
Y	Студент2	176,20	100,10	101,00	35,56	26,65	8,91	37,15	27,3 3	9,82
Y	Студент4	188,10	89,50	90,20	32,56	22,71	9,86	33,06	21,7 4	11,32
Y	Студент5	184,90	90,90	89,60	34,58	20,55	14,03	34,39	20,8 3	13,56
Y	Студент1 3	173,80	94,60	92,50	34,51	23,50	11,01	33,69	23,6 4	10,05
Y	Студент1 4	181,60	96,80	92,90	34,88	25,96	8,93	33,87	23,5 3	10,33
Y	Студент1 5	177,70	93,60	91,20	34,62	21,85	12,78	33,70	21,4 7	12,23
A	Солдат5	180,20	99,70	98,70	35,75	24,87	10,88	37,28	29,3 9	7,89
A	Солдат6	180,90	107,70	106,80	38,35	29,13	9,22	37,66	29,3 7	8,30
A	Солдат11	183,50	95,40	96,20	36,42	22,96	13,46	36,67	23,9 5	12,72
A	Солдат12	178,80	96,30	96,44	34,77	24,21	10,56	34,41	25,4 0	9,01
A	Солдат15	177,70	98,50	99,00	36,57	23,85	12,72	35,27	24,4 7	10,80
A	Солдат16	184,20	94,80	93,20	35,19	22,66	12,53	35,56	21,5 8	13,98
A	Солдат19	179,50	100,50	102,30	35,68	26,51	9,17	35,97	27,8 7	8,10
A	Спортсмен 22	179,50	108,00	106,40	37,71	29,01	8,70	36,75	29,8 3	6,92
A	Студент3	175,50	98,80	99,60	35,71	24,98	10,73	36,23	24,9 3	11,30
A	Студент1 2	175,50	96,40	96,00	34,76	25,50	9,25	34,53	24,3 4	10,19
B	Студент2 1	177,00	97,80	98,28	35,09	26,34	8,75	34,84	26,9 0	7,95
B	Студент1 1	188,90	95,40	95,40	34,99	23,80	11,19	34,60	24,3 5	10,25

Таблица А. 4 - Проекционные измерения фигур, см

Тип фигуры	Идентификатор образца	Результаты измерений						
		Рост	без корсета		Λ	с корсетом		Δ
			Расстояние от задней точки шеи до вертикали	Расстояние лопатки до вертикали		Расстояние от задней точки шеи до вертикали	Расстояние лопатки до вертикали	
У	Солдат1	183.50	29.00	20.00	9.00	28.30	21.60	6.70
У	Солдат2	177.70	32.20	23.20	9.00	30.30	22.80	7.50
У	Солдат3	187.40	29.70	20.40	9.30	31.40	21.20	10.20
У	Солдат4	186.70	28.20	20.00	8.20	25.80	20.00	5.80
У	Солдат7	177.70	29.70	20.80	8.90	29.20	21.20	8.00
У	Солдат8	177.70	26.80	20.80	6.00	28.50	21.20	7.30
У	Солдат9	171.50	29.00	21.20	7.80	27.60	20.40	7.20
У	Солдат10	176.90	28.80	20.00	8.80	29.10	20.00	9.10
У	Солдат13	184.20	26.20	20.00	6.20	29.10	20.80	8.30
У	Солдат14	174.80	28.60	20.00	8.60	28.10	20.00	8.10
У	Солдат17	180.20	29.00	20.80	8.20	29.10	21.60	7.50
У	Солдат18	176.20	26.50	20.00	6.50	25.30	21.20	4.10
У	Солдат20	180.20	28.10	20.40	7.70	28.20	20.60	7.60
У	Спортсмен23	184.90	29.60	20.00	9.60	30.20	20.40	9.80
У	Спортсмен24	187.40	33.10	22.40	10.70	33.30	24.40	8.90
У	Спортсмен25	170.40	29.50	20.00	9.50	29.60	21.60	8.00
У	Спортсмен26	169.70	30.90	23.60	7.30	30.70	23.60	7.10
У	Спортсмен27	168.30	30.20	20.00	10.20	31.10	21.60	9.50
У	Спортсмен28	179.50	27.10	20.00	7.10	28.00	20.00	8.00
У	Спортсмен29	165.00	30.70	22.00	8.70	31.10	21.20	9.90
У	Спортсмен30	174.80	30.50	20.00	10.50	29.50	20.20	9.30
У	Спортсмен31	181.60	30.60	20.40	10.20	28.90	20.80	8.10
У	Студент1	173.00	27.70	20.40	7.30	26.60	20.00	6.60
У	Студент2	176.20	28.70	23.60	5.10	29.00	24.00	5.00
У	Студент4	188.10	26.90	20.00	6.90	26.70	21.20	5.50
У	Студент5	184.90	29.30	20.00	9.30	27.50	20.00	7.50
У	Студент13	173.80	27.30	20.00	7.30	27.80	20.80	7.00
У	Студент14	181.60	29.30	23.20	6.10	24.10	22.00	2.10
У	Студент15	177.70	29.50	20.00	9.50	30.70	20.80	9.90
А	Солдат5	180.20	29.00	22.00	7.00	31.30	23.60	7.70
А	Солдат6	180.90	28.60	20.00	8.60	27.80	22.00	5.80
А	Солдат11	183.50	29.10	20.00	9.10	31.60	21.60	10.00
А	Солдат12	178.80	29.60	20.00	9.60	30.10	20.00	10.10
А	Солдат15	177.70	26.70	20.40	6.30	24.90	20.00	4.90
А	Солдат16	184.20	31.50	23.30	8.20	31.70	24.80	6.90
А	Солдат19	179.50	28.40	20.00	8.40	28.50	20.00	8.50
А	Спортсмен22	179.50	31.40	20.40	11.00	30.90	20.80	10.10
А	Студент3	175.50	30.70	22.80	7.90	28.80	22.40	6.40
А	Студент12	175.50	29.50	21.60	7.90	29.40	22.00	7.40
В	Студент21	177.00	31.90	24.00	7.90	29.30	21.20	8.10
В	Студент11	188.90	32.30	22.80	9.50	32.60	23.80	8.80

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Величины конструктивных прибавок для формообразования мужских исторических пальто (для главы 3)

Табела Б. 1 - Суммарная, которую можно использовать при исторической реконструкции, см

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Размеры чертежей														
Обозначение	PВ _{Ог}	PВ _{От}	PВ _{Об}	PВ _{Дп}	PВ _{Шс}	PВ _{Дтс}	PВ _{Шг}	PВ _{Пп}	PВ _{чп}	PВ _Л	PВ _{дш}	PВ _{Шп}	PВ _{дрв}	PВ _{ws}
PВ1	103,88	93,02	123,74	44,92	38,73	42,67	43,95	34,32	47,2	30,91	16,03	15,23	16,69	12,85
PВ2	106,32	96,99	128,1	49,39	40,43	45,03	42,55	36,18	51,04	32,85	15,1	16,16	18,19	13,37
PВ3	101,78	91,81	117,5	43,79	38,04	42,75	42,46	33,38	46,24	30,51	15,65	15,03	16,17	13,07
PВ4	109,87	99,56	118,64	41,19	39,74	42,87	45,67	32,73	44,01	32,37	15,26	18,34	15,48	11,96
PВ5	103,8	92,43	113,01	42,7	39,23	41,43	43,31	32,62	45,29	30,79	14,06	17,8	15,93	12,76
Размерный признак														
Обозначение	ОШ ₁	ОТ ₁	ОБ ₁	ОР ₁	ШС ₁	Дтс ₁	ШГ ₁	ПП ₁	ДПСс ₁	Л ₁	ШГОР ₁	ШП ₁	дрв ₁	дпзр ₁
Обнаженно й фигуры	88,52	71,86	87,44	28,32	31,99	36,41	33,76	26,85	39,77	27,89	12,09	12,46	11,02	12,04
Конструктивную прибавку по формуле (4), П _{CG} = PВ _{Ог} – ОШ ₁														
Прибавка	К обхват у груди	К обхват у тали	К обхват у бедер	К обхват у плеча	К ширин е спины	К длин е спин ы до тали	К ширин е груди	К дуга через плечево й скат спереди	К дуга через плечево й скат сзади	К расстояние от середины спины до переднего угла подмышечн ой впадины	К диаметру шеи поперечно му	К ширине плечевог о ската	К диаметру руки вертикально му	К диаметр у руки передне - заднему
PВ1	15,36	21,16	36,3	16,6	6,74	6,26	10,19	7,47	7,43	3,02	3,94	2,77	5,67	0,81
PВ2	17,8	25,13	40,66	21,07	8,44	8,62	8,79	9,33	11,27	4,96	3,01	3,70	7,17	1,33
PВ3	13,26	19,95	30,06	15,47	6,05	6,34	8,7	6,53	6,47	2,62	3,56	2,57	5,15	1,03
PВ4	21,35	27,7	31,2	12,87	7,75	6,46	11,91	5,88	4,24	4,48	3,17	5,88	4,46	-0,08
PВ5	15,28	20,57	25,57	14,38	7,24	5,02	9,55	5,77	5,52	2,90	1,97	5,34	4,91	0,72
Среднее	16,61	22,9	32,76	16,08	7,24	6,54	9,83	7,00	6,99	3,60	3,13	4,05	5,47	0,76

Табела Б. 2 - Историческая, которую использовали закройщики, см

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Размеры чертежей														
Обозначение	PВ _{От}	PВ _{От}	PВ _{Об}	PВ _{Дп}	PВ _{Шс}	PВ _{Дтс}	PВ _{Шг}	PВ _{Пп}	PВ _{Чп}	PВ _Л	PВ _{Дш}	PВ _{Шп}	PВ _{дрв}	PВ _{ws}
PВ1	103,88	93,02	123,74	44,92	38,73	42,67	43,95	34,32	47,2	30,91	16,03	15,23	16,69	12,85
PВ2	106,32	96,99	128,1	49,39	40,43	45,03	42,55	36,18	51,04	32,85	15,1	16,16	18,19	13,37
PВ3	101,78	91,81	117,5	43,79	38,04	42,75	42,46	33,38	46,24	30,51	15,65	15,03	16,17	13,07
PВ4	109,87	99,56	118,64	41,19	39,74	42,87	45,67	32,73	44,01	32,37	15,26	18,34	15,48	11,96
PВ5	103,8	92,43	113,01	42,7	39,23	41,43	43,31	32,62	45,29	30,79	14,06	17,8	15,93	12,76
Размерный признак														
Обозначение	ОШ ₂	ОТ ₂	ОБ ₂	ОР ₂	ШС ₂	Дтс ₂	ШГ ₂	ПП ₂	ДПСс ₁	Л ₂	Ш _{ГОР2}	ШП ₂	дрв ₂	дпзр ₂
в одежде с минимальными воздушными зазорами	95,05	78,39	93,93	31,09	34,49	38,02	35,24	30,02	43,08	30,25	14,01	12,79	12,58	12,74
Конструктивную прибавку по формуле (5), $P_{CGh} = P_{ВОт} - OШ_2$														
Прибавка	К обхват у груди	К обхват у талии	К обхват у бедер	К обхват у плеча	К ширине спины	К длине спины до талии	К ширине груди	К дуга через плечевой скат спереди	К дуга через плечевой скат сзади	К расстояние от середины спины до переднего угла подмышечной впадины	К диаметру шеи поперечно	К ширине плечевого ската	К диаметру руки вертикально	К диаметру руки передне-заднему
PВ1	8,83	14,63	29,81	13,83	4,24	4,65	8,71	4,3	4,12	0,66	2,02	2,44	4,11	0,11
PВ2	11,27	18,6	34,17	18,3	5,94	7,01	7,31	6,16	7,96	2,6	1,09	3,37	5,61	0,63
PВ3	6,73	13,42	23,57	12,7	3,55	4,73	7,22	3,36	3,16	0,26	1,64	2,24	3,59	0,33
PВ4	14,82	21,17	24,71	10,1	5,25	4,85	10,43	2,71	0,93	2,12	1,25	5,55	2,9	-0,78
PВ5	8,75	14,04	19,08	11,61	4,74	3,41	8,07	2,6	2,21	0,54	0,05	5,01	3,35	0,02
Среднее	10,08	16,37	26,27	13,31	4,74	4,93	8,35	3,83	3,68	1,24	1,21	3,72	3,91	0,06

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Параметризация исторических чертежей (для главы 3)

Таблица В. 1 - Длина каждой пары линий для 17 отрезных по линии талии пальто

Символ	Результаты измерений, см, для чертежей																
	1	2	3	14	16	19	23	26	28	33	35	36	41	44	45	46	47
a	24.66	28.16	26.4	24.74	22.48	23.48	23.31	23.23	24.79	23.29	25.6	26.37	23.62	25.67	26.94	25.02	24.74
b	23.93	27.72	25.21	24.62	22.77	22.81	22.79	23.31	24.44	21.44	25.69	26.47	23.62	25.81	26.92	25.01	23.24
c	38.67	45.3	42.55	38.49	39.1	36.06	37.44	37.49	37.3	38.21	41.17	43.39	40.15	41.24	41.17	41.1	36.43
e1	36.57	42.82	39.91	36.01	36.68	34.52	35.26	36.94	36.1	36.36	39.39	41.15	37.89	39.27	40.05	39.48	34.78
d	46.56	56.51	53.49	57.19	48.7	40.96	53.58	38.8	37.84	48.57	44.71	34.23	40.02	44.95	44.95	44.95	46.4
e2	46.61	56.23	53.4	56.22	48.18	41	53.22	38.23	37.75	48.41	44.23	34.26	39.92	44.55	45.15	44.4	45.02
f	32.28	43.19	42.9	36.29	36.02	29.51	39.78	35.73	33.48	33.79	30.04	31.38	33.43	32.38	30.66	28.96	27.51
g	10.32	13.09	13.4	11.95	12.73	13.43	15.53	11.33	9.75	13.38	11.28	11.37	12.1	11.46	11.23	10.5	10.16
r4	-	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h	43.36	54.47	54.92	52.81	47.49	43.4	54.75	48.74	42.75	50.98	41.32	42.77	42.11	41.57	41.57	41.57	37.81
i	28.17	33.35	32.34	28.1	29.42	23.6	27.45	31.99	29.24	29.24	27.81	29.87	31.44	26.93	29.61	26.46	25.39
j	8.91	10.49	11.27	8.48	11.33	8.06	8.34	9.59	7.54	12.46	9.73	10.55	9.57	9.94	9.42	7.14	8.62
k	6.26	8.75	8.59	7.87	7.28	6.72	7.28	6.24	4.58	6.36	5.28	6.26	3.91	5.6	4.84	4.78	6.11
m	32.37	36.86	36.86	32.37	34.41	29.57	31.7	34.41	30.99	34.41	31.7	33.53	32.37	31.7	32.37	29.57	30.99
n	14.14	17.47	17.47	14.14	15.14	10.94	12.94	15.14	12.2	15.14	12.94	14.46	14.14	12.94	14.14	10.94	12.2
p1	46.56	48.32	48.32	46.56	47.31	45.48	46.37	47.31	46.1	47.31	46.37	46.95	46.56	46.37	46.56	45.48	46.1
p2	46.51	48.21	48.21	46.55	47.26	45.3	46.32	47.26	46	47.26	46.32	46.91	46.55	46.32	46.55	45.3	46
o1	59.92	63.55	63.55	59.92	61.13	56.09	58.61	61.13	57.74	61.13	58.61	60.24	59.92	58.61	59.92	56.09	57.74
o2	60.24	63.9	63.9	60.24	61.5	56.49	58.95	61.5	58.34	61.5	58.95	60.69	60.24	58.95	60.24	56.49	58.34
q1	18.2	17.38	16.52	14.79	16.09	16.55	17.07	18.4	16.56	15.45	17.61	18.01	15.9	18.27	17.66	18.74	14.47
q2	15.77	18.16	17.56	14.68	16.36	17.78	17.51	18.26	17.49	16.94	17.39	17.98	15.63	17.84	17.53	18.52	14.58
r1	-	-	-	43.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
r2	-	-	-	44.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица В. 2 - Длина каждой пары линий для 11 фрактов, см

No.	Результаты измерений, см, для чертежей										
	4	5	6	15	18	22	25	30	31	34	40
a	25.54	24.42	24.89	25.14	22.22	21.83	23.41	24.19	24.24	25.6	25.37
b	24.59	23.53	24.26	24.51	22.41	21.5	23.34	24.27	24.19	25.03	25.46
c	39.74	38.44	39.64	38.57	38.33	34.92	37.61	39.52	39.99	37.98	41.55
e1	37.58	36.25	38.08	35.89	36.25	33.24	37.29	38.72	39.2	37.34	40
d	57.69	56.36	57.76	54.26	53.77	53.4	46.05	44.66	49.82	52.69	54.94
e2	57.12	55.78	57.25	53.55	52.53	52.84	45.71	44.6	49.83	52.32	54.86
f	-	25.02	-	18.51	17.3	26.4	30.98	32.43	32.95	24.56	31.68
g	-	10.39	-	11.89	12.55	13.19	11.16	12.23	11.38	11.18	12.32
h	-	35.89	-	30.53	29.06	39.27	43.16	44.66	44.84	35.83	44.38
i	29.06	28.11	31.08	28.37	29.69	23.9	31.6	29.95	30.44	24.91	29.97
j	8.87	8.57	9.33	8.71	11.08	8.5	9.48	10.91	11.31	9.59	9.95
k	6.23	6.04	6.54	7.81	7.04	6.88	6.31	5.8	5.78	6.35	5.11
m	32.37	32.37	34.41	32.37	34.41	29.57	34.41	33.53	34.41	30.99	32.37
n	14.14	14.14	15.14	14.14	15.14	10.94	15.14	14.46	15.14	12.2	14.14
p1	46.56	46.37	47.31	46.56	47.31	45.48	47.31	46.95	47.31	46.1	46.56
p2	46.55	46.32	47.26	46.55	47.26	45.3	47.26	46.91	47.26	46	46.55
o1	59.92	59.92	61.13	59.92	61.13	56.09	61.13	60.24	61.13	57.74	59.92
o2	60.24	60.24	61.5	60.24	61.5	56.49	61.5	60.69	61.5	58.34	60.24
q1	15.15	15.15	15.56	15.02	15.47	16.04	17.24	18.55	17.3	15.34	19
q2	15.85	15.85	16.51	14.72	16.26	16.99	18.18	18.55	17.16	15.67	18.84
r1	-	47.63	-	-	-	46.8	46.7	51.47	-	48.34	50
r2	-	44.73	-	-	-	41.7	44.99	47.57	-	45.66	46.61
r3	-	4.49	-	-	-	4.74	2.62	4.49	-	4.13	3.75

Таблица В. 3 - Длина каждой пары линий для 19 сюртуков

Символ	Результаты измерений, см, для чертежей																		
	7	8	9	10	11	12	13	17	20	21	24	27	29	32	37	38	39	42	43
a	25.41	25.42	25.41	23.09	25.29	25.99	25.14	22.89	22.95	24.5	23.41	23.11	25.46	26.59	25.49	24.48	26.83	24.82	24.15
b	24.87	24.89	24.49	22.1	24.69	24.87	24.41	23.1	22.8	24.13	23.37	22.68	25.58	25.22	25.45	24.57	26.96	24.96	24.14
c	40.77	40.61	40.57	36.87	40.36	40.39	39.83	40.14	34.15	36.57	37.81	36.37	40.35	39.09	41.79	39.93	44.3	40.94	40.76
e1	38.15	38.54	38.86	34.97	37.87	38.81	37.32	37.53	34.48	36.53	37.44	35.18	39.16	37.68	40.24	38.65	41.84	39.17	39.09
d	53.88	53.07	51.74	42.75	52.92	57.81	52.49	60.54	51.49	54.85	47.17	50.31	52.41	54.25	55.51	54.56	57.1	43.97	56.42
e2	53.53	52.48	51.27	42.05	52.98	57.03	52.35	59.76	50.83	54.05	46.26	49.55	50.59	54	54.87	54.41	56.06	42.67	55.65
f	30.81	35.22	35.64	27.02	34.97	31.33	30.38	35.4	32.61	31.8	32.1	32.18	34.49	32.27	39.07	30.19	30.21	31.37	33.44
g	10.24	10.17	11.84	10.73	9.96	11.31	9.96	12.96	13.18	14.4	11.91	9.01	11.3	11.04	13.41	11.27	11.22	11.17	12.25
r4	5.9		6.14	8.67	-	6.33	5.78	5.74	-	5.47	3.63	5.54	-	6.9	-	6.11	5.82	7.72	7.1
h	47.67		53.2	47.66	45.23	50.19	46.89	54.1	46.18	51.34	49.35	49.31	45.64	50.32	52.66	47.57	47.21	51.31	52.4
i	27.62	45.34	30.38	26.75	27.61	32.31	27.23	29.96	23.7	25	32.41	27.84	29.13	27.28	30.79	27.39	28.38	29.09	30.64
j	9.35	27.69	9.23	8	9.2	8.73	8.91	11.85	8.33	9.1	9.13	9.42	10.03	9.04	10.15	9.77	10.42	9.85	9.87
k	7.95	9.18	8.12	7.99	7.7	8.36	7.66	7.46	6.65	7.09	6	5.77	5.34	6.02	5.65	5.54	6	5.29	5.45
m	32.37	7.91	34.41	31.7	32.37	35.13	32.37	35.13	29.57	30.99	34.41	31.7	32.37	31.7	33.53	31.7	32.37	32.37	33.53
n	14.14	32.37	15.14	12.94	14.14	15.88	14.14	15.88	10.94	12.2	15.14	12.94	14.14	12.94	14.46	12.94	14.14	14.14	14.46
p1	46.56	14.14	47.31	46.37	46.56	47.68	46.56	47.68	45.48	46.1	47.31	46.37	46.56	46.37	46.95	46.37	46.56	46.56	46.95
p2	46.55	46.56	47.26	46.32	46.55	47.57	46.55	47.57	45.3	46	47.26	46.32	46.55	46.32	46.91	46.32	46.55	46.55	46.91
o1	59.92	46.55	61.13	58.61	59.92	61.94	59.92	61.94	56.09	57.74	61.13	58.61	59.92	58.61	60.24	58.61	59.92	59.92	60.24
o2	60.24	59.92	61.5	58.95	60.24	62.19	60.24	62.19	56.49	58.34	61.5	58.95	60.24	58.95	60.69	58.95	60.24	60.24	60.69
q1	15.31	60.24	15.29	15	15.2	15.83	15.06	16.14	16.87	17.82	18.44	15.94	17.99	14.73	19.06	17.95	18.03	17.95	19.55
q2	15.14	15.36	16.58	15.23	15.28	16.48	14.99	16.74	17.81	18.55	18.34	16.67	18.02	15.57	18.77	17.66	17.84	17.73	19.55
r1	47.87	15.11	40.39	43.16	-	48.11	46.85	46.05	-	46.16	43.79	43.49	-	44.2	-	44.39	50.91	47.19	47.41
r2	47.9		40.37	43.57	-	48.21	46.91	46.09	-	46.07	44.13	44.87	-	45.92	-	44.22	50.58	47.03	47.57

ПРИЛОЖЕНИЕ Г.

Примеры цифровых двойников трех моделей мужских пальто

Мужская визитка

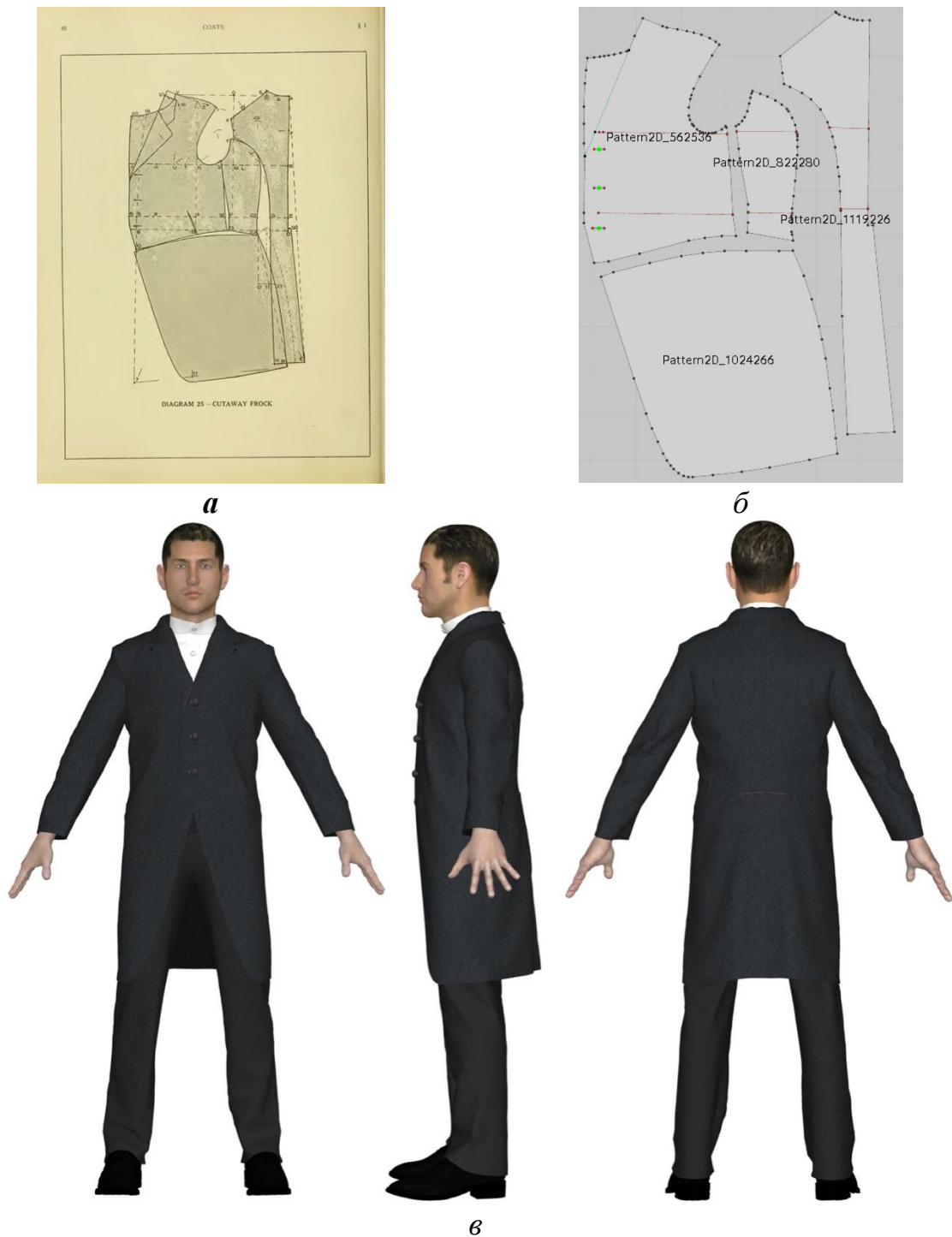
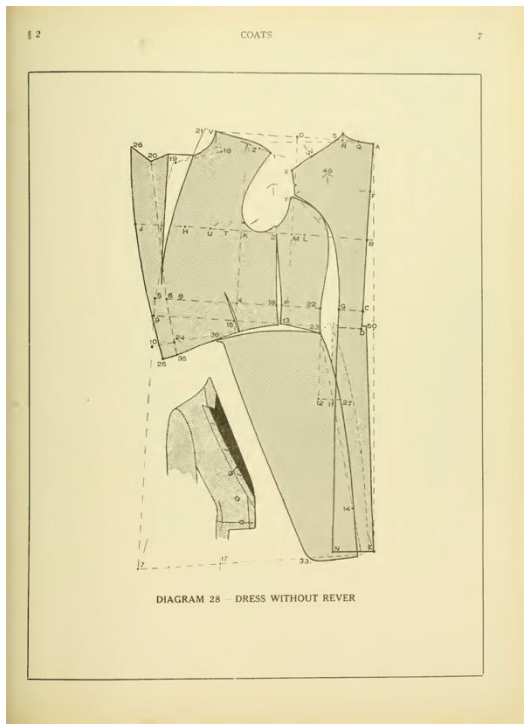
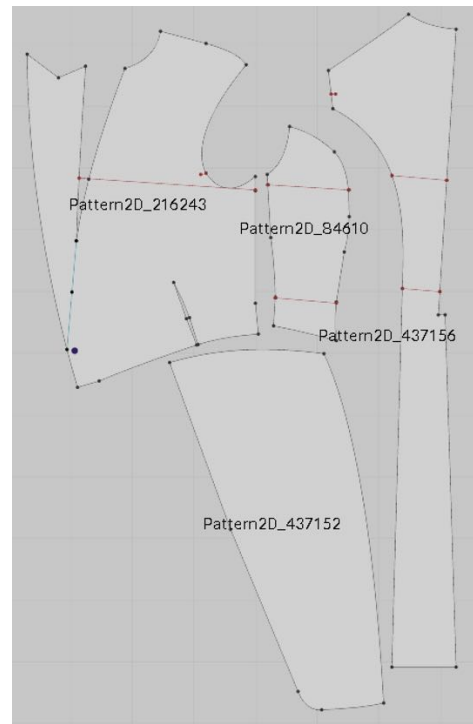


Рисунок В. 1 - Моделирование мужского выреза пальто: *a* - исторический чертежа; *б* - 2D чертежа в САПР; *в* - виртуальная система

Мужской фрак



a



б



в



Рисунок В. 2 - Моделирование мужского платье пальто: *a* - исторический чертежа; *б* - 2D чертежа в САПР; *в* - виртуальная система

Мужской сюртук

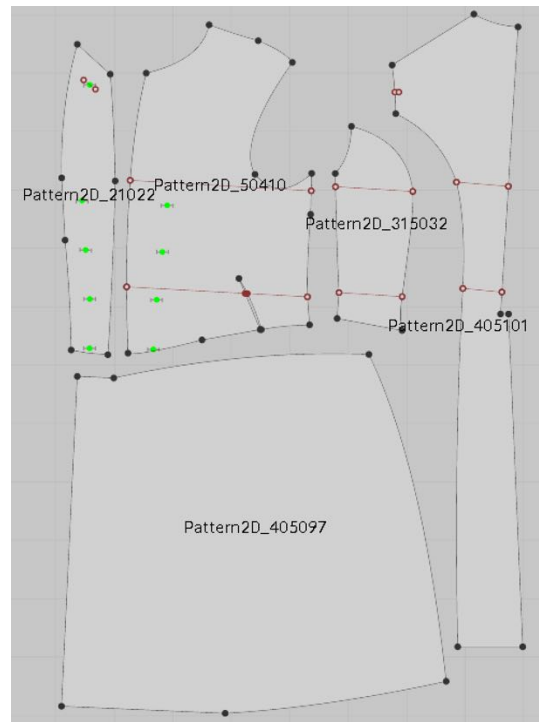
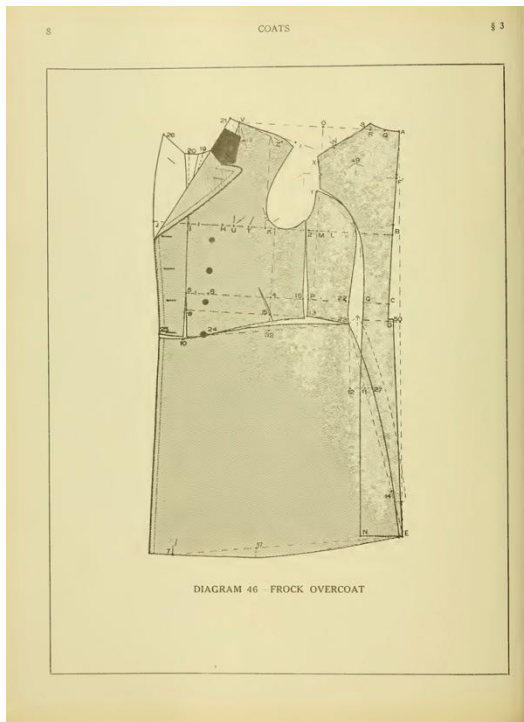


Рисунок В. 3 - Моделирование мужского сюртука: *а* - исторический чертежа; *б* - 2D чертежав САПР; *в* - виртуальная система

ПРИЛОЖЕНИЕ Д.

Уведомление о выставке в Министерстве Высшего Образования Российской Федерации



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Департамент государственной службы и кадров

27 - 29 ноября

ВЫСТАВКА ДОСТИЖЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ул. Тверская, 11 (7 этаж)

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИСТОРИЧЕСКАЯ
РЕКОНСТРУКЦИЯ

ПРОМЫШЛЕННЫЙ
ДИЗАЙН

ОДЕЖДЫ

ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
В МОДЕ



Научная школа исторической реконструкции и промышленного дизайна одежды (парадные мундиры российских профессоров, исторические костюмы, модная и высокотехнологичная одежда)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

Копия патента на промышленный образец



ПРИЛОЖЕНИЕ И.

Свидетельство о присуждении премии конкурса #УзнайРоссию



Второй Международный Конгресс волонтеров
познавательного туризма, культуры и медиа
«Живое наследие малой Родины»

Литературный фестиваль
#Узнай Россию. Донское слово

“The Living Heritage of the Motherland»

The Second International Congress of Volunteers for
Media, Culture and Cultural Tourism

Literature Festival #Discover Russia. Don word

Реализуется при поддержке



ФОНДА
ПРЕЗИДЕНТСКИХ
ГРАНТОВ



МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Правительства и
Общественной палаты
Ростовской области



членов Общественной палаты
Российской Федерации

ДИПЛОМ ПОБЕДИТЕЛЯ

международного дистанционного конкурса просветительского проекта # УЗНАЙ РОССИЮ

награждается

Чжан Шичао,

*Китайская Народная Республика,
за победу в конкурсе на лучший костюм
героя литературного произведения
выдающихся писателей и поэтов Дона и Приазовья,
направленного на изучение и популяризацию их творчества*

Л.А. Шафиров

член Общественной палаты
Российской Федерации

З. П. Болотова

вице-президент
ОМОО «Ассоциация почетных граждан,
наставников и талантливой молодежи»



2020 г.