

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи

程哲

Чжэ Чэн (Zhe Cheng)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МУЖСКОГО БЕЛЬЯ**

Научная специальность

05.19.04 Технология швейных изделий

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель -
проф., д.т.н. В.Е.Кузьмичев

Иваново – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|--|------|
| ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ | 6 |
| Список условных обозначений | 12 |
| 1 ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА МУЖСКОГО БЕЛЬЯ. .. | 15 |
| 1.1. Краткая история нижнего белья | 16 |
| 1.1.1. Виды мужского белья | 16 |
| 1.1.2. Существующие исследования мужского облегающего белья .. | 21 |
| 1.1.3. Современные рынки белья | 24 |
| 1.2. Современное белье и человеческое тело | 25 |
| 1.2.1. Антропометрическая характеристика подкорпусной части фигуры | 26 |
| 1.2.2. Размерные признаки, используемые для проектирования белья и брюк | 29 |
| 1.3. Современные технологии исследования комфортности белья .. | 31 |
| 1.4. Современные методы проектирования белья | 34 |
| 1.5. Влияние текстильных материалов на комфорт и дизайн белья | 37 |
| 1.6. Компьютерный дизайн одежды | 40 |
| 1.6.1. 2D-дизайн | 41 |
| 1.6.2. Технологии измерения фигур | 41 |
| 1.6.3 3D симуляция | 42 |
| Цель и направления диссертационного исследования | 44 |
| 2 ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТИВНАЯ БАЗА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ МУЖСКОГО БЕЛЬЯ | 46 |
| 2.1. Художественно-конструктивная база данных для дизайна мужского белья | 46 |
| 2.2. Структурный анализ белья | 48 |
| 2.3. Исследование предпочтений клиентов | 51 |
| 2.3.1. Общие результаты опроса потребителей | 54 |
| 2.3.2. Результаты национальных предпочтений | 61 |
| 2.3.3. Общие предпочтения | 70 |
| Выводы по главе 2 | 70 |
| 3 АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ДИЗАЙНА БЕЛЬЯ | 72 |
| 3.1. Особенности морфологии мужских фигур | 72 |
| 3.1.1. Влияние морфологии подкорпусной части торса на структуру белья | 72 |
| 3.1.2. Особенности таза | 73 |

| | |
|--|------------|
| 3.1.3. Особенности торса от талии до бедра | 75 |
| 3.1.4. Получение эффекта push-up. | 76 |
| 3.2. Методы для формирования антропометрической базы данных | 76 |
| 3.2.1. Бодисканирование фигур | 79 |
| 3.2.2. Определение точки промежужности | 82 |
| 3.2.3 Совмещение поперечных сечений. | 84 |
| 3.3. Формирование новой антропометрической базы | 85 |
| 3.3.1. Парамеризация вертикальных сечений через паховую область | 85 |
| 3.3.2. Новые размерные признаки | 88 |
| 3.3.3. Статистический анализ новых размерных признаков | 91 |
| 3.3.4. Новые размерные признаки в области талии | 93 |
| 3.3.5. Новые размерные признаки для лобковой части | 95 |
| 3.3.6. Новые размерные признаки для ягодиц | 98 |
| 3.3.7. Новые размерные признаки для бедра | 99 |
| 3.4. Новая классификация подкорпусной части торса | 102 |
| 3.5. Применение новых размерных признаков для конструирования белья | 105 |
| Выводы по главе 3 | 108 |
| 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КОМПРЕССИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 109 |
| 4.1. Приборы и методы исследования | 110 |
| 4.1.1. Материалы для экспериментов | 110 |
| 4.1.2. Методы и средства исследований. | 112 |
| 4.2. Испытание на мягком манекене | 116 |
| 4.2.1. Измерение давления в горизонтальных плоскостях | 116 |
| 4.2.2. Измерение давления в вертикальных плоскостях | 117 |
| 4.3. Измерение давления на мужских фигурах | 119 |
| 4.4. Анализ показателей свойств трикотажных материалов | 122 |
| 4.4.1. Методы и средства исследований. | 123 |
| 4.4.2. Параметризация показателей свойств трикотажных материалов | 126 |
| 4.5. Новые показатели для описания реальных ситуаций в системе «тело - белье» | 126 |
| 4.5.1. Анализ взаимосвязи между растяжимостью и усилием | 12 |
| | 6 |
| 4.5.2. Удлинение и сжатие материала | 130 |
| 4.5.3. Разработка показателя для оценки компрессионной способности трикотажных материалов | 131 |

| | |
|--|------------|
| 4.5.4. Группировка трикотажных материалов по их компрессионной способности | 133 |
| 4.5.5. Сравнение показателей компрессионной способности | 135 |
| 4.6. Математические модели для прогнозирования давления | 140 |
| 4.7. Проверка математических моделей | 146 |
| Выводы по главе 4 | 149 |
| 5 РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МУЖСКОГО БЕЛЬЯ | 151 |
| 5.1. Особенности конструирования брюк и белья | 153 |
| 5.2. Разработка нового метода конструирования белья | 158 |
| 5.2.1. Базовая конструкция. | 158 |
| 5.2.2. Базовая конструкция боксеров I типа | 159 |
| 5.2.3. Базовая конструкция боксеров II типа | 163 |
| 5.2.4. Базовая конструкция боксеров III типа | 165 |
| 5.3. Виртуальные двойники "мужская фигура - белье" | 167 |
| 5.3.1. Создание цифрового двойника белья | 167 |
| 5.3.2. Разработка цифровых двойников для сканаватаров | 169 |
| 5.3.3. Выбор цифровых двойников трикотажных материалов | 170 |
| 5.3.4. Тестирование цифровых двойников нижнего белья | 173 |
| 5.3.5. Моделирование эффекта push-up белья в виртуальной среде. | 177 |
| 5.4. Экспериментальная проверка в материале. | 182 |
| 5.4.1. Установление различий между боксерами разного типа | 182 |
| 5.4.2. Оценка эффекта push-up. | 183 |
| 5.4.3. Сенсорная оценка | 184 |
| 5.4.4. Измерение давления и верификация виртуального давления | 187 |
| 5.4.5. Проверка теоретических и фактических значений давления | 188 |
| 5.4.6. Сравнение разработанных конструкций с существующими | 189 |
| 5.4.7. Производственная проверка. | 190 |
| Выводы по главе 5 | 191 |
| ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ | 192 |
| Список литературы. | 194 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ I. Результаты аналитических обзоров, экспертных оценок и статистических обработок для главы 2 | 215 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ II. Результаты статистического и графоаналитического анализа мужских фигур | 218 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ III. Результаты испытаний трикотажных материалов | 223 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ IV. Результаты испытаний трикотажных материалов на комплексе KES и моделирования | 228 |

| | |
|--|-----|
| ПРИЛОЖЕНИЕ V. Алгоритмы построения чертежей конструкций и фотографии испытуемых видов белья | 238 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ VI. Акт производственной проверки | 244 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ VII. Анкета экспертного опроса | 245 |

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Благодаря появлению новых материалов и значительному расширению перечня его функций, мужское бельё стало одним из самых динамично развивающихся видов одежды. Назначение белья (повседневное, спортивное, коррекционное, для различных шоу и др.) влияет на художественно-конструкторские и материаловедческие решения. Главными показателями стали комфорт и антропометрическое соответствие морфологии подкорпусной части фигур, достижение которых невозможно без знания морфологии, возможных направлений ее функциональной или эстетической коррекции, основных направлений современного дизайна, механизма деформирования замкнутых оболочек из текстильных материалов.

Положительные результаты для совершенствования проектирования трикотажной одежды получены в исследованиях Г.И.Суриковой, О.С.Болдовкиной, В.Н.Филатова, Г.П.Старковой, Е.Г.Андреевой, А.В.Новиковой, З.Р.Ивановой, И.В.Тисленко. Зарубежные исследователи В настоящее время эти базы знаний требуют дальнейшего развития применительно к мужскому белью, которое может обеспечено применением информации, полученной с помощью новейших технических средств. Бодисканеры, как инструмент для измерения размерных признаков, уже использованы для разработки национальных антропометрических программ во многих странах (США, Великобритания, Франция, Китай, Мексика и др.) и совершенствования процесса проектирования систем "фигура-одежда", в частности, в работах Ло Юнь, Ли Юэ, Го Мэнны (ИВГПУ), И.А.Петросовой (РГУ имени А.Н.Косыгина). Другими направлениями в совершенствовании процесса проектирования являются использование методологии сенсорного анализа систем "фигура-бельё", результаты которого позволят гуманизировать принимаемые решения и повысить комфортность одежды, и перенос действий модельера-конструктора в виртуальную среду, в которой можно проводить виртуальные примерки и оценивать качество художественно-конструкторских решений до отработки моделей в материале.

Работа выполнена в 2013-2018 гг. на кафедре конструирования швейных изделий ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» по государственному заданию НИР № 2.2425.2017/4.6 на тему

"Разработка программного обеспечения для виртуального проектирования статичных и динамичных систем "фигура-одежда" и проведения виртуальных примерок одежды FashionNet". Работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.19.04:

1. Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования одежды на фигуры типового и нетипового телосложения;
5. Совершенствование методов оценки и проектирование одежды с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями.

Степень разработанности темы. До сих пор не существует универсальной методики конструирования мужского белья. Из-за деликатности предмета проектирования многие аспекты до сих пор не изучены и не систематизированы. Особенно часто проблемы возникают при проектировании коррекционного белья, предназначенного для изменения пластики мягких тканей фигур и когда необходимо согласовывать показатели свойств материалов с размерами и числом деталей конструкции. До сих пор основным показателем физико-механических свойств при выборе материалов является их растяжимость, определяющая принадлежность к определенной группе, но с помощью которой, однако, невозможно прогнозировать компрессионный (push-up) эффект. В существующий перечень размерных признаков включены только основные обхваты, которых явно недостаточно для проектирования белья с разнонаправленными контурными линиями. Очевидно, что все перечисленные аспекты - подкорпусная часть мужских фигур, трикотажные материалы, конструктивное устройство белья, ощущения потребителей при носке - должны быть рассмотрены с позиций расширения функций белья и обеспечения его комфортности.

Ключевые слова: мужская фигура, коррекция, бельё, трикотажные материалы, проектирование, конструкция, давление.

Целью работы является совершенствование процесса проектирования мужского белья.

Основные задачи работы. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить художественно-конструктивный анализ современных моделей мужского белья для установления границ возможных расположений

их контурных линий и линий внутреннего членения на поверхности подкорпусной части фигур;

- провести экспертные опросы потребителей белья разных антропологических типов из разных странах, чтобы установить перечень вопросов, требующих решений при его конструировании;

- провести исследования показателей физико-механических свойств трикотажных материалов в условиях, максимально идентичных тем, которые соответствуют их напряженному состоянию в реальном белье;

- изучить механизм возникновения компрессионного давления на мягкие ткани фигур под замкнутыми напряженными текстильными оболочками в условиях их одноосного растяжения и сдвига;

- установить предельные значения допустимого давления и деформации мягких тканей, которые могут быть достигнуты с помощью коррекционного белья;

- разработать новый показатель компрессионной способности трикотажных материалов и методику их выбора для мужского белья;

- провести антропометрические исследования мужских фигур разных антропологических типов в двух состояниях - в статике и после принудительной деформации мягких тканей подкорпусной части торса;

- разработать классификацию подкорпусной части мужских фигур и номенклатуру из традиционных и новых размерных признаков для построения чертежей конструкций белья;

- разработать новую методику проектирования мужского белья;

- провести апробацию методики проектирования мужского белья в компьютерной среде 3DClo с использованием цифровых двойников материалов, белья и систем "аватар-белье";

- провести промышленные испытания разработанных рекомендаций.

Объекты исследования – мужские фигуры разных антропологических типов, мужское бельё, трикотажные материалы, реальные и виртуальные системы «фигура (аватар) – бельё», процесс конструирования и виртуальной симуляции.

Предмет исследования – процесс проектирования мужского белья.

Методология и методы исследований. В работе использованы в качестве средств исследований реальных фигур и систем «фигура-одежда» бодисканер VITUSSmartXXL с программой *Athroscan 2014* (HumanSolutions, Германия), трикотажных полотен - измерительный комплекс для механических испытаний KawabataEvaluationSystemKES (Япония). Давление одежды на поверхность тела измеряли датчиком FlexForce с компьютерной программой для регистрации результатов (США). Генерирование и исследование цифровых двойников проводили с применением виртуального инструментария makeHuman и 3DClo. Для обработки результатов измерений использовали методы математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа (Excel, SSPS). Экспертные методы (метод опроса) были использованы для установления предпочтений потребителей и оценки сенсорных ощущений носчиков белья.

Научная новизна работы состоит в установлении механизма целенаправленного механического воздействия на подкорпусную часть мужских фигур для изменения ее пластики под влиянием конструкции белья и компрессионных свойств трикотажных материалов.

Впервые получены следующие научные результаты.

1. Установлена зависимость между одноосной растяжимостью трикотажных материалов и оказываемым им давлением на мягкие ткани мужских фигур и получены уравнения для прогнозирования величины давления.

2. Разработана номенклатура новых размерных признаков для описания подкорпусной части мужских фигур и получены их типовые сечения в средней саггитальной плоскости.

3. Установлены типологические границы изменения пластики мужских фигур под влиянием комплексного воздействия показателей свойств материалов и конструкции белья для получения эффектов пуш-ап.

4. Разработана новая классификация подкорпусной части мужских фигур, основанная на совокупности новых размерных признаков, необходимых и достаточных для построения чертежей конструкций деталей белья и проверки его комфортности.

Положения, выносимые на защиту.

1. Классификация подкорпусной части торсов мужских фигур.
2. Методика определения компрессионной способности трикотажных материалов.
3. Способ конструирования мужского компрессионного белья.
4. Алгоритм проведения виртуальных примерок с использованием цифровых деформируемых двойников фигур, трикотажных материалов в растянутом состоянии и белья, позволяющий идентифицировать напряженное состояние материалов и сжатие мягких тканей фигуры.

Теоретическая значимость работы состоит в обосновании графоаналитического метода построения плоских разверток мужского белья из трикотажных материалов с использованием новой совокупности размерных признаков, гарантирующего возникновение необходимого компрессионного давления белья на мягкие ткани фигуры.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке методики выбора трикотажных материалов, способа построения чертежей конструкций мужского белья с разным набором функций и алгоритма виртуальной примерки мужского белья.

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

Апробация результатов. Результаты работы доложены и получили положительную оценку на следующих конференциях: конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «ПОИСК» (Иваново, 2015); Всероссийской научной студенческой конференции (Москва, МГУДТ, 2015, 2016); международных конференциях AUTEXWorldTextileConference (Турция, Бурса, 2014; Бухарест, Румыния, 2015; Любляна, Словения; 2016, Корфу, Греция; 2017, Стамбул, Турция, 2018); международной научно-технической конференции (Витебск, Белоруссия, 2015); 45 InternationalConferenceonComputers&IndustrialEngineering (Мюз, Франция, 2015); Информационная среда вуза (Иваново, 2016); международной конференции Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference

AITAE 2018 (Mytilene, Lesvos, **Греция**, 2018); международной конференции TBIS (Wuhan, **Китай**, 2018).

Основные результаты работы опубликованы в 23 работах, включая шесть статей в российских журналах из перечня ВАК, трех статей в англоязычных журналах, входящих в базу WebofScience, 14 тезисах и материалах конференций, общий объем которых составляет 6,93 п.л. (личный вклад 3,63 п.л.).

Структура диссертации. Диссертация состоит из 5 глав, изложена на 248 стр., включает 25 таблиц, 102 рисунков, 7 приложений, 304 литературных источника.

Список условных обозначений

| | |
|---------------------|---|
| $Abd.D$ | – расстояние от выступающей точки живота до вертикали |
| BR | – проекционное расстояние между уровнем талии и паховой областью |
| BPB | – чертеж базовой конструкции ЧБК |
| BH | – точка в средней сагиттальной плоскости между ягодицами рядом с $sacrum$ или соссух |
| Cr | – паховая точка |
| Cr_H | – высота уровня промежности |
| CrL | – уровень паховой области |
| CL_F | – дуга через паховую область спереди от уровня талии WF через пиковую точку гениталий до паховой точки Cr |
| CL_B | – дуга через паховую область сзади от уровня талии WB до паховой точки Cr с учетом выступа ягодиц |
| Cr_{SL} | – расстояние от уровня талии до уровня паха сбоку |
| CP | показатель компрессионной способности трикотажных материалов |
| D_{FL} | – расстояние от уровня талии до уровня колена спереди |
| D_{SL} | – расстояние от уровня талии до уровня колена сбоку |
| E | – конструктивная прибавка |
| E_{max} | – максимальная растяжимость материала |
| E_{warp} | – максимальная растяжимость материала в продольном направлении |
| E_{weft} | – максимальная растяжимость материала в поперечном направлении, % |
| EMT | – полная деформация удлинения при нагрузке 500 сН / см на $KES-FBI$, % |
| F | – усилие растяжения, сН |
| FH | – точка на уровне бедер спереди |
| $F(x)$ | – усилие растяжения материала, сН |
| G | – жесткость материала при сдвиге на 8 град. на $KES-FBI$, сН/[см·(°)] |
| GL | – уровень максимальной выпуклости лобковой области |
| GF_H | – высота генитального пика, соответствующая привычкам ношения белья |
| GF_D | – расстояние от пиковой точки гениталий до вертикали |
| HL | – уровень линии бедер |
| H_G | – обхват бедер O_6 |
| H_H | – высота уровня бедер |
| HB_D | – расстояние от выступающей точки ягодиц до вертикали |
| H_{SL} | – расстояние от уровня талии до уровня бедер сбоку |
| $h_G = GF_H - Cr_H$ | – разница между пиковой точкой гениталий и уровнем промежности |
| $h_H = H_H - Cr_H$ | – проекционное расстояние между уровнями промежности и обхвата бедер |
| $h_T = Cr_H - T_H$ | – разница между уровнем промежности и уровнем обхвата бедра |

| | | |
|--------------------|--------------------|---|
| | $B_{\text{Обед1}}$ | |
| $h_W = W_H - NW_H$ | | – расстояние между уровнем талии и уровнем пояса |
| $K_{\text{компр}}$ | | – коэффициент компрессии трикотажного материала, кПа/% |
| $KES-FB1$ | | – прибор для испытания материалов на растяжение и сдвиг Kawabata |
| $KES-FB3$ | | – прибор для измерения толщины материалов Kawabata |
| $KES-FB4$ | | – прибор для измерения фрикционных характеристик материалов Kawabata |
| LC | | – коэффициент полноты диаграммы «сжимаемость – нагрузка» на $KES-FB4$ |
| LT | | – коэффициент полноты диаграммы растяжения/релаксации на $KES-FB1$ |
| MIU | | – коэффициент трения на $KES-FB3$ |
| MMD | | – дисперсия коэффициента трения на $KES-FB3$ |
| $N_{av.H}$ | | – высота пупка |
| NT_G | | – обхват бедра ниже паха $O_{\text{бед1}}$ |
| NT_G | | – наклонный обхвата бедра $O_{\text{бед.н}}$ |
| NW_G | | – обхват торса ниже уровня талии на уровне пояса $O_{\text{торс}}$ |
| NW_H | | – высота уровня пояса |
| P | | – давление, кПа |
| P_V | | – виртуальное давление, кПа |
| P_{body} | | – максимальное переносимое давление реальным человеком, кПа |
| P_{max} | | – максимальное давление, измеренное под растянутым материалом, кПа |
| $Q_{1...3}$ | | – квартиль в дискриптивном статистическом анализе |
| RR | | – реальная среда |
| RC | | – доля упругой деформации на $KES-FB3$, % |
| RT | | – доля восстановления упругой деформации на $KES-FB1$, % |
| r | | – коэффициент корреляции |
| R^2 | | – коэффициент детерминации |
| \bar{R}^2 | | – Adjusted коэффициент детерминации |
| $Sig.$ | | – уровень статистической достоверности гипотезы |
| $S (M, L)$ | | – торговая маркировка размеров фигуры и белья small (middle, large) |
| $S.D.$ | | – стандартное отклонение |
| SMD | | – шероховатость поверхности материала на $KES-FB3$, μm |
| $T_{1...18}$ | | – обозначения трикотажных материалов |
| T_0 | | – толщина ткани под нагрузкой $0,5 \text{ cH/cm}^2$ на $KES-FB3$, мм |
| T_m | | – толщина ткани под нагрузкой 50 cH/cm^2 на $KES-FB3$, мм |
| TL | | – уровень обхвата бедра |
| T_G | | – обхват бедра $O_{\text{бед}}$ |
| T_{SL} | | – расстояние от уровня талии до уровня обхвата бедра сбоку |
| VR | | – виртуальная реальность |
| WL | | – уровень линии талии |
| W_G | | – обхват талии O_T |

| | |
|----------------------------|---|
| W_H | – высота уровня талии $B_{лт}$ |
| WB_D | – расстояние от уровня талии сзади до вертикали |
| WC | – работа сжатия на $KES-FB3$, сН.см/см ² |
| WT | – работа растяжения на $KES-FB1$, сН.см/см ² |
| e | – основание натурального логарифма 2.718 |
| δ | – фактическая относительная ошибка |
| ΔE | относительное удлинение трикотажного материала при растяжении пробы 10 см, % |
| $\Delta B = CL_B - BR$ | – разность между дугой через паховую область сзади и проекционным расстоянием между уровнем талии и паховой областью для характеристики выпуклости ягодич |
| $\Delta F = CL_F - BR$ | – разность между дугой через паховую область спереди и проекционным расстоянием между уровнем талии и паховой областью для характеристики выпуклости лобковой части |
| $\Delta GW = GF_D - Abd.D$ | – проекционная разница между выступающей точки живота и пиковой точкой гениталий |
| $\Delta WH = WB_D - HB_D$ | – глубина талии вторая $\Gamma_{т2}$ |
| $\Delta(W_H - H_H)$ | – вертикальное расстояние между уровнями талии и бедер |
| $2HG$ | – гистерезис усилия сдвига по при угле 0,5 град. на $KES-FB1$, сН/см |
| $2HG5$ | – гистерезис усилия сдвига по при угле 5 град. на $KES-FB1$, сН/см |
| $Ш_{ш}$ | – ширина шага общая |
| $Ш_{шп}$ | – ширина шага спереди |
| $Ш_{шз}$ | – ширина шага сзади |

Глава 1. ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА МУЖСКОГО БЕЛЬЯ

Нижнее белье, как один из необходимых видов одежды, прошло длительный период развития, прежде чем сформировалась его современная форма. Когда люди сменили «юбочный» тип нижней одежды на белье, то они обнаружили, как нижнее белье изменило образ жизни людей и сделало трудовую деятельность более удобной и быстрой [192]. Структура дизайна белья отражает идеалы красоты и функционального назначения, манеру ношения и требования комфорта [190].

В ранние времена в европейской литературе мужское бельё называли «нижнее белье (undergarment)», «трусы (underpants)» или «нижнее белье (underclothes)». В начале 18 века, до начала Европейской промышленной революции, мужское нижнее белье в основном называли «набедренной повязкой». Мужское белье в Европе, Азии и Африке имеет существенное разнообразие ввиду отсутствия фиксированной структуры и отличия современного ежедневного нижнего белья. В 19 веке нижнее белье «Джонс бокс» (John's boxing underwear) (облегающие брюки) имело форму современного нижнего белья. В 20 веке нижнее белье стало более разнообразным благодаря появлению принципиально иных конструкций.

В настоящее время, с улучшением уровня жизни людей и растущим осознанием здорового образа жизни, комфорт и индивидуализация нижнего белья значительно расширили круг традиционных требований [85], а потребление мужского белья значительно увеличилось [110]. В настоящее время на рынке представлено большое разнообразие белья, его производство распределено по всему миру.

Мужское белье имеет хороший потенциал и перспективы развития в российской и китайской швейной промышленности. Кроме того, дизайн современного мужского белья, ориентированный на комфорт, моду, кастомизацию, достижения науки и текстильного материаловедения, способствует его развитию в направлении инновационности и разумности

[249]. Мужское белье отличается от женского белья по художественно-конструктивным решениям из-за особенностей морфологии мужских половых органов и пластики фигур, что требует дифференцированного подхода к его конструированию.

Функции современного мужского белья значительно шире, чем традиционное прикрытие и утепление: они дополнены концепциями дизайна, необходимостью корректировки пластики фигуры, индивидуализации и демонстрации мужского очарования и мужественности. Мужское белье стало более визуально выразительным и многофункциональным [111], подчеркивает характеристики мужского тела благодаря влиянию популярных трусов-боксеров на спортивном международном уровне с пуш-ап эффектом [189]. Сейчас все больше и больше мужчин начали уделять внимание красоте нижнего белья и своим физиологическим ощущениям во время ношения, поэтому белье становится более сложным конструктивно, в том числе и для достижения корректирующих эффектов.

Однако, на рынке Китая и России ассортимент белья еще не включает все возможные характеристики или даже до некоторой степени пока еще присутствует пренебрежительное отношение к условиям комфорта. Поэтому, на основе тенденций развития нижнего белья за рубежом необходимо создать базу для китайского и российского рынков путем изучения нового разумного дизайна белья.

1.1. Краткая история нижнего белья

1.1.1. Виды мужского белья

«Набедренная повязка (Loincloth)» появилась семь тысяч лет назад [76]. Средневековые «Браи (Braies)» - это разновидность брюк, носимые кельтскими и германскими племенами и европейцами впоследствии в Средневековье [79]. Костюм union - это тип длинного цельного нижнего белья, который был создан в Ютика, Нью-Йорк, около 19-го века [78]. Долго «Джонс

(Johns)» были впервые введены в Англии в 17 веке, но они не стали популярны, как пижамы до 18-го века [77]. А.Кнейблер впервые разработал дизайн белья силуэта «Y» в 1934 году и представил новый вид плотного, короткого белья с перекрывающейся Y-передней вставкой [74].

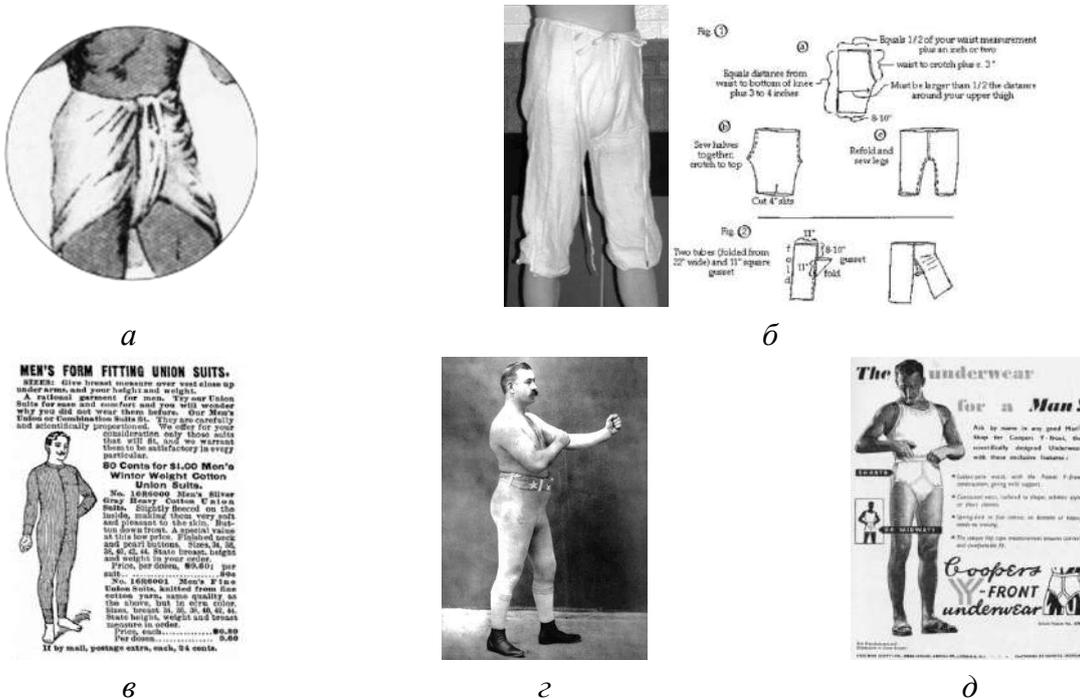


Рисунок 1.1 – История мужского белья: а – набедренная повязка; б – б्राи; в – нательный костюм 1902, Сирс Робак; г – «Джонс (John's)»; д – «Y» трусы

Современные стили мужского белья постепенно развиваются и появляются новые, и белье стало одной из самых быстрых инновационных частей рынка мужской одежды [68]. Виды мужского белья включают различные виды одежды которые зависят от функций и применения (повседневное, спорт, формирующее и т.д.). Потребительский спрос охватывает многие аспекты, такие как рыночная привлекательность, бренд, уникальность [64], возможность учета особенностей морфологии тела [148], а комфорт в носке занял приоритетное место [9]. Нижнее белье также может обеспечить тепло в качестве дополнительного слоя и защитить верхнюю одежду от пота и выделений из трансспирационных отверстий. Для мужчин, в частности, нижнее белье действует как базовый слой, чтобы обеспечить поддержку анатомии нижней части торса.

Динамичный рынок белья включает более 10 категорий (рисунок 1.2):

1) боксерские брифы «*Boxer-Briefs*» - короткие и плотно облегающие трусы-боксеры, полностью покрывающие бедра и верхнюю часть бедра с функциональным дизайном;

2) боксеры «*Boxers*» - длинные боксеры, очень плотно прилегающие, покрывающие покрывающие бедра и большую часть бедра и с функциональным дизайном;

3) боксерские шорты «*Boxer Shorts*» - похожие на домашнее нижнее белье, свободные, длинные или короткие, как правило, имеют застежку спереди из тканей и иногда из эластичных материалов без функционального дизайна;

4) брифы «*Briefs*» - плотно прилегающие трусы «треугольник», частично покрывающие бедра и(или) с функциональным дизайном;

5) бикини «*Bikinis*» - плотнооблегающие плавки;

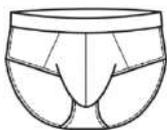
6) стринги «*String*» - белье, включающее пояс и вставку спереди для покрытия гениталий и не закрывающее ягодицы;

7) стринги(G-Стринг) «*Thong (G-string)*» - белье, предназначенное для покрытия гениталий, ануса и промежности, и не закрывающее ягодицы;

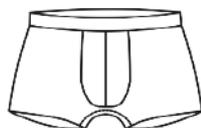
8) стринги-бикини «*Jockstraps*», - спортивное белье для поддержки мужских половых органов для велосипедных прогулок, контактных видов спорта или другой энергичной физической активности.

Мужское бельё может выполнять следующие функции.

1) компрессия мягких тканей со слабой коррекцией для создания комфорта за счет структуры, свойств материалов и плотного облегания; в последние годы становится более и более популярным;



Брифы



Боксеры-шорты



Боксеры-брифы



Боксеры



Рисунок 1.2 – Основные типы мужского нижнего белья

2) коррекция пластики фигуры, направлена на оформление передней части и ягодиц. Достигается за счет увеличения плотности прилегания к гениталиям, чтобы повысить комфорт в динамике и статике, за счет конструкции вставки (количество деталей и конфигурация контуров) и(или) специальной вставки внутрь (мешочка), имеющего “яйцевидную” форму в готовом виде. Эффект «пуш-ап» (“*Push-up*” или лифтинг) известен с 16 века в женских корсетах для изменения формы женских грудных желез.

Рисунок 1.3 – Эффекты Push-up в женском бюстгальтере (*a*) и мужском белье (*б, в*)

Поскольку изменились идеалы красоты мужского тела, то эта функциональная концепция на рынке белья стала также популярной. Так называемый лифтинг спереди достигается через особенный дизайн передней части (рисунок 1.3, *б*). Конструкция передней части состоит, как правило, из двух частей для отделения гениталий от бедер, предотвращения трения и уменьшения потоотделения. Форма передней вставки «cup», напоминающей форму птичьего яйца, похожая на чашечку бюстгальтера, и в основном благодаря своей уникальной структуре, подтягивает половые органы (рисунок 1.3, *б*).

Функция пуш-ап «*push-up*» чаще применяется в спортивном нижнем белье из-за очевидного трения между гениталиями и внутренней поверхностью бедра во время движения. Поэтому потребность в регулировке и усилении поддержки половых органов нижним бельем обеспечивает защитное воздействие при движении, предотвращает травмирование и укрепляет здоровье. Похожий эффект достигают сзади, приподнимая ягодицы (рисунок 1.3, в).

На рисунке 1.4, а,б показаны варианты структурных характеристик белья, сгруппированные по положению верхнего края (пояса): высокое «*high-rise*», среднее «*mid-rise*» и низкое «*low-rise*»; как правило, среднее положение верхнего края находится ниже уровня талии на 4...10 см, а самое низкое положение составляет 10...20 см. На рисунке 1.4, в, показаны варианты длин шаговых швов боксеров: со швом 0...3 см, 6...8 см и более 8 см. Длина бокового шва (рисунок 1.4, г) зависит от положения пояса и площади покрытия бедер: трусы отличаются по длине боковых швов.

Для соединения деталей передней части и по низу обычно используют цепные краеобметочные, цепные плоскошовные стежки от двух до пяти ниток, получаемые на одноигольных или двухигольных швейных машинах (рисунок 1.5).

Необходимые функции мужского облегающего белья могут быть достигнуты через структурный дизайн и использования трикотажных полотен со специальными показателями свойств [140].



промежности, чтобы разделять мужские половые органы и бедра, их поддерживать (приподнимать) и улучшить комфорт, но это был простой чехол, похожий на треугольный карман. В 1938 г. Ф. Чатфилд [17] разработал «U-тип» мешочек с узким отверстием в верхней части (в районе пояса), который похож на сегодняшний «Y-тип» белья и имеет отдельную часть в виде ромба (ластовицы) в промежности. В 1965 г С. Casey [33] конструировал "подъемное" нижнее белье с механическим поднятием нижней части переднего мешка «А-типа», которая имела верхнюю пряжку на переднем поясе и регулировала высоту подъема. В 1970 г. С. Дж. Атли [92] конструировал нижнее белье с минимальным дискомфортом и неудобством. В 1979 г. Х. Г. Дитц [67] позаимствовал чашку из структуры женского бюстгалтера, а верхняя часть чашки имела два ремешка, как бюстгалтер, для поддержки и защиты мужских половых органов. В 1995 г. В. Брокс [214] спроектировал «современное» нижнее белье, все края и швы снабжены эластичными полосками (панелью), чтобы снизить деформацию, вызванную ношением. В 2011 г. С.Р. Cutlip и Т.В. Китч [158, 215] разработали чехол «грушевидной/*pear-shaped*» формы спереди: более низкая оконечность мешка удлиняется к промежности для покрытия мошонки и промежности.

2) Изменение структуры белья. В дизайне белья, помимо ткани, его структура является значительным фактором. За счет улучшения структуры передней части, введения внутреннего и бокового швов комфорт мужского белья может быть улучшен.

3) Проведение научных исследований белья. У. Алдрич [1] опубликовала книгу «Метрическое конструирование мужской одежды» (1990), в которой приведена лишь одна конструкция белья, но достаточно простая. А. Хаггар [63] представил систему женского белья и обтягивающей одежды, но в ней шаблонов мужского белья. В Японии, с 1940 года, проводят исследования белья и разработки продуктов для японских предприятий, чтобы обеспечить полезную технологическую платформу для их развития [264]. Накадзава [139] в книге «*The Human Body and Clothing: Structure of The*

Human Body, Elements of The Beauty, Pattern Block» (1996) показал взаимосвязь между одеждой и человеческим телом, сделал подробный анализ теории структуры дизайна.

Y. Jianrong, C. Jianliang [16, 229, 230, 231] опубликовали четыре книги о мужском и женском белье. Соединив конструкцию, классификацию и этапы производственного процесса, они разработали 10 конструкций белья. Однако, некоторые из описаний очень расплывчаты, что не очень удобно для начинающих конструкторов. С. Yuehua [24] в книге «*GarmentPatternBlockDesign»* (2007) изложил принципы дизайна мужского белья, включая простой и уникальный метод проектирования. Тем не менее, многие данные являются неточными и эмпирическими и не гарантируют качественные конструкции для всех вариантов фигур. D. Pengju [37] привел схему конструирования мужского белья, способ отличается от Y. Jianrong и C. Jianliang, но все равно не устранил многих проблем. С. Lifang [15] изложил метод конструирования, похожий на метод У. Алдрич.

W. Chengfang, X. Fuping и Z. Tierui [200, 224, 244] для оптимизации и улучшения базовой структуры мужского белья изучили особенности промежности и тазобедренных суставов, после чего была частично оптимизирована структура мужского белья. З. Лисинь [263] изучал особенности морфологии нижних конечностей, проанализировал различные конструкции и формы белья и представил некоторые предложения по улучшению конструкции. Т. Бонан [188] с использованием субъективных и объективных методов провел комплексные исследования и получил следующие рекомендации для структуры белья для молодого мужчины-студента колледжа: (1) прогиб средней линии передней части 2 см, ширина шага спереди 2,5 см, ширина шага сзади 4,5 см; (2) прогиб средней линии передней части 1,5 см, ширина шага спереди 3 см и ширина шага сзади 4,5 см.

Как было сказано, знаменитый эффект пуш-ап был впервые применен для спортивных боксеров [189]. Теперь, больше и больше мужчин начали уделять

внимание визуальной красоте белья и удовлетворению эстетических и физиолого-психологических потребностей [254].

1.1.3. Современные рынки белья и производства

Основной вид современного мужского белья появился в Китае в 1970-1980-е гг. в крупных торговых центрах [47]. С 1990-х гг. китайский рынок мужского нижнего белья начал входить в стадию развития. Китайская и зарубежная швейная промышленность начала торговать на биржах, большое количество международных брендов обогатило мужское белье цветом, рисунком и типом [268]. После 2000 гг. появилось функциональное нижнее белье, термальное нижнее белье, нижнее белье с элементами улучшения здоровья, кроме того появилась реклама нижнего белья. В 2009 г. расходы китайских мужчин на потребление белья составили: у 39% - 500...800 юаней в год, у 19,3% - 800...1500 юаней в год, у 11,6% - больше чем 1,500 юаней в год. Показано, что уровень жизни людей улучшается, продукция отличного качества и разнообразных стилей имеют много рыночного пространства. С 2010 г. стала учитываться персонализация мужского нижнего белья.

В соответствии с анализом отчета стратегического планирования рынка нижнего белья в 2015-2020 гг. за более чем десять лет китайская индустрия нижнего белья постепенно улучшалась и совершенствовалась. В настоящее время Китай имеет более чем 3000 производств нижнего белья и 20...30% годового темпа роста. В 2014 году только китайский рынок нижнего белья (включая женское и мужское нижнее белье) потреблял более 20 миллиардов долларов в год и годовой темп роста почти на 20% [96], мужской рынок нижнего белья занимал только одну шестую от женского. Производственные мощности мужского белья по сравнению с женским бельем составляет всего 1/6 и имеют большой потенциал развития [23,48].

Более того, по данным “Китайской шестой Национальной переписи 2010 года” [25], на долю мужского населения приходилось 51,27%, около 690 млн.

человек. Покупательная способность 15...34-летних мужчин составляет примерно 15,47%, это почти 197 миллионов человек; женщины составляют примерно 15,21%, это почти 194 миллиона человек, мы видим, что мужчины были более значительны в расходах, чем женщины.

Международная индустрия нижнего белья быстро развивалась в течение последних двух десятилетий и с каждым годом росла все более высокими темпами. В течение последнего десятилетия потребительский спрос на нижнее белье рос в глобальном масштабе [167].

1.2. Современное белье и человеческое тело

На протяжении многих лет, из-за важности белья и сложности нижней части туловища человеческого тела, одежда постоянно находится в центре внимания исследователей и теоретических исследований, как сделать структурный дизайн белья более адаптированным к различным мужским телам. Требования людей красоты и комфорта вносят изменения в принципиальные схемы профессиональных исследований белья от просто к сложному.

С. Шимин и другие [176] изучили и подробно описали на примере чертежа брюк соотношения между параметрами тела и шириной шага и взаимосвязь между их параметрами. З. Гуаняо[261] использовал метод разрезания оболочки одежды вокруг фигуры для анализа деформации брюк и некоторых основных размерных признаков, получил количественную основу для оптимизации брюк. З. Венбин [247] объяснил метод функционально-вариабельной конструкции брюк в зависимости от разницы между обхватами бедер и талии и ширины шага. В других работах [118, 182, 211, 256, 258] изучены проблемы адаптации чертежей конструкций брюк в зависимости от движений, изменения кожных покровов, телосложения в зависимости от степени облегаемости брюк и применяемых материалов. Также получены данные об удлинении кожи на различных участках тела в разных

позах, которые необходимы для описания эластичности одежды.

Японские ученые начали изучать эту область раньше: в 1981 г. Койке [103] использовал гипсовый метод и контурный метод Мура для анализа движений нижних конечностей и деформации кожи. В 1996 г. Накадзава [139] изучил с точки зрения анатомии человек, деформации в конструкции брюк из-за движений. В 2000 г. [186] был проведен качественный анализ движений и деформаций кожи «*Newclothesandthehumanbody*».

1.2.1. Антропометрическая характеристика подкорпусной части фигуры

Исследования нижнего белья или брюк для мужчин в основном сосредоточены на нижней форме тела человека - ягодицах, пояснице, ягодицах и т. д. Нижние конечности имеют широкий диапазон движений. Для изучения структуры белья мы можем начать с прототипа структуры коротких брюк.

В структуре конструкции брюк особенности нижней части тела человеческого тела тесно связаны с комфортом ношения. Если она сконструирована неправильно, то движения владельца будет затруднены. Рисунок 1.6 показывает распределение функциональных области нижней части тела: область опорной поверхности (*applicationzone*), область движения (*actionzone*), свободная область (*freezone*) и область дизайна (*designzone*).

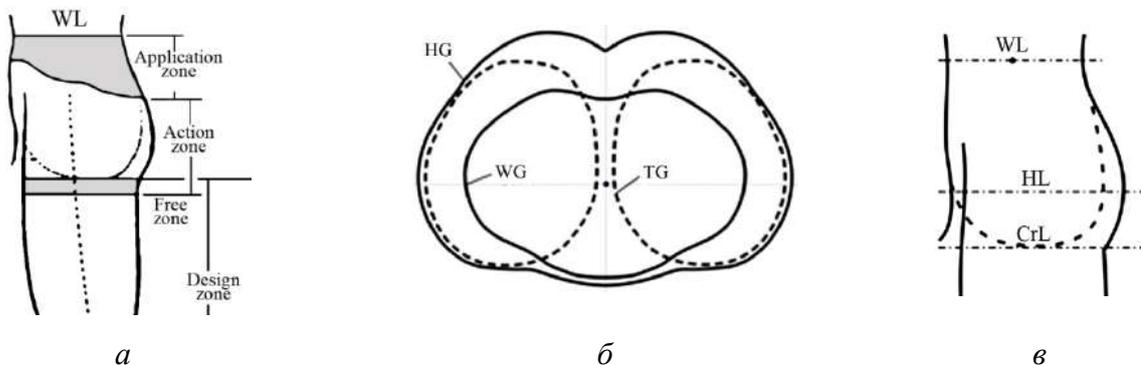


Рисунок 1.6 – Форма подкорпусной части торса: а – зона нижних конечностей; б– сечения; в– профиль [139]

Для конструирования белья необходимо изучить топографию опорной поверхности и области максимальной деформации в зоне движения (рисунок 1.6, а) - передняя часть живота, ягодицы и область до уровня промежности. Для мужского белья наиболее сложной является интимная область «ягодицы - внутренняя поверхность бедра», имеющие различные обхваты и морфологические характеристики. Как видно из сечения тела (рисунок 1.6, б), доли распределения талии спереди и сзади сбалансированы, но объем ягодиц обратно более значим, чем передняя часть обхвата бедер.

Движение суставов тела вызовет деформацию кожи по горизонтали и вертикали, величина растяжения кожи может влиять на форму одежды и облегчить дизайн одежды [237]. В настоящее время ученые изучили деформацию кожи в динамике человека. Как известно, кожа человека может деформироваться от 20 до 200% во время физических движений. Ю. Сумико [178] проанализировал специфические требования к одежде на различных спортивных изменениях. А. Йошио [234,235] исследовал скорость растяжения поверхности кожи во время упражнений на основе данных о суставах человеческого тела. Д. Танакав [40] установил, что с возрастом деформация кожи изменяется при растяжении. W. Weiping [206] изучал структуру брюк и измерял динамику изменений кожи в нижней части тела. В. Янчжень [208] протестировал деформацию нижней части кожи тела на уровне ошибки $\pm 7\%$ и установил пределы горизонтального и вертикального деформирования кожных покровов при беге $-60...+40\%$. В. Тингьян [247] при испытаниях нижней части тела в беге - талия (живот) и бедро - установил диапазон $-48...+36\%$. З. Ли [218, 255] изучил, что напряжение кожи при изгибе ноги на 90° и приседании на корточки приводит к ее деформации на $-15,08...+24,22\%$ по горизонтали и $-20,54...+26,48\%$ по вертикали.

Экспериментально было обнаружено, что деформация кожных покровов различна для каждой области нижней конечности или упражнения. При ходьбе или беге области с наибольшими изменениями в основном сосредоточены в бедре и колене, при приседании - в коленях и ягодицах, а

также сжатие в области живота и передних бедер (паха).

В настоящее время классификации типов фигур, как правило, включает все особенности всего тела. Например, китайская классификация включает типы *У* (стройный), *А* (типичный - стройный), *В* (типичный с избыточным весом), *С* (избыточного веса) соответствует разница в груди и талии обхват [144]. В Японии 7 типов мужских фигур *У, УА, А, АВ, В, ВЕ* [27]. Европейская классификация (Франция, Германия и т.д.) имеют цифровую индексацию 38, 40...62, основанную на большем числе измерений. Большинство стран имеют свои стандартные размеры, но они отличаются из-за своих географических, экономических и иных различий [50].

Классификации основаны на сравнении основных размеров: окружностей талии, бедер и груди, а разница между ними наилучшим образом отражает характеристики формы тела [34].

Очевидно, что традиционная классификация белья, основанная на значениях обхвата талии, не непригодна для описания деталей конкретных частей, таких как половые органы и выпуклость ягодиц.

1.2.2. Размерные признаки, используемые для проектирования белья и брюк

Размер одежды и белья, как правило, обозначают как *S, M...* или *170/88A*, но в перечне размерных признаков нет некоторых критических размерных признаков, которые отражали бы морфологию подкорпусной части фигур [104]. Поэтому разные методики имеют общую схему выполнения чертежей [151]. Иногда размерные обозначения различаются между брендами и стилями, [72].

Кроме того, схожие способы идентификации белья и классификации мужских фигур не могут объяснить конструктивные особенности различных стилей [169]. Потребители с отличительными физиологическими характеристиками и различными размерными признаками вынуждены использовать одинаковые размерные шкалы [133]. Белье нельзя примерить

перед покупкой, чтобы контролировать посадку и комфорт. Потребитель нуждается в дополнительной информации об особенностях и конструкции белья, чтобы быть уверенным в комфорте.

З. Пинг [270, 271] проанализировал ягодичы, ширину промежности и подъем тела нижнего туловища человеческого тела и обосновал значения конструктивных прибавок для брюк. Я. Нянь [225] на основе анализа размеры талии, ягодич, промежности мужского тела обосновал конструктивные прибавки для мужских плотных шорт. Г. Иуэн [58] исследовал вертикальные размерные признаки нижней части туловища и высоты промежности и обосновал их использование в чертеже брюк. Ч. Цуйхуа [240] предложил для нижней части туловища размерные признаки - длину и ширину промежности и т. д. - для 3D-проектирования. А. Петрова [147] на основании многочисленных измерений мужских фигур разбила их на 3 группы по форме тела (прямые, средние, полные) по соотношениям обхватов бедер и талии. Ю. Чен[20] выбрал 6 размерных признаков из 21 возможных, благодаря чему разработал метод проектирования трех типов брюк. Ч. Чжунки [253] на основе 49 измерений показал, что по двум показателям - разность в тазобедренном суставе и высота талии/пояса - можно классифицировать подкорпусные части торсов на пять видов. З. Тайруи[243] оптимизировал систему размерных признаков - обхват талии, длина промежности - для описания формы ягодич с целью проектирования мужского белья.

Х. Сюджан [81] после измерения талии, параметров ягодич и длины промежности у 50 спортсменов и разработал соответствующие конструкции бесшовного белья для ездового спорта. Л. Донг [117] проанализировал обхват бедер, степень наклона профиля ягодич и разработал метод для проектирования брифов. Подобные исследования по оптимизации чертежей конструкций белья на основе новых размерных признаков были выполнены и другими исследователями [19, 170, 171, 199, 250, 260].

Ф. Фэн [52] предложил схемы модификации чертежей вставки (рисунок 1.7,а), используя рост, обхват талии, длина промежности.

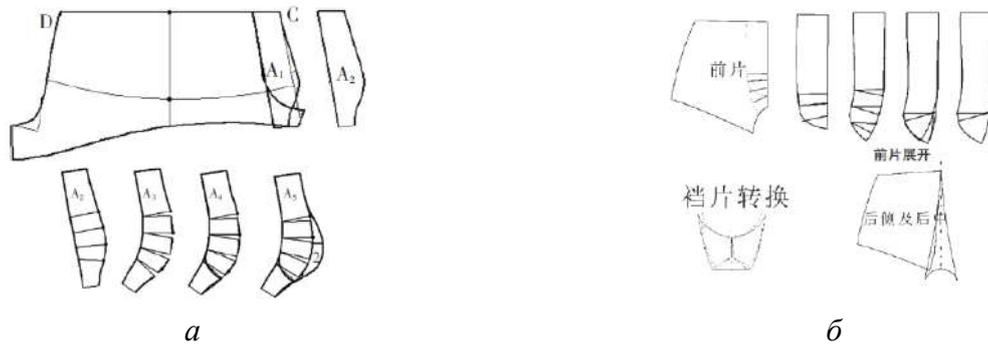


Рисунок 1.7 – Моделирование шаблонов белья: а – моделирование передней вставки[52]; б – моделирование передней части и ластовицы [177]

С. Жаовей [177] (рисунок 1.7, б) методы модификации деталей белья, используя расстояние от талии до ягодиц и ширину промежности мужского тела.

Л. Пан [125] после измерения 13 размерных признаков, характеризующих талию, ягодицы, живот, бедра для 121 фигур разработали новые конструкции брюк, для проверки которых применили сенсорный анализ. Подобные результаты описаны в работах [13, 57, 179, 201, 226, 265].

1.3. Современные технологии исследования комфортности белья

Комфорт одежды стал одной из ведущих характеристик современного потребительского спроса [60], все больше внимания уделяется современному мужскому белью для фитнеса и комфорта, потому что при ношении белья оно неизбежно будет производить давление [205]. Процессы деформации материала белья будут вызывать давление на фигуру. Если материал сможет приспособиться к деформациям кожных покровов, то возникнет чувство комфорта; с другой стороны, если материал препятствует движениям, то ощущения будут дискомфортными [59]. Поэтому растягивающие свойства трикотажного белья играют существенную роль для функциональности и комфорта нижнего белья [204].

В целом, при выборе отрицательной конструктивной прибавки для облегчающей одежды нужно учитывать удлинение материала белья [106]. Поэтому необходимо изучать давление белья на мягкие ткани.

До сих пор, по нашей статистике, большинство исследователей применяют прямые измерения давления с помощью датчиков «АМИ воздушная подушка» (Япония) и «FlexiForce A201 тонкопленочный датчик» с «WirelessELFSystem» (США), показанные на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Приборы для измерения давления

Метод прямого измерения давления на теле человека считается самым эффективным, поскольку он может быть совмещен с сенсорным анализом [3].

Исследование давления одежды имеет долгую историю, начиная 16 века, и появлению женских корсетов. Е. М. Краутер [28] изучил и установил, что длительное ношение облегчающих джинсов не только приведет к физической деформации, но и вредит здоровью человека. М. Дж. Дентон [38] изучил взаимосвязь между комфортом и давлением плотно прилегающей одеждой и установил допустимое максимальное среднее давление 2,68 кПа. Тело будет чувствовать дискомфортное давление одежды между 5,88...9,80 кПа, которое близко к кровяному давлению в капиллярах, поэтому самый оптимальный диапазон равен 1,19...3,19 кПа, эти данные в настоящее время общеприняты и используются в исследованиях. Дж. Клот [101] после применения терапии давления в медицине установил, что приложение давления к гипертрофическим ожоговым шрамам предотвращает венозную дилатацию, уменьшает вероятность затромбирования, улучшает циркуляцию крови [22], [174, 228]. Н. П. Желтый и др. [56] после измерения давления под одеждой установил допустимые значения 1,99 до 4,39 кПа для мягких участков и 6,27

до 11,99 кПа для участков над костными образованиями в лечении гипертрофических рубцов.

Позднее начаты были исследования для эластичных материалов [131] с позиций его влияния на физиологические и психологические аспекты человека [173]. М. Н. Салах [161] разработал модель прогнозирования давления под одеждой для медицины. А. Вурускан и С. П. Ашдаун [196] после измерения давления в одежде велосипеда с помощью датчика АМІ установил, что самое большое давление возникает в области пояса и согнутых ног.

О. Шизу [140] измерил давления в 12 позах человеческих фигур в статике и динамике и установил допустимые диапазоны давления в брюшной полости 3,53...6,37 кПа, около талии 3,18...4,81 кПа. Хорино и др. [73], имитируя давление на цилиндре, экспериментально установил, что снижение давления может быть связано со сжимающей деформацией тела.

Харада [65] исследовал взаимосвязь между растяжением кожи и удлинением ткани в зависимости от радиусов поверхности участков фигур и установил, что участки с более малыми радиусами (например лодыжки и запястья руки) требуют меньшего растяжения ткани для достижения необходимого давления. Х. Макабе и др. [131] изучали субъективное восприятие комфорта и объективное измерение давления под различными бюстгальтерами и облегающими брюками в динамическом и статическом положениях. Они установили, что три области - перед талии, верхняя и нижняя части ягодиц – чувствительны к дискомфорту, если давление составляет для ягодиц 4,00...5,33 кПа, а талии 2,46 кПа.

С. Ватануки и А. Инамура [83, 211] протестировали количество сердечных выбросов (в левом желудочке или правом желудочке в аорту или легочные артерии в минуту) в трех различных позах лежа, сидя и стоя после ношения облегающих брюк. Большое давление сердечного выхода показало линейную зависимость со степенью облегания. Однако, сердечные выбросы были значительно снижены в лежачем положении и сидя. Наибольшее давление было зафиксировано в паху.

Н. Ито и др. [84] изучил влияние двухосного растяжения ткани на давление под облегающими брюками. Было отмечено, что значения комфорта в области ягодиц, сбоку и на бедрах достигнуты при 0,8, 1,3 и 0,9 кПа. Ю. Нагаяма [136] также исследовал влияние облегающих брюк на организм человека, измеряя артериальное давление, частоту сердечных сокращений и записывая электрокардиограмму; установлено, при значительном повышении давления брюк изменяется частота сердечных сокращений и наблюдаются некоторые изменения в нервной системе. М. Накахашаи и др. [138] обнаружил, что кровоток в ногах, как правило, уменьшается с увеличением давления. Д. Танака и др. [181] исследовали влияние давления пояса на изменение кровотока кожи: кровоток кожи увеличивался, когда давление материала находилось в диапазоне 1,99...3,33 кПа.

Подобные исследования на основе сенсорного анализа описаны в работах [102, 137, 165, 180, 233].

В Китае Л. МинаСя [126] и В. ДжинЦзы [203] установили интервалы переносимого давления: в области пояса белья 1,73...5,93 кПа, в области ягодиц и колена были 1,65...3,93 кПа; однако, больше 70% людей считают приемлемым давление 2,20...3,00 кПа. У. Шицзя [236] рекомендует среднее значение давления для бесшовного нижнего белья 0,98 кПа, а Ж. ЗиМина и др. [90, 91, 267] - 0,32...1,46 кПа.

Ж. ВаяШиша [239] после испытания 26 видов тканей установил, значение давления увеличивается с увеличением удлинения, а давление уменьшается по мере увеличения радиуса кривизны цилиндра.

З. Лин [241] и Л. ХуаШань [123] установили, что одежда среднего давления может способствовать облегчению мышечной усталости, в то время как одежда высокого и низкого давления не снимает мышечную усталость и даже вызывает усталость и рекомендовали следующие интервалы: мышцы плеч 2,57...3,41 кПа, рука 2,33...3,03 кПа, предплечье 2,19...2,89 кПа, обхват бедер спереди, сбоку, сзади 0,50...0,78 кПа, 0,40...0,70 кПа, 0,40...0,65 кПа, ягодицы 0,78...1,29 кПа.

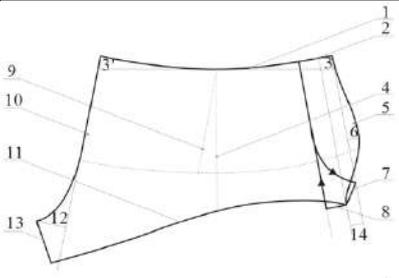
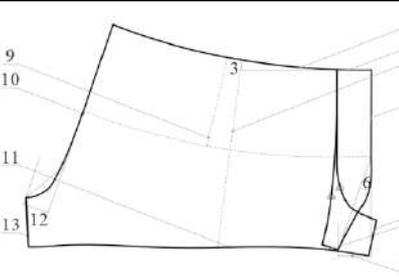
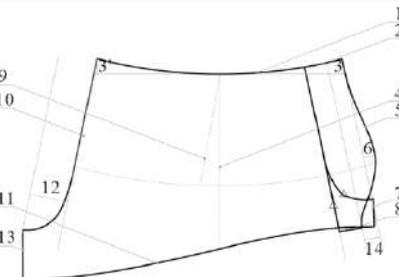
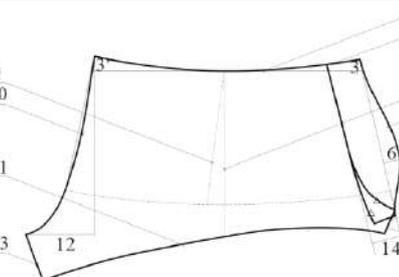
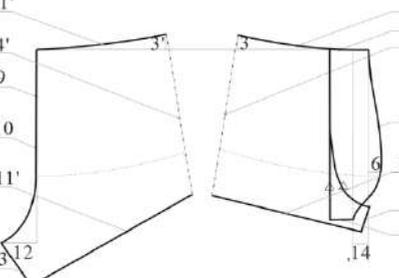
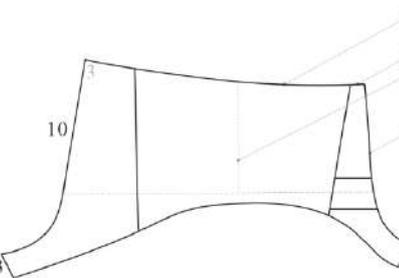
Суммируя результаты многочисленных экспериментов, можно свести полученные результаты в следующие рекомендации:

- осенние и зимние колготки - 0,04...0,17 кПа [223];
- облегчающие женские брюки - 0,4...2,5 кПа [226];
- женские брюки – бедро 0,72...1,75 кПа, живот 0,88.....1,55 кПа, ягодицы 1,49...1,84 кПа, икры 1,44...1,65 кПа, [120,121,124];
- мужское белье - талия 2,20...3,89 кПа , ягодицы 2,00...3,40 кПа, бедро 2,30...2,58 кПа, промежность 2,40...3,30 кПа, нога 2,60...3,40 кПа [57,87];
- женская одежда для йоги 0,29...1,49 кПа [89].

1.4. Современные методы проектирования белья

Основные закономерности построения чертежей показаны в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Схемы чертежей боксеров для мужской фигуры размера 170/88

| | |
|---|--|
|  |  |
| <i>a</i> [230] | <i>б</i> [229] |
|  |  |
| <i>в</i> [231] | <i>г</i> [16] |
|  |  |
| <i>д</i> [15] | <i>е</i> [271] |

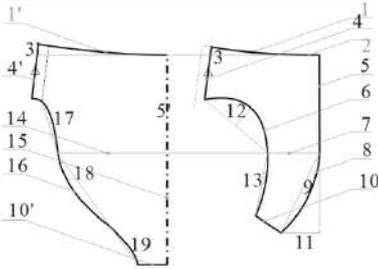
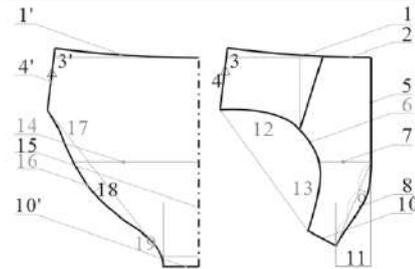
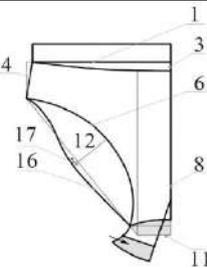
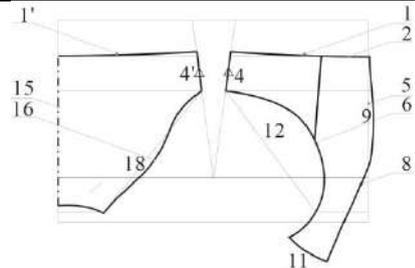
1 - верхняя линия; 2 - ширина вставки вверху; 3 - верхний баланс; 4 - высота сбоку; 5 - средняя линия вставки; 6 - величина прогиба вставки; 7 - шаговая линия на передней части; 8 - ширина вставки внизу; 9- расстояние от верхней линии до уровня бедер; 10-задняя средняя линия; 11 - нижняя линия; 12-ширина шага сзади; 13-шаговая линия задней части; 14-ширина шага спереди

| № | Размер, см | №. | Размер, см |
|---|-----------------|----|------------|
| 1 | 60 / 2+ 2...4,5 | 8 | 2,5...3 |
| 2 | 5 | 9 | 13...16 |
| 3 | 1,5...2 | 10 | 26...30 |
| 4 | 21...28,5 | 11 | 48 |
| 5 | 23...28 | 12 | 4...5 |
| 6 | 1,3...1.5 | 13 | 6,5...7,5 |
| 7 | 3,5...5 | 14 | 2...5 |

Существующие в настоящее время методы проектирования мужского белья довольно просты и в основном опираются на эмпирические данные и фиксированные значения, основанными на измерениях готового продукта; только значение обхвата пояса опирается на математические расчеты. Например, российские дизайнеры могут использовать ограниченное количество инструкций по изготовлению чертежей, включая методики Мюллер и Сын (Германия), У. Алдрич, военный метод [216], но возможности указанных методов не позволяют спроектировать современное нижнее белье.

В таблице 1.2 показаны схемы чертежей мужских брифов.

Таблица 1.2 – Схемы чертежей брифов для размера 170/88

| | |
|--|--|
|  <p style="text-align: center;">а[16]</p> |  <p style="text-align: center;">б[229]</p> |
|  <p style="text-align: center;">в[75]</p> |  <p style="text-align: center;">г[18]</p> |
| <p>1 – верхняя линия; 2 - вставка; 3 - баланс; 4 – боковая линия; 5 – расстояние от верхней</p> | |

| | | | |
|--|-------------------|-----------|-------------------|
| линии до линии бедер; 6 - нижняя линия передней части; 7 - ширина передней части на уровне бедер; 8 – длина нижнего участка вставки; 9 – прогиб; 10 – ширина передней части в паху; 11 – ширина шага передней части; 12, 13 – величины прогибов; 14 - ширина задней части на линии бедер; 15 – средняя линия (сгиб) задней части; 16 - нижняя линия задней части; 17, 18 – величины прогибов | | | |
| <i>№</i> | <i>Размер, см</i> | <i>№.</i> | <i>Размер, см</i> |
| 1 | 64 / 4 + 4,5 | 11 | 5...6 |
| 2 | 1 / 3 длины 1 | 12 | 3,5...15 |
| 3 | 1,5 | 13 | 0,6 |
| 4 | 8...9 | 14 | 16,5 |
| 5 | 15 | 15 | 30...32 |
| 6 | 50 | 16 | 50 |
| 7 | 7,5...8 | 17 | 0,7 |

1.5. Влияние текстильных материалов на комфорт и дизайн белья

В последние годы был совершен значительный прогресс в разработке новых материалов для белья с улучшенными функциями. Материалы для нижнего белья теперь изготавливают из нитей лайкра, которые предлагают превосходную возможность адаптации к форме фигуры и являются «второй кожей» [156]. Свойства ткани и дизайн одежды – это два фактора, которые способствуют или препятствуют комфорту одежды. Ткани с растяжимостью более 15% классифицируют как эластичные, а ткани с растяжимостью менее 15% как неэластичные [49]. Приталенная одежда из эластичных материалов оказывает минимальное сопротивление движениям тела, особенно вокруг локтей, коленей, спины и ягодиц. Установлены основные закономерности и взаимосвязи между структурными характеристиками высокого эластичного трикотажного полотна и давлением одежды [108, 163]. Уровень давления трикотажного полотна высокого растяжения зависит от структуры, состава пряжи и типа вязания; однако для трикотажных полотен высокой растяжимости мало известно о соотношении их размеров, растяжении и давлении под одеждой [164].

Поэтому чтобы разрабатывать компрессионные изделия, которые могут оказывать необходимое давление на тело, необходимы знания об

эластичности трикотажных полотен [26]. При проектировании компрессионных изделий следует выбирать, упорядочивать и использовать полотна соответствующих структур для конкретных частей тела, поскольку различные структуры вязания обладают различными свойствами растяжения в разных направлениях [162].

Д. Лайл [127] указывает, что удлинение эластичных материалов для достижения комфорта должно составлять 25...30%. Х. Ли [108] изучал компрессионную медицинскую одежду и ее конструкцию из разных материалов. М. Л. Джозеф и др. [93] определили величину удлинения для повседневной одежды от 10% до 25%, а для более активного использования от 35% до 50%. К.Л. Люк [66] установил диапазон процентного удлинения для текстильных материалов: для бытовой одежды 15...25%, для спортивной одежды 20...35%, для активных видов спорта 35...50%, для облегчающей одежды 30...40%. Дж. Ху и др. [80] обнаружил корреляцию между жесткостью ткани и некоторыми объективно измеренными параметрами, полученными с помощью Kawabata. Р.Б. Рамгулам и др. [154] сравнил метод измерения шероховатости поверхности ткани с помощью лазерного датчика с обычным контактным методом Кавабата и обнаружил относительно хорошую корреляцию между двумя способами.

К. Таэгты [99] изучил на 13 видах плотного верхнего трикотажа для спортивной одежды, покрывающей более 70% поверхности тела, и установил его удлинение тканей 16,0...58,2% вдоль и 23,1...78,4% поперек полотна. В. Ян-инг [219] проверил и проанализировал три вида эластичных тканей (10...18 спандекс, 82...90 нейлон, %) и сравнил их растяжимость с деформацией кожи человеческого тела в некоторых видах спорта.

Стиль ткани влияет на комфорт и красоту [132]. Еще в 1930 г. Британская Ассоциация по исследованиям хлопковой текстильной промышленности [146] опубликовала «*The handle of cloth as a measurable quantity*» и установила взаимосвязь между механическими свойствами тканей и их органолептическим восприятием. У. Дж. Ледяной [45] инициировал

исследования в изучении изгиба ткани и измерении ее свойств простым консольным методом, а потом смоделировал ее восприятие при ручном контакте. С. Кавабата [95] опубликовал фундаментальную работу «*The evaluation of the feel of thin men's suits and the emergence of the KES system*» в 1973 г. Позднее Н. Масакоидр. [128] изучил взаимосвязь между первичными механическими свойствами тканей и внешним видом костюма с помощью дискриминантного анализа. А. Инамура [83] считал, что эффект формообразования облегающих брюк был связан с мягкостью материала, гибкость брюк - со сдвигом, а жесткость - с растяжением.

Ю. Юань [227] показал, что величина давления тесно связана со свойствами сдвига, изгиба и растяжения, модулем упругости; поперечный изгиб положительно коррелирует с фактором давления одежды, а восстановление характеристик ткани отрицательно коррелирует с фактором давления одежды. Д. Кин [39] испытал восемь видов тканей для облегающих брюк для установления связи между давлением, толерантностью и удлинением. Х. Хун и др. [220] изучили взаимосвязь между показателями изгиба и растяжения.

Однако из-за популярности системы KES мы решили использовать в нашем исследовании следующие приборы.

1. Тестер KES-FB1 для измерения растягивающих и сдвиговых свойств трикотажных материалов. [10,31]. Жесткость сдвига определяет жесткость или мягкость ткани [86]. Деформация сдвига зависит от трения и упругих сил внутри ткань и может характеризовать структуру ткани и отделочные процессы. Например, значения жесткости сдвига и гистерезиса сдвига увеличиваются с увеличением плотности утка тканых тканей [98]. Типичные диаграммы показаны на рисунке 1.20.

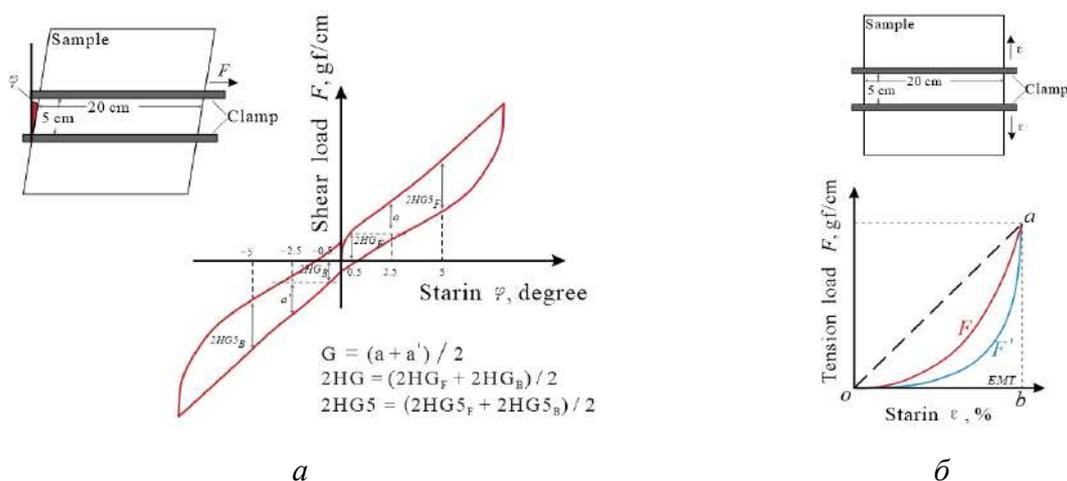


Рисунок 1.9 – Диаграммы для прибора KES-FB1: *a* – сдвиг; *б* – растяжение

2. Тестер KES-FB3 для измерения сжимаемости и толщины [7, 142].

3. Тестер KES-FB4 для измерения коэффициентов трения, колебаний коэффициентов трения и шероховатости поверхности. Характеристики характеристик трения и шероховатости поверхности полезны для определения полноты и мягкости, гладкости материалов, контактирующих с кожными покровами [245, 259].

1.6. Компьютерный дизайн одежды

В дизайне одежды давно используют программное обеспечение для рисования, Adobe Photoshop, CorelDraw, Adobe Illustrator, Corel Painter и т. д., В 1980-е годы программное обеспечение САПР Auto CAD, Gerber Accumark, Lectra, Investronica Solutions, PAD System и т. д. стали использовать для построения чертежей одежды в промышленном дизайне, что позволило интегрировать компьютерные и промышленные технологии. САПР позволяет отрасли сократить сроки разработки продуктов, снизить затраты и повысить рентабельность: сокращение затрат на дизайн составляет 10...30%, времени проектирования - 30...60%, улучшение качества в 2...5 раза, использование оборудования в 2...3 раза, а также быстрее адаптироваться к рынку спроса.

Таким образом, популярность САПР стала неизбежной тенденцией в повышении конкурентоспособности промышленности [166].

Однако, системы САПР одежды главным образом были сфокусированы на 2D дизайне [32, 42, 43]. В настоящее время, 3D дизайн находится еще на исследовательском этапе, решая некоторые трудные проблемы, такие как текстура ткани и динамическое представление, реалистическая и гибкая презентация моделирования поверхности и так далее. Решение этих вопросов является ключом к практичности и коммерциализации 3D.

1.6.1. 2D дизайн

К 2005 году уровень распространения САПР в Китае достиг 30% [212]. Тем не менее, уровень использования САПР в швейной промышленности все еще намного меньше, чем в развитых западных странах [114]. Единственная функция китайской системы САПР по-прежнему сосредоточена на областях проектирования, классификации и компоновки чертежей деталей. В настоящее время китайские и зарубежные исследования в области интеллектуальной техники для САПР все еще находятся в стадии исследования и развития [119].

В развитых странах, таких как США и Япония, уровень распространения САПР составляет 80%. «Gerber» (США), «Lectra» (Франция), «Investronica» (Испания), «Rad» (Канада), «Assyst» (Германия) и «Toray» (Япония) все больше развиваются в направлении интеллектуального, интегрированного и сетевого направления. Применение одежды САПР – это не только отражение размера предприятий одежды и преимуществ, но и техническая уверенность в повышении конкурентоспособности.

В последние годы, технология САПР сделала значительные шаги в создании 3D-дизайна продукта [222]. В случае проектирования 3D-одежды существует несколько важных проблем: технология измерения и рисования

3D человеческого тела, 3D-графики и 3D-моделирования [8,262]. Тело человека представляет собой сложную криволинейную поверхность; получение его аватаров требует более точной и исчерпывающей информации и должно включать новые размерные признаки [11,14].

1.6.2. Технология измерения фигур

В настоящее время используют следующие методы.

1. Метод стереофотограмметрии на основе набора фотокамер [145];
2. Метод лазерного бодисканирования, как немецкий Vitus Smart XXL 3D, Human Solutions, спrogramмным обеспечением Anthroscan для визуализирования, обработки и оценка данных;
3. Топография муара - это метод контурной картографии, который включает в себя позиционирование решетки близко к объекту и наблюдение ее тени на объекте через решетку [252];
4. Метод бодисканирования с помощью структурированного белого света, проецируемого в виде синусоиды на поверхность тела, [251], например бодисканеры TC², Telmat.

1.6.3. 3D симуляция

Система 3D-дизайна позволяет импортировать 2D-шаблоны из соответствующего программного обеспечения САПР для их переноса на виртуальную модель для визуализации виртуальной одежды, а также для имитации тканевой драпировки и подгонки. В эту группу САПР входят Vidya (Assyst-Bullmer), CLO 3D и Marvelous Designer (CLO Virtual Fashion), Vstitcher (Browzwear), Accumark Vstitcher (Gerber), Haute Couture 3D (система PAD), Modaris 3D Fit (Lectra), E-Fit Simulator (Tukatech), 3D Optitex ит. д.

Например, *Vidya* позволяет создавать индивидуальные виртуальные манекены на основе данных клиента, конкретных таблиц размеров и отсканированных данных. Эта программа может визуализировать 3D-дизайн одежды из 2D-моделей (программное обеспечение *Assyst's Cad*) [4] и имитировать тканевую драпировку на виртуальном манекене, который можно анимировать, чтобы рассмотреть посадку одежды с учетом влияния швов, кнопок, накладок и складок. Она позволяет дизайнеру добавлять цвета и текстуры в соответствии с предпочтением. Программа учитывает данные объективных систем измерения ткани, таких как *KES* и *FAST*.

Первые приложения для механического моделирования ткани появились в 1987 году в работе Д. Терзопулоса и др. [184,185] в форме симуляционной системы, основанной на уравнениях Лагранжа и упругой поверхностной энергии. С. Кшивинский и Б.К. Хайндзи др. [70,71,100] изучали плотную одежду при переходе от 2D к трехмерным системам для установления взаимосвязи между силовым давлением и удлинением ткани. Т. Васильев и др. [194] разработал методику для виртуальной примерки одежды. Редель и Т. Игараши и др. [82, 157] оценили физические свойства различных видов тканей и комфорт давления после виртуальной примерки путем использования технологии 3D и аппаратуры Кавабата, которая обеспечивает данные для выбора и моделирования ткани. Ф. Кордые и др. [30] изучил воздушные зазоры между одеждой и манекеном и разделил эти зазоры на три типа в зависимости от объема одежды. Т. Н. Магненат и др. [130] представила онлайн виртуальное приложение, которое помогает пользователям в оценке одежды в интернет-магазинах.

С. Б. Ван и др. [197, 198] представил систему дизайна одежды, которая позволяет пользователям проектировать 3D-одежду на манекене на основе 2D-рисунка. К. Фуиюня и Б. Х. Ван и др. [55, 109, 133, 202] разработали программное обеспечение для того, чтобы моделировать фигуры и симулировать одежду при примерках. М. Сухуа [134] проанализировал и резюмировал характеристики и преимущества виртуального дизайна моды.

В последние годы 3D виртуальные технологии [193, 195, 160], [149, 197, 202] являются горячей проблемой в академических кругах и бизнесе. Как новое понятие, виртуальное производство называют основным способом обрабатывающей промышленности в 21 веке. Это важный символ цифровой технологии проектирования и производства [232]. В производстве стоимость проектной фазы составляет 5% от общей стоимости, но она определяет 70% цены изделия. Это требует от компаний-производителей переосмысления важности работ на стадии проектирования. Виртуальный дизайн - одна из самых важных технологий в цифровую эпоху. Это новый метод, основанный на автоматизированном проектировании и разработанный с использованием технологии «виртуальной реальности» особенно привлекателен для белья, поскольку его моделирование исключает необходимость привлечения физических объектов (реальных фигур и одежды).

Цель и направления диссертационного исследования

1. На основании анализа опубликованных результатов исследований установлено, что исходная база знаний для проектирования мужского белья недостаточна. Практически отсутствуют комплексные исследования, в которых конечный объект проектирования - белье с набором определенных функций - рассматривался бы с нескольких точек зрения, а именно морфологических особенностей подкорпусной части фигуры и их корректировок путем приложения допустимых механических нагрузок, компрессионной способности трикотажных материалов, рационального членения белья. В настоящее время теоретические исследования мужского нижнего белья редки.

2. Анализ известных методик конструирования показал, что количество используемых в них размерных признаков крайне мало, чтобы описать морфологические особенности мужских фигур, а используемые зависимости получены на основе опыта разработчиков и не подкреплены статистически.

Существующие методики предназначены для получения текстильных оболочек для покрытия подкорпусной части фигур и не содержат рекомендаций по ее корректировке. Поэтому необходима разработка новой методики, которая в качестве целеполагающей функции предусматривала бы изменение пластики фигур и обеспечивала бы комфорт.

3. Наблюдается явная тенденция расширения ассортимента мужского белья и наделяния его новыми функциями, которые призваны повысить удовлетворенность потребителей относительно физического и психологического комфорта. Для определения направлений совершенствования белья необходимы широкие комплексные экспертные опросы потребителей для формулирования их предпочтений на разных этапах, начиная от покупки и заканчивая ношением.

4. Существующая классификация мужских фигур является тотальной и распространяется на все тело. При таком подходе трудно выделить те характеристики, которые помогли производителям белья выбрать целевые группы потребителей. Перенос классификации тотальных размеров фигур на маркировку белья явно неразумен и нелогичен. Поэтому разработка новой универсальной классификации мужских фигур является важной научной проблемой для создания научно-обоснованных принципов проектирования белья.

5. Моделирование и проверка белья сталкивается с этическими проблемами, именно по этой причине очень мало научных данных. Современные виртуальные технологии позволяют выполнять симуляцию многих процессов, включая корректировку фигур, деформацию мягких тканей, беспримечный подбор белья. Поэтому развитие технологии разработки цифровых двойников фигур и белья является актуальным направлением.

Целью работы является совершенствование процесса проектирования мужского белья на основе установления механизма целенаправленного механического воздействия на подкорпусную часть мужских фигур для

формирования ее пластики под влиянием конструкции белья и компрессионных свойств трикотажных материалов.

Глава 2. ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТИВНАЯ БАЗА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ МУЖСКОГО БЕЛЬЯ

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в двух работах [273-274].

2.1. Художественно-конструктивная база данных по дизайну мужского нижнего белья

На первом этапе работы для определения существующих трендов в проектировании белья нами были проанализированы около 1000 фотографий и натуральных образцов современных моделей, выпускаемых следующими компаниями: 2xist, Jockey, C-IN2, Andrew Christian, Unico, Calvin Klein, Hugo Boss, Emporio Armani, Miiow, JianJiang, I'd, Septwolves, NanJiren и т.д. В коллекциях некоторые производители ввели в свой продукт эффект «*push-up*» (дословный перевод - вперед и вверх) или другие производные функции. Около трети такой продукции основаны на использовании характеристик материалов белья, чтобы достичь этого эффекта; остальные 2/3 белья используют новые структуры и новый дизайн, в совокупности аовышающие его выразительность.

С медико-биологической точки зрения, нерациональные конструкции такой одежды могут быть причинами развития некоторых заболеваний, в частности, кожных и в мочеполовой сфере. Поэтому в последнее время инновации в этом виде одежды включают и дополнительные специальные обработки материалов, в том числе по нанотехнологиям, а само белье становится очень популярным благодаря появлению еще новой функции, обеспечивающей лечебный эффект.

Недостаточная изученность особенностей проектирования мужского нижнего белья обусловлена деликатностью и некоторой его интимностью. Вместе с тем требования рынка, постоянное расширение ассортимента и повышенные требования потребителей к комфортности, на которые надо

реагировать, сформированы следующими трендами, появившимися в последнее время.

1) Изменения в конструктивных решениях мужских брюк. Значительно изменились показатели свойств материалов, которые стали значительно легче и более пластичными благодаря появлению стретчевых материалов. Уменьшение объема современных мужских брюк, повышение степени их антропоморфности также стало фактором, повлиявшим на поиск новых приемов принудительного формообразования нижней части торса с помощью нижнего белья.

2) Изменение требований к художественно-конструкторскому оформлению и перевод самого белья, выполняющего прежде исключительно гигиеническую функцию, в разряд самодостаточных предметов одежды, которые могут входить в единый комплект с брюками. Первым из дизайнеров, обративших свое внимание на эстетической функции белья, стал Calvin Klein, который напечатал свой логотип на поясе. Такое решение повлияло на положение пояса брюк, который опустился ниже линии талии и сделал видимым пояс нижнего белья (автором таких брюк стал Alexander McQueen). Среди потребителей различных групп (детей, юношей, мужчин) особую популярность приобретают специальные приемы декорирования: использование материалов с тематическими рисунками, декоративные вставки, акцентирующие внимание на различных участках фигуры.

3) Сильное влияние спортивной одежды, которое выражено в использовании внутренних криволинейных динамичных линий и приемов их акцентирования. Увлечение фитнесом, культом здорового тела также повлияло на изменение структуры нижнего белья, прежде всего, с позиций ее соответствия пластике и форме мужской фигуры в целом, более динамичного оформления контуров и линий членения.

4) Изменение функций нижнего белья, которые включают не только поддержание внешних половых органов, но и формирование особого пространства, которое они должны занимать, в сочетании с повышенной

комфортностью. Эффект *push-up*, ранее обеспечиваемый в женских корсетах, бюстгальтерах, плотнооблегающих джинсах, стал востребованным и в мужском белье для визуального увеличения объема фигуры спереди и сзади. Спереди эффект *push-up* достигается за счет специальной конструкции передней части (т.н. анатомического кроя), обеспечивающей естественный лифтинг. Конструкция передней части может быть в двух вариантах: с формованной внутренней мягкой вставкой в виде чаши (аналогично женским бюстгальтерам) или без нее. Сзади эффект *push-up* получают также с помощью мягких накладок, повторяющих форму ягодиц.

5) Появление новых инновационных трикотажных материалов, а также технологии получения бесшовных изделий с повышенной комфортностью и способностью принимать и корректировать форму фигуры при малых нагрузках. Растяжимость таких материалов достигает 20...80 % при средней растяжимости 25 %. В некоторых моделях белья комбинируют несколько видов материалов дифференцированно по участкам.

Естественно, что комплексный учет вновь появившихся взаимосвязанных требований возможен лишь при изменении подходов к художественному решению, структурному построению и использованию иных приемов конструктивного моделирования.

2.2. Структурный анализ нижнего белья

Ежедневное нижнее белье. Основной тип включает структуру из передней части, вставки (передний мешочек цельнокроеный или состоящий из левой или правой частей, как правило, двухслойный) изадней части. Этот вид нижнего белья имеет простые структурные особенности, Размер относительно свободный для покрытия мужского тела с невысокими показателями комфорта и функциональности. Он имеет низкую цену, его легко купить на рынке, имеет много стилей, подходящих для низкобюджетных потребителей.

На рисунке 2.1 показаны варианты повседневного базового белья - боксеры (а-д) и брифы (е). Их общей особенностью является наличие вставки яйцевидной формы.

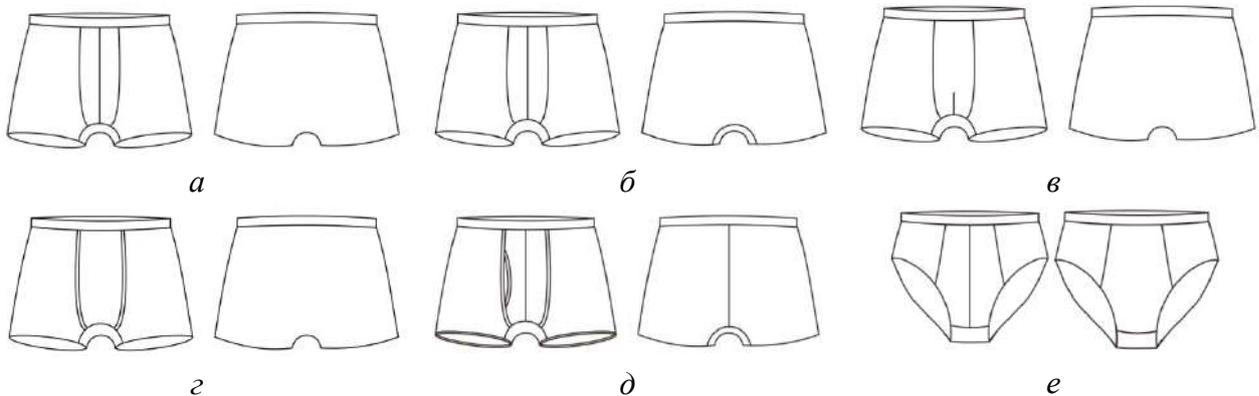


Рисунок 2.1 – Структура повседневного типичного белья: а– передняя часть + вставка яйцевидной формы из двух частей, с боковым швом или без него, без ластовицы; б–аналогично б, но с ластовицей; в– аналогично б, но вставка цельнокроеная с вытачкой; г–аналогично б, но вставка цельнокроеная; д–аналогично б, но в шве соединения ластовицы с передней частью имеется отверстие; е–передняя часть состоит из центральной и боковой частей+ластовица+задняя часть из центральной, боковой частей

Компрессионное корректирующее белье. Компрессионная функция белья достигается за счет изменения габаритов деталей и введения новых линий членения. Самым важным элементом является ластовица и ее габариты по высоте и ширине.

На рисунке 2.2 показаны структурные схемы современного компрессионного облегающего белья - боксеров. Их общими особенностями являются трансформация формы вставки из яйцевидной в грушевидную и введение антропометрических линий членения.

Вставка на передней части яйцевидной и грушевидной формы обеспечивает поднятие мужских гениталий и их отделение от внутренней поверхности бедра с функциями эстетики, спорта и здоровья. Рисунок 2.2, в, г, д показывает вариант конструкций белья для достижения более плотного прилегания сбоку и уменьшения деформации в нижней части. Цельнокроеная ластовица более сложной конфигурации может значительно улучшить комфорт при ношении.

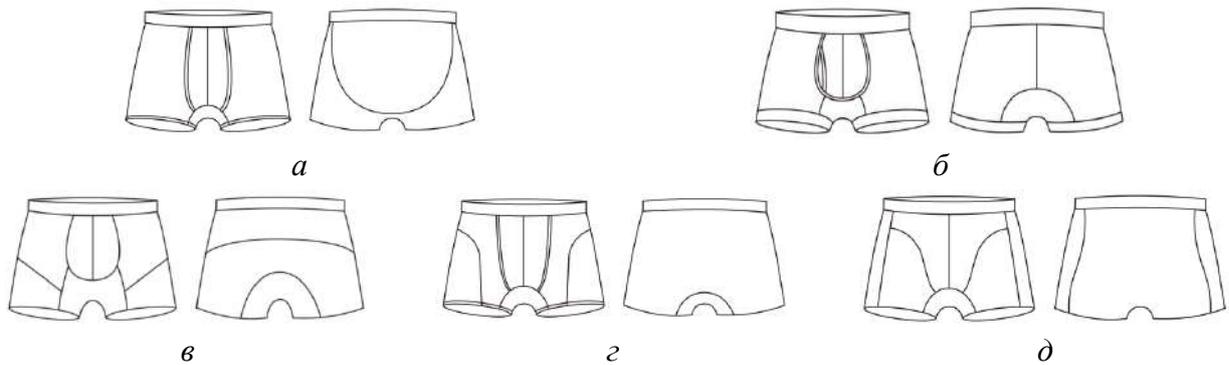
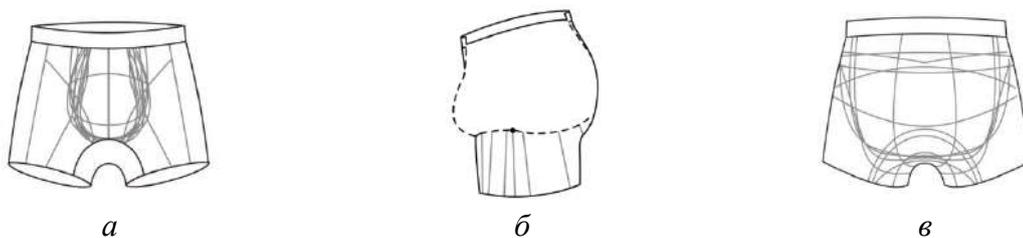


Рисунок 2.2 – Структура компрессионного белья: *а* – вставка яйцевидной формы + задняя часть, состоящая из верхней и нижней частей, шов их соединения обеспечивает функцию подъема ягодиц; *б* – вставка грушевидной формы + ластовица увеличенного размера для функций подъема ягодиц и гениталий; *в*, *г*, *д* – аналогично *б*, но с дополнительными линиями членения

В популярных в Китае видах белья большинство внутренних швов расположено в области промежности, что не способствует изменению пластики фигуры. Популярные в Европе и США виды белья имеют, как правило, отдельную деталь ластовицу, иное расположение линий швов на ягодицах, более сложные конструкции.

На рисунке 2.3 показаны варианты расположения структурных линий в функциональном белье. Для проведения анализа технические рисунки были выполнены после перевода всех вариантов в один масштаб, совмещения по линии бедер и относительно других выбранных ориентиров [273].

Передняя часть (рисунок 2.3, *а*). Включает симметричные левую и правую передние части, вставку, дополнительные линии членения. Видна очень высокая изменчивость положения линий членения. Передняя вставка состоит из двух симметричных частей, а ее переменными величинами являются ширина, высота, радиусы и, естественно, конфигурация. Низ положения вставки определяет максимально возможный эффект «*push-up*».





z

Рисунок 2.3 – Варианты конструктивного решения и расположения линий внутреннего разделения: *а* – спереди, *б* – шаговый шов, *в* – сзади, *г* – положение линии низа

Внутренний шов (рисунок 2.3, *б*). Может располагаться на внутренней поверхности бедра в разных местах, но в основном ближе к передней части, что обеспечивает лучшее эргономическое соответствие характеристик во время физической активности.

Задняя часть (рисунок 2.3, *в*). Она имеет наиболее изменчивую структуру и может состоять из следующих деталей, чтобы добиться эффекта «*push-up*»: комбинируемых в области нижней части и комбинируемых в области ягодиц, чтобы разделить заднюю часть на верхнюю и нижнюю.

Линия низа (рисунок 2.3, *г*). Положение линии низа зависит от стиля и может достигать первой трети ягодицы.

2.3. Исследование предпочтений клиентов

В настоящее время мало публикаций по анализу мужского белья, эту работу выполняют его производители для поддержания обратной связи с потребителями [248]. По всем этим причинам нам показалось уместным провести собственное исследование, посвященное мужским потребительским привычкам, потребностям и ожиданиям в отношении белья на национальном и международном уровнях [97].

Содержание вопросника (приложение VII) было разработано на основе оценки функциональных требований и комфорта. В процессе формирования опросника и анализа мнений респондентов мы использовали несколько способов, таких как обзор литературы, интервью, сетевая анкета и физическая анкета. Анкетирование включало получение необходимой потребительской информации (возраст, размер, предпочитаемые бренды и др.), привычки при

совершении покупок (частота покупки, основные предпочтения по типу, материалу, цвету, функциям и другие) и ожидания (основные элементы композиции, частота ношения, комфорт и другие).

Вопросник был распространен среди мужчин из России, Китая, Франции и Бангладеш. 783 мужчин от 18 до 57 лет были обследованы с 2016 по 2017 гг. В состав группы входили 674 китайца, 74 француза, 30 россиян и пять Бангладешцев. Первоначальный вопросник был усовершенствован благодаря предварительному обследованию. Поэтому в итоговый обзор была добавлена некоторая профессиональная информация. В этом исследовании, одной из целью которого было определения существования разницы в поведении мужчин из четырех странах, был сделан вывод о наличии существенных различий между респондентами [274].

Чтобы разработать модель потребления, сначала необходимо определить переменные индивидуального потребителя. Мы выбрали в общей сложности 12 переменных - психологические предпочтения, поведенческие при покупке и физиологические (чувства) - в качестве основных трех категорий:

- (1) психологические предпочтения включали вопросы относительно типа нижнего белья (X_1), структурного дизайна (X_2), высоты пояса (X_3), плотности облегающего (X_4);

- (2) поведенческие предпочтения включали опыт ношения разных вариантов белья (X_5), размерного варианта фигуры (X_6), элементы композиции при выборе белья (X_7), частота покупки (X_8), предпочитаемый бренд (X_9);

- (3) физиологические предпочтения включали вопросы по проблемам ношения (X_{10}), условий комбинирования с брюками (X_{11}), функций белья (X_{12}).

Структура вопросника приведена в приложении VII.

Результаты обработки ответов экспертов приведены в Приложении I, таблица I.1. Из нее следует, что статистика КМО составляет $0,89 > 0,7$ что показывает, что факторный анализ очень активен. Тест Бартлетта «*Bartlett's test*» показывает, что факторный анализ может быть применен ($sig. = 0,00$).

С помощью общей дисперсии, объясненной «*totalvarianceexplained*» и проанализированной с помощью SPSS, были рассчитаны коэффициенты дисперсии и коэффициенты совокупного вклада в соответствии с матрицей корреляции. На основании анализа дисперсии весомость первых семи факторов достигает 83,24%, а разница между тремя группами предпочтений составляет 42,29, 10,99 и 8,47% соответственно. Мы сформировали семь факторов из 12 исходных переменных ($X_1 \dots X_{12}$) для того, чтобы описать картину потребления белья наилучшим образом. Мы использовали метод главных компонент для расчета нагрузки на факторы и их максимального отклонения. Из матрицы факторного анализа (Приложение I, таблица I.2) была сформирована потребительская модель поведения из следующих факторов:

– первый фактор включал переменные X_5 , X_7 и X_4 , которые мы будем называть «тип/стиль белья»;

– второй фактор включал переменные X_{12} и X_2 , мы назвали его «функция белья»;

– третий фактор «частота покупок и бренд» содержит переменные X_8 и X_9 ;

– четвертый фактор «условия ношения» содержит переменные X_{11} и X_3 ;

– пятый фактор «размер белья» содержит переменную X_6 ;

– шестой фактор «композиция белья» содержит переменную X_7 ;

– седьмой фактор «комфорт» содержит переменную X_{10} .

Таким образом, мы знаем, что потребительская модель потребления может быть описана с помощью семи главных факторов.

2.3.1. Общие результаты опроса потребителей

На рисунке 2.4 показано распределение респондентов по возрастам. Эта гистограмма показывает, что самый большой интерес к анкетированию проявили мужчины в возрасте 20...35 лет.

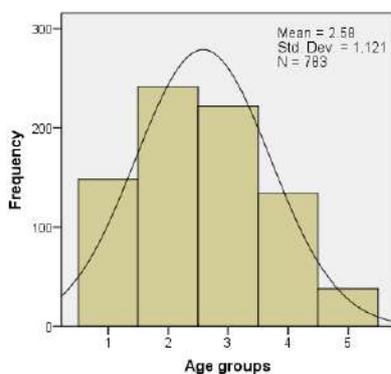


Рисунок 2.4 – Гистограмма возрастного распределения экспертов, лет:
1 – подростки, 2 – 20...25, 3 – 26...35, 4 – 36...55, 5 – >55

1) Психологические предпочтения

В группу психологических предпочтений ($X_1...X_4$) входят: тип белья (X_1) и его объем (X_4), структура (X_2), положение пояса (X_3).

Предпочтения типа белья. Наиболее популярным типом в четырех странах являются боксерские брифы плотно облегающие функциональные (26%), боксерские шорты базового типа без плотного облегания (17%), боксеры плотно облегающие, функциональные длинные или средней длины (16%), трусы (15%), стринги (9%), *thongs* (5%) и бикини (3%). Можно заметить, что 3% мужчин не носят нижнее белье.

Предпочтения относительно компрессии белья. Что касается плотности облегания белья в разных возрастных группах, то по результатам опроса получен следующий рейтинг (Приложение I, таблица I.3): более высокий балл принадлежит плотному белью, затем – очень плотному, регулярному и свободному. Для анализа предпочтений степени компрессии возрастной диапазон был разделен на четыре интервала:

–плотные боксеры предпочитают мужчины в возрасте до 35 лет;

–обычные боксеры-шорты предпочитают мужчины в возрасте от 35 до 55 лет;

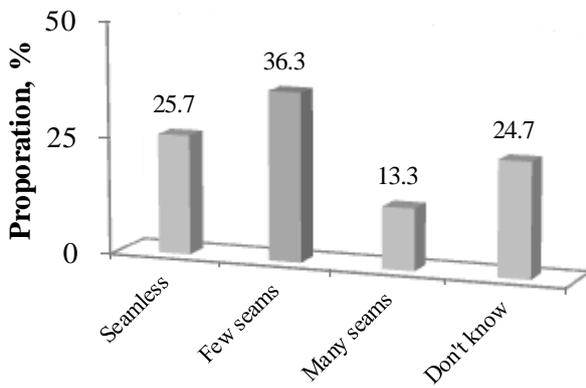
– свободно облегающие трусы предпочитают мужчины старше 55 лет.

Очевидно, что изменения формы тела при старении влияют на поведение респондентов и выбор функциональных особенностей белья. Более возрастные мужчины обращают внимание на комфорт, удобство и долговечность [61].

Предпочтения функций белья. Респонденты, предпочитающие эффект коррекции «*Push-up*» ягодиц и половых органов, составляют 52,2% и 54,1% соответственно. Эксперты не имеют явных предпочтений относительно структуры белья: классическая структура «несколько швов» является стандартом для 36% респондентов, а 24,7% респондентов не знают, какой дизайн лучше. Ограниченное число респондентов любят белье со многими структурными швами (13,3%). 25,7% респондентов предпочитают бесшовное белье. Бесшовное белье принадлежит к популярным объектам потребления в Европе [116].

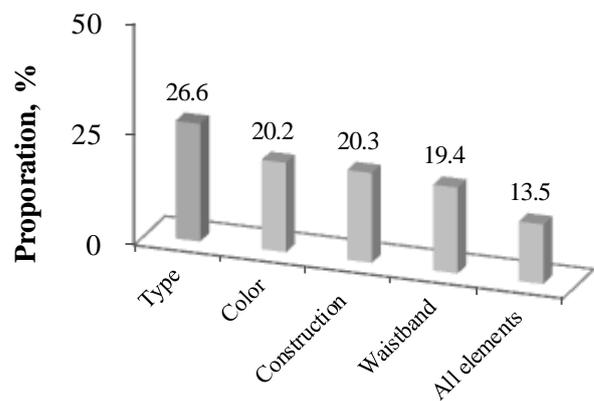
Предпочтения относительно положения пояса белья. 53,4% респондентов предпочитают пояс на 5...7 см ниже естественного уровня талия, вторая группа - ниже 8...12 см; и только 17,1% респондентов - в основном старшие мужчины - ниже 4 см. Всего 4,8% предпочитают пояс ниже 13 см для стрингов и *thongs*.

На рисунках 2.5 и 2.6 показаны удельные веса предпочитаемых структурных особенностей белья и предпочтения потребителей относительно композиционных элементов, включая тип белья, цвета, конструкцию, положение пояса.



Kinds of structural design

Рисунок 2.5 – Гистограмма распределения предпочтений относительно структуры белья: бесшовное (seamless), малое число швов (fewseams), большое число швов (manyseams)



Focus on factors

Рисунок 2.6 – Гистограмма распределения композиционных факторов: тип (type), цвет (color), конструкция (construction), положение пояса (waistband), все перечисленные факторы (allements)

2) Предпочтения при покупках

При выборе белья предпочтения респондентов включали переменные нескольких объединенных факторов: опыт ношения разных вариантов белья (X_5), частота покупок (X_8), предпочитаемые бренды (X_9), размер белья (X_6), элементы композиции (X_7).

Тип белья. По популярности типы белья составили следующий ряд: боксеры-брифы (22%), трусы (21%), боксеры (19%), боксерские шорты (13%), купальники (10%), стринги (6%), *thongs* (5%) и бикини (4%). Большинство респондентов имеют от 8 до 12 единиц белья; самое малое количество видов белья в гардеробе – четыре штуки.

Ситуация при покупках и предпочтениях бренда. 56,3% респондентов задавали некоторые вопросы до и после покупки белья, но более 85% респондентов не имеют проблем ни до покупки, ни после нее. 75% не просят помощи или спрашивают чужое мнение. Большинство респондентов покупают новое белье один раз в полгода (29%) или более часто (38%). Нет относительно фиксированного цикла покупки или плана покупки, как правило, потребители реализуют возникшую необходимость приобретения, и

более высокая частота покупки (ежемесячная покупка) у потребителей непопулярна.

30,6% опрошенных не знают размер своего белья, 25,6% опрошенных не смогли выбрать предпочитаемый внешний вид белья, а 24,7% опрошенных не определили, какой дизайн нижнего белья им больше подходит. Другими причинами, повлиявшими на покупательское поведение, для 19,1% респондентов являются цена, бренд, функция и другие.

В повседневной жизни люди сознательно меняли свои личные предпочтения белья и способы его ношения. Что касается индивидуальных предпочтений, то более 70% респондентов готовы изменить свои предпочтения. 36,6% респондентов изменяли свой вкус под влиянием стиля/типа белья, следуя физическим изменениям своей фигуры, например, форма тела стала лучше (22,5%) или стала хуже (14,9%), доходы изменились (25,9%), и, таким образом, они выбрали другие типы белья.

На рисунке 2.7 показано распределение брендов (китайские бренды помещены справа от международных), которые респонденты обычно выбирают для покупки.

Такие международные бренды, как Zara, C&A, Uniqlo, имеют большое количество магазинов, высокие возможности для массового производства. Они конкурируют с более известными международными брендами Calvin Klein и Hugo Boss. Для китайских брендов различия между предпочтениями каждого респондента зависят от узнаваемости бренда, нового стиля и скорости обновления, структурного дизайна и характеристик тканей [69].

Размер белья. Диапазон размеров белья можно увидеть на рисунке 2.8 и в таблице 2.1. Шесть респондентов не знали размер своего белья. Как можно было заметить, большинство размеров белья сосредоточено в диапазоне M, L, XL. Наиболее популярное белье имеет размеры L и XL, и мы можем обнаружить, что с возрастом размер возрастает. В возрасте менее 35 лет предпочитают меньшие размеры M и L; в возрасте более 55 лет нужен больший размер XXL.

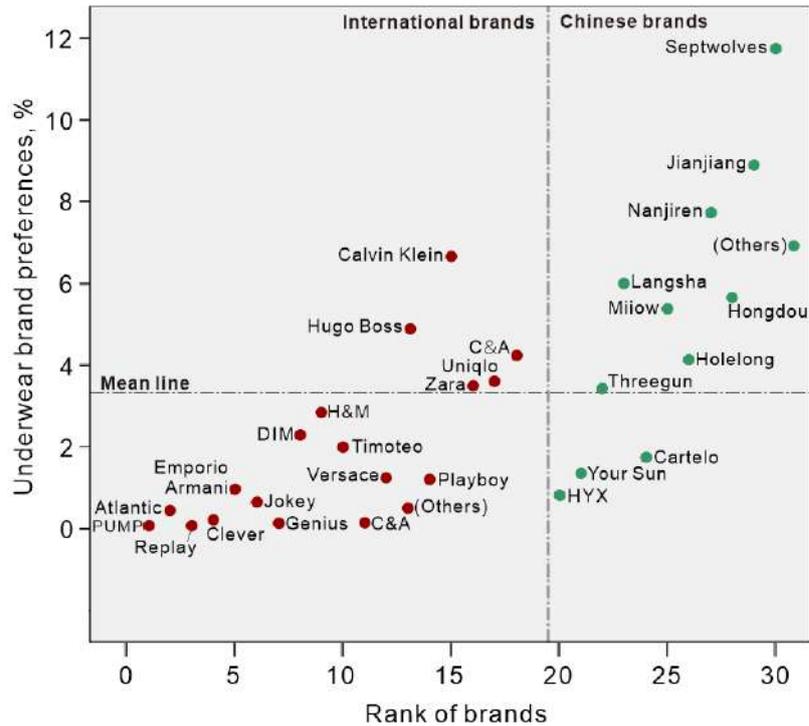


Рисунок 2.7 – Распределение предпочтений респондентов относительно брендов белья

Таблица 2.1 – Распределение размеров белья между возрастными группами

| Возрастная группа | Возрастное распределение, % | Распределение размеров нижнего белья, % | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|---|------|------|------|------|------------|
| | | S | M | L | XL | XXL | Непонятный |
| Моложе 25 | 41,6 | 12,1 | 25,0 | 23,8 | 22,1 | 15,0 | 2,1 |
| 25...35 | 28,3 | 11,1 | 23,1 | 24,9 | 22,2 | 15,1 | 3,6 |
| 35...55 | 24,2 | 14,3 | 19,9 | 22,4 | 24,5 | 17,1 | 1,9 |
| Старше 55 | 5,9 | 11,8 | 17,7 | 23,5 | 17,7 | 23,5 | 5,9 |

Элементы композиции. Рисунок 2.9 иллюстрирует цветовые предпочтения респондентов.

Самыми популярными цветами являются черный (15,0%), серый (13,3%), темно-синий (12,6%). Поскольку респонденты в четырех странах отражают различные эмоциональные категории, то между четырьмя группами присутствовала существенная разница в цветовом предпочтении нижнего белья.

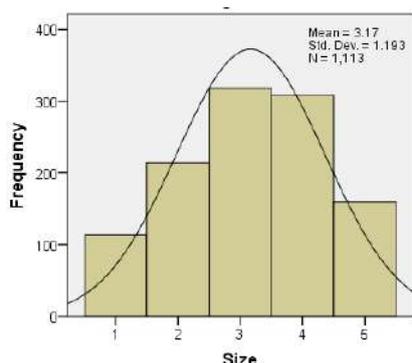


Рисунок 2.8 – Гистограмма распределения размеров белья: 1 – S, 2 – M, 3–L, 4–XL, 5–XXL

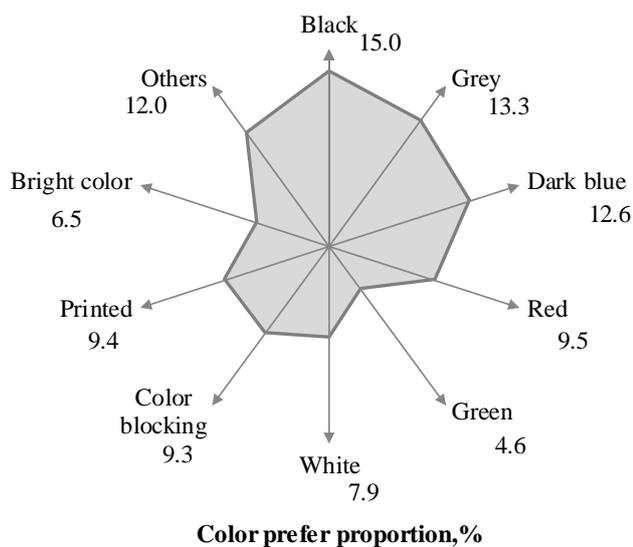


Рисунок 2.9 – Распределение цветовых предпочтений (по часовой стрелке): черный (black), серый (grey), темно-синий (darkblue), красный (red), зеленый (green), белый (white), цветовые комбинации (colorblocking), с напечатанным рисунком (printed), яркие цвета (brightcolor), другие (others)

По материалу половина респондентов отдает предпочтение хлопку (30,2%) и хлопку с синтетическими волокнами (19,8%). Теперь материал с лайкрой (18,8%) стал самым популярным материалом для белья на азиатском рынке.

3) Физиологические предпочтения

Функциональное бельё. Было очевидно, что у 34,2% респондентов есть высокая потребность в комфорте. Белье с функциональным дизайном спереди предпочитают 20 %, а дизайн в обеих частях популярен у 14,7%.

Способ ношения. При ежедневном выборе белья респонденты должны думать, с брюками какого типа они их будут носить, например, облегчающее белье с тонкими джинсами или свободное белье с мешковатыми брюками. 44,4% респондентов думают о будущем сочетании. Треть респондентов никогда не рассматривает совместно стили нижнего белья и брюк; они не меняют стиль белья, когда носят разные брюки. Четверть опрошенных не обязательно рассматривают сочетание обоих стилей – нижнего белья и брюк, но заботятся о визуальном эффекте или комфорте.

Только треть респондентов предпочитают обнажать пояс нижнего белья. Большинство респондентов 68 % предпочитают одевать нижнее белье ниже пояса брюк.

Более половины респондентов носят нижнее белье весь день (55,6%) или в течение дня (24,2%), лишь небольшая часть респондентов (8,8%) предпочитает спать в обнаженном виде.

Таблице 2.2 – Двумерный анализ между объемом белья и участками возникновения дискомфортных ощущений (коэффициент корреляции r Pearson)

| Влияющий фактор | | Степень прилегания и объем белья | | | | | Частота возникновения дискомфорта |
|-----------------|--------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------------------|
| | | Очень плотная | Плотная | Обычный | Свободный | Очень просторный | |
| Передняя часть | r | 0,02 | 0,18 | 0,23 | 0,11 | 0,03 | 2 |
| | $sig.$ | 0,79 | 0,01 | 0,00 | 0,12 | 0,66 | |
| Ластовица | r | 0,11 | 0,01 | 0,21 | 0,09 | 0,12 | 1 |
| | $sig.$ | 0,11 | 0,92 | 0,00 | 0,23 | 0,09 | |
| Пояс | r | 0,25 | 0,11 | 0,16 | 0,04 | 0,21 | 3 |
| | $sig.$ | 0,00 | 0,12 | 0,02 | 0,57 | 0,01 | |

Места дискомфорта. Главным фактором, влияющим на ощущения неудобств, является структура тех участков белья, которые наиболее плотно контактируют с участками фигуры, изменяющимися при движении. Поэтому необходимо оптимизировать эти участки. 28,5% опрошенных чувствовали основной дискомфорт спереди и 21,8% – в области промежности. 17,3% и 10,3% опрошенных считают, что причиной этому является материал и пояс соответственно. 22,1% респондентов объяснили, что дискомфортные условия возникают, если размер белья не соответствует их собственным морфологическим особенностям, что конструкции неразумны и так далее.

На уровне вероятности 99.9% (0.001), значимости 0,01 (*two-tailed*) при $n > 700$ на основе SPSS анализа мы получили коэффициенты корреляции между плотностью прилегания белья и участками дискомфорта, приведенные в таблице 2.2.

Видно, что самым проблемным участком является область пояса, а вслед за ней - передняя часть. По отзывам респондентов, конструкция белья не соответствует эргономике, а нерациональные конструкции приносят самые неприятные ощущения в основном в области промежности и спереди.

2.3.2. Результаты национальных предпочтений

1. Психологические предпочтения *Предпочтения типа белья.* Четверть респондентов из Китая, 70% россиян и половина респондентов из Бангладеш отдадут предпочтение боксерам-шортам с неплотным облеганием; но почти 80 % респондентов из Франции отдадут предпочтение плотно облегающим боксерам со средней или большой длиной (с некоторым структурным дизайном).

Мы проанализировали два типа - боксеры-брифы и боксеры-шорты - в «crosstabs statistic» для различных возрастных групп по SPSS, как показано в Приложении I, таблицы I.4 -I.5. Распределение предпочтений респондентов в возрасте 20...55 лет более устойчиво. Некоторые подростки не любят боксерские-шорты, и большинство респондентов в возрасте более 55 лет предпочитают этот тип. Значительное количество респондентов в возрасте 20...35 лет предпочитают эти два типа белья - боксеры-брифы и боксеры-шорты. Большинство респондентов из четырех стран имеют эти виды белья. Большинство опрошенных россиян и французов также предпочитают боксерские шорты и боксеры-брифы.

Предпочтения плотности белья. Большинство респондентов предпочитают облегающее белье в обычном стиле (рисунок 2.10).

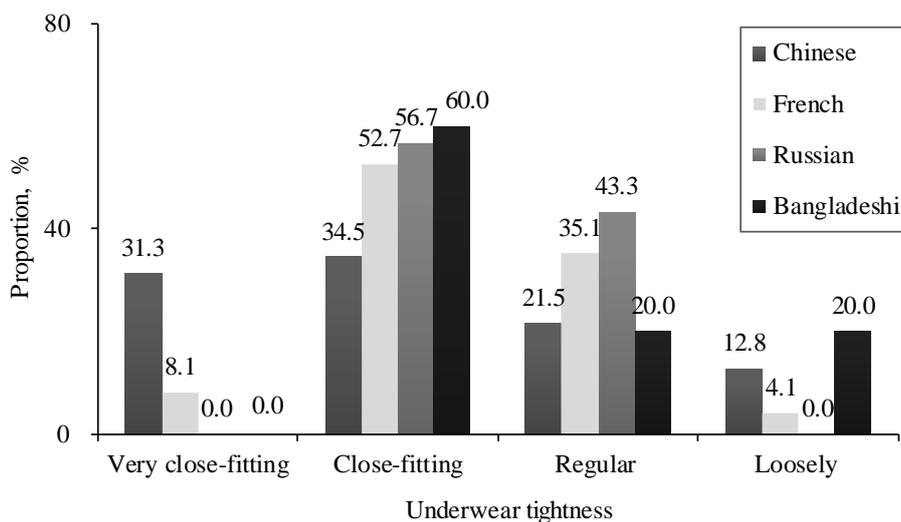


Рисунок 2.10 – Распределение предпочтений по степени облегаемости белья: очень плотное (*veryclose-fitting*), плотное (*closefitting*), обычное (*regular*), свободное (*loosely*)

Треть китайских респондентов отдают предпочтение очень плотному облегающему. Более трети опрошенных китайцев, россиян и Бангладешцев предпочитают нижнее белье с небольшим количеством структурных швов. Однако около 70% опрошенных французов и более трети опрошенных в России не знают, какие виды конструкций они предпочитают (Приложение I, таблица I.6).

Бесшовный рынок нижнего белья не является достаточно значительным в Китае, стал популярным в последние годы в китайских прибрежных городах, потому что цены на нижнее белье слишком высоки. Таким образом, китайские потребители должны иметь особый интерес к такой конструкции при покупках.

Предпочтения функций белья. Для респондентов приемлемы «push-up» ощущения, которое порождает существующее белье спереди и сзади. Самая большая популярность присутствует у китайских респондентов 60%. Тем не менее, в других странах респонденты имеют более низкую привязанность (в среднем менее 25%) к эффектам коррекции спереди и сзади.

Положение пояса. Большинство респондентов из Китая (51,3%), Франции (63,5%), России (60,0%) и Бангладеш (51,3%) предпочитают располагать пояс белья ниже талии на 5...7 см.

2. Предпочтения при покупках. Тип белья. Китайцы (62%) и российских респонденты (83%) имеют от 5 до 12 вариантов белья; 90% французских респондентов имеют более восьми, а 40% респондентов из Бангладеш более 13. По популярности первое место принадлежит боксерам-трусам, на втором месте - трусы. Основными причинами, по которым потребители предпочитают эти два вида нижнего белья, являются низкая цена и простота покупки.

Для предпочтений китайских респондентов на основе описательной статистики «*descriptivestatistics*» по SPSS, мы установили, что боксеры-трусы имеет самую высокую популярность, на втором месте - боксеры-шорты. Более того, у китайских респондентов ношение нижнего белья вызывает неприязнь.

Ситуация при покупках и предпочтениях бренда. 70% китайских респондентов не имеют проблем перед покупкой, и более 70% респондентов не обращаются за помощью или мнением о предложении. Треть китайских и российских респондентов имеют неопределенную ситуацию о размере своего белья. 28,7% китайских и четверть бангладешских респондентов не знают, какой дизайн для них более удобен. Российские (44,1%) и китайские (28,3%) респонденты не знают, как выбирать белье; у французов (73,1%) и бангладешцев (60%) есть и другие проблемы.

Самые высокие пропорции респондентов из Китая, России и Бангладеш изменили свои предпочтения по своему усмотрению. Около 70% респондентов из Франции связали частоту покупки нижнего белья с изменением дохода. Гистограмма на рисунке 2.11 показывает среднее время между двумя покупками белья. Наибольшая доля респондентов покупает белье нерегулярно; мало респондентов покупают белье ежемесячно; больше респондентов совершают покупки раз в полгода и нерегулярно.

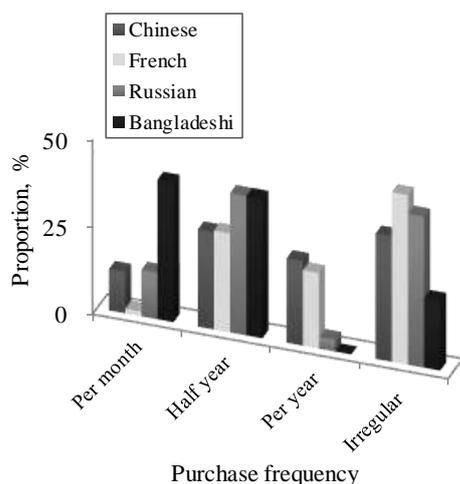


Рисунок 2.11 – Предпочтения частот покупки: ежемесячно (*permonth*), раз в полгода (*halfyear*), ежегодно (*peryear*), нерегулярно (*irregular*)

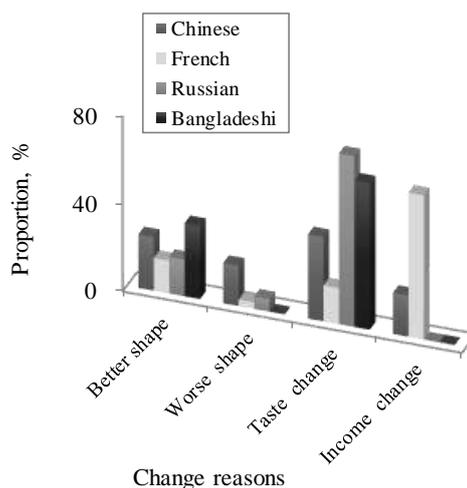


Рисунок 2.12 – Причины изменения предпочтений: улучшение формы тела (*betershape*), ухудшение формы тела (*worseshape*), изменение вкуса (*tastechange*), изменение дохода (*incomechange*)

В этой части исследования мы определили интерес китайских респондентов к покупке отечественных или иностранных марок белья, которые могут производиться как внутри страны, так и за рубежом. В общей сложности только треть китайских респондентов выбрали зарубежные бренды. Многие китайские респонденты писали, что предпочитают бренды, такие как C&A, Uniqlo, Zara, H&M и т. д.

Количество брендов на китайском рынке нижнего белья более 3000. Количество реальных развивающихся брендов не превышает 400, но потребители хорошо знают о 30 или менее мужских брендах нижнего белья. Китайские респонденты предпочитают от 6% и 5% Calvin Klein и Hugo Boss соответственно из-за его смелого и внешнего нейтрального дизайна, обширного продвижения в Китае и доступной цены. СК и Boss имеют много магазинов во многих китайских городах и интернет-центры, как и на самом большом онлайн торговом центре компании Alibaba «Таобао» и «Tmall». Согласно данным маркетинговых исследований и опросов, мировой рынок нижнего белья в интернете вырастает на 17% в течение 2016-2020 [213]. Кроме того, дизайн пояса СК и Boss может быть принят большинством

молодых мужчин, подростков или студентов колледжа, но дизайн СК более предпочтителен [152]. Многие китайские потребители предпочитают использовать продукт с фирменным знаком, который имеет символическую идентификацию [153]. В целом, китайские потребители непривычны или неспособны тратить значительные суммы денег на белье независимо от названия бренда. Таким образом, влияние быстрых модных брендов, таких как C&A, Zara, H&M слабее по отношению к бренду первой линии, но большое количество продуктов фаст-фэшэн, а также более быстрое обновление продукта, высокая скорость доставки и низкая цена привлекают подавляющее большинство потребителей.

Размер белья. Половина китайских потребителей потребляют бельес размерами L и XL, но некоторые системы маркировки белья в Китае считают L размер самым маленьким. Таким образом, значения от L до XL приблизительно соответствуют телам с весом 50...75 кг или обхватам талии с 65...80 см. В таблице 2.3 показаны средние оценки, которые выставили респонденты, разным размерам белья по шкале: 1 - большое несоответствие, 2 - несоответствие, 3 - удовлетворительно, 4 - вполне удовлетворительно, 5 - очень подходит. Видно, что респонденты разных возрастных групп выбирают белье с хорошей посадкой (коэффициент больше 3).

Таблица 2.3 – Оценка среднего размера белья

| Возрастная группа | S | M | L | XL | XXL |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| моложе 25 | 3,52 | 3,60 | 3,60 | 3,68 | 3,56 |
| 25...35 | 3,48 | 3,69 | 3,66 | 4,04 | 3,65 |
| 35...55 | 3,61 | 3,68 | 3,76 | 3,83 | 3,71 |
| старше 55 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 4,67 | 4,25 |
| Std. Dev., ± | 0,68 | 0,76 | 0,69 | 0,67 | 0,67 |

Предпочтения размеров среди возрастных групп выглядит следующим образом:

- до 25 лет – M, L, XL;
- в возрасте от 25 до 35 – M, L, XL;

- в возрасте от 35 до 55 – L, XXL, XL;
- старше 55 –XL, XXL.

Большинство китайских респондентов используют размер XL (средний балл 4,06), но с возрастом размер растети меняется от M, L до XXL. Присутствует несоответствие, отраженное в более низком уровне баллов в таблице 2.3, поэтому для улучшения маркировки белья необходима классификация мужской нижней части и структуры белья. Только десятая часть российских респондентов не знает, какой размер нижнего белья больше подойдет. 80%, бангладешских респондентов предпочитают XL.

Элементы композиции. Большинство респондентов из Китая, Франции и России при покупке ориентированы на тип белья. Китайских респондентов интересуют четыре фактора (тип 24,4%, конструкция 21,7%, цвет 21,0% и пояс 20,9%). Французы (63,5%) и российские (34,9%) респонденты обратили внимание на тип и на меньшее количество других факторов. Первое и второе места относятся к сырью (100% хлопок и хлопок + синтетические волокна) у всех респондентов. Около одной трети французов и половины российских респондентов не имеют особых предпочтений в отношении материалов. 20,4% китайцев и 28,6 % бангладешцев предпочитают материалы с лайкрой.

Почти все респонденты предпочитают черный цвет, потом темно-синий, а затем серый цвет. У французские респондентовна втором месте находятся цветовыекомбинации и только 1% респондентов предпочитает серый цвет. Китайские (4,4%) и российские (2,69%) респонденты заинтересовались зеленым цветом. Десятая часть респондентов из Бангладеш отдает предпочтение зеленому цвету.

3. Физиологические предпочтения. Функции белья. Как видно изтаблицы 2.4, большинство респондентов сосредоточены на комфорте белья и его функциях.

Таблица 2.4 – Факторы, которые учитывают респонденты при покупке

нижнего белья, %

| Фактор покупки | Удельный вес фактора, %, среди группы респондентов | | | |
|--------------------------|--|-----------|-----------|-------------|
| | Китайцы | Французы | Россияне | Бангладешцы |
| Комфортность | 25,1 | 77 | 60 | 100 |
| Привлекательный вид | 12,1 | 8,1 | 13,3 | 0 |
| Эффект коррекции спереди | 23,4 | 0 | 3,3 | 0 |
| Эффект коррекции сзади | 14,9 | 0 | 3,3 | 0 |
| Оба эффекта коррекции | 17 | 1,4 | 13,3 | 0 |
| Необдуманый | 7,4 | 13,5 | 6,7 | 0 |

Около четверти китайских респондентов интересуют коррекционные эффекты в передней части (гениталии). Около одной десятой французов и россиян ориентированы на собственную внешность в нижнем белье. Они также учитывают и другие элементы, такие как цвет, конструкция и дизайн пояса, которые помогают улучшить собственный образ.

Для анализа востребованности белья с эффектом коррекции мы выбрали китайских респондентов, которые предпочитают нижнее белье с «многими швами» (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Анализ отклонений и пост-hoc-тест

| Зависимая переменная | Тест множественные сравнения(Scheffe) | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|------|----------------------------|-------|
| | (I) Много швов | (J) Много швов | Среднее различие(I-J) | Sig. | 95% Доверительный интервал | |
| | | | | | Низкий | Вверх |
| Эффект коррекции спереди | Не нравится | Очень нравится | -0,89 | 0,03 | -1,72 | -0,07 |
| | Не нравится | Удовлетворительно | 0,46 | 0,04 | 0,01 | 0,90 |
| | Очень нравится | Удовлетворительно | 0,86 | 0,00 | 0,28 | 1,44 |
| Эффект коррекции сзади | Очень нравится | Не нравится | 0,89 | 0,03 | 0,07 | 1,72 |
| Оба эффекта коррекции | Очень нравится | Не нравится | 1,08 | 0,00 | 0,28 | 1,89 |

С помощью дисперсионного анализа «post-hoc» и теста по методу Шеффе(*Scheffe*) установлено, что для трех зависимых переменных значения критерия F составляют 6,81, 3,14 и 4,97, все $sig. < 0,05$, они достигли

значительного уровня в Таблице 2.5. Поэтому различия между эффектами коррекции «спереди», «сзади» и «в двух местах» при предпочтении респондентами белья со «многими швами» должны существовать, а различия между соответствующими группами довольно значительны. Сформировав среднее различия (I-J), мы можем видеть, что:

1) для достижения эффекта коррекции спереди респонденты отметили, что им «очень нравится» («нравится») нижнее белье со многими швами;

2) для коррекционного эффекта сзади респонденты отметили как «очень нравится» нижнее белье со многими швами;

3) для эффект коррекции спереди и сзади средняя разница (I-J) составляет 1,08, значит, что и в этом случае «очень нравится» нижнее белье, с многими линиями швов.

Поэтому, в целом, респонденты любят нижнее белье со «многими швами» и предпочитают коррекционные эффекты как спереди, так и сзади.

Способ ношения белье. Бангладешцы (60%) предпочитают носить брюки с поясом ниже, чем нижнее пояс белье. Большинство других респондентов носят белье ниже пояса брюк (китайцы 70,0%, французы 63,5% и русские 53,3%). 53,2% китайцев считают достигать соответствия между нижним бельем и брюками каждый раз, например, носить узкие джинсы с плотным бельем. 79,7% французов и 50% россиян никогда не рассматривают нижнее белье и брюки в одном стиле, когда они меняют разные брюки, то нижнее белье остается без изменений. 80% бангладешцев не считают нужным сочетать стили нижнего белья и брюк.

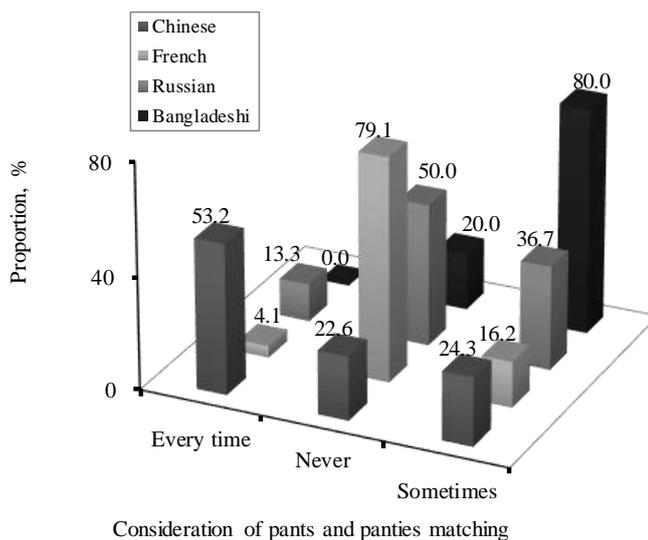


Рисунок 2.13 – Предпочтения относительно соответствия белья и брюк: каждый раз (everytime), никогда (never), иногда (sometimes)

Согласно опросу и рисунку 2.14, большинство респондентов носят нижнее белье весь день и дневное время, как французы. 60% бангладешских респондентов предпочитают спать обнаженными. Для русских, китайцев и французов более схожи частоты ношения нижнего белья.

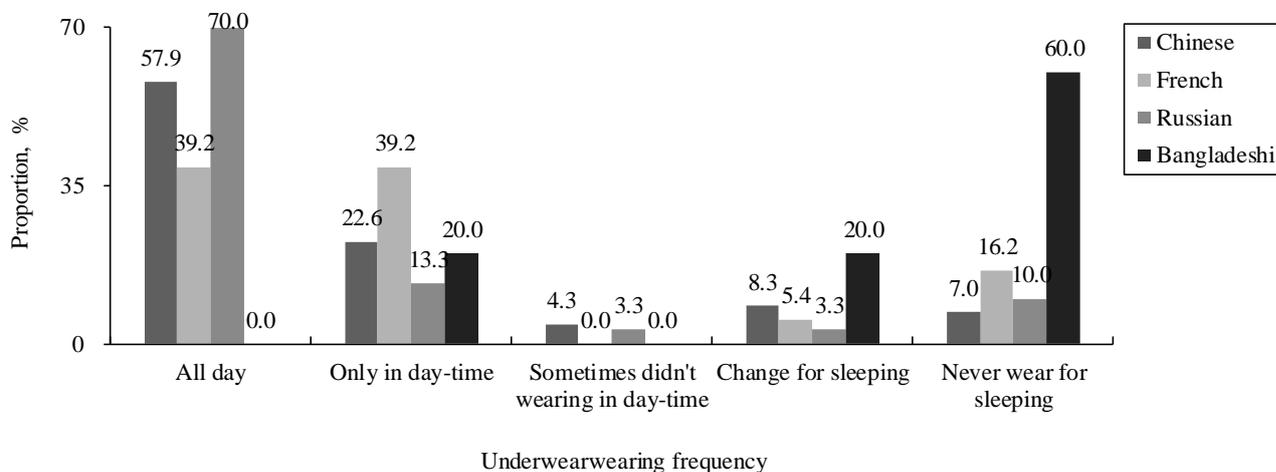


Рисунок 2.14 – Распределение продолжительности ношения нижнего белья: все сутки (allday), только в дневное время (onlyinday-time), не носят бельё (sometimesdidn'twearinginday-time), меняют для сна (changeforsleeping), спят обнаженными (neverwearforsleeping)

Места дискомфорта. Все потребители имеют ощущение дискомфорта в передней части белья (27% китайцев, 48,6% французов, 23,7% россиян и 20% бангладешцев); затем в области промежности. Однако такие значительные

пропорции указывают на то, что структура белья и размер вызывают много проблем.

2.3.3. Общие предпочтения поведения

Основными факторами потребительского поведения, являются тип белья и конструкция, включая тип, плотность прилегания и структуру. Второстепенными факторами являются частота покупки, бренд и ощущения при ношении.

Боксеры-брифы, боксеры и боксерские-шорты являются лидерами предпочтений: эти три типа составляют более 50% от общего объема покупок. Фактически боксерские трусы являются самым передовым продуктом на рынке из-за его простого стиля и соответствующей плотности, поэтому *в диссертационной работе необходимо будет провести углубленные конкретные исследования и анализ именно этого продукта. Любимый дизайн респондентов –плотно прилегающее боксерские трусы с небольшим количеством структурных швов с положением пояса ниже талии на 5...7 см, с функцией пуш-ап из 100% хлопка темного цвета.*

Четверть респондентов не знают, какой дизайн или структуру они предпочитают. Треть опрошенных не смогли определить размер своего белья, не имеют представления о структурных характеристиках, функциях в силу отсутствия осведомленности и опыта. Так, новое функциональное и структурное нижнее белье нужно изучать и исследовать по причинам большого количества отзывов большинства респондентов о неудобных ощущениях, вызванных материалами и конструкцией.

Выводы по главе 2

В результате проведенного исследования установлены различия между потребителями и проблемы, возникающие при покупке и ношении белья.

1. На основании проведенного художественно-конструктивного анализа мужского белья, представленного на рынке, определены основные типы белья и их структурное содержание. Определены положения и конфигурация основных линий – пояса, низа, оформления передних вставок, ставшие типологическими пространствами для разработчиного дизайна функционального белья.

2. Размеры нижнего белья сконцентрированы в группах M, L и XL, что соответствуетобхватам талии 65–82 см и весу 50..75 кг. Респонденты, как правило, имеют 8–12 предметов нижнего белья. Периодичность покупки нижнего белья в основном происходит время от времени, но обычно один раз в полгода. Очевидно, что мужское нижнее белье имеет большой потенциальный рынок.

3. Большинство потребителей предпочитают типы боксеры-шорты и боксеры с небольшим количеством швов и считают главным показателем комфорт. Присутствует высокий интерес к компрессионному белью. Китайские потребители предпочитают очень плотное белье с большим количеством швов и коррекционными эффектами. Вследствие этого необходимо изучить структурный дизайн плотно облегающихбоксеров и боксеров и улучшить их комфорт.

4. Наиболее проблемной зоной в белье является передняя часть и зона контакта с промежностью. Это свидетельствует о том, что структура белья не адаптирована к морфологии человеческого тела. Таким образом, изучение структурных характеристик мужского нижнего белья и способностей трикотажных материалов обеспечивать необходимые эффекты имеет важное значение для удовлетворения потребителей.

Таким образом, конструкция белья, которая является результатом знания морфологии мужского тела, правильности изготовления чертежей и конфекционирования материалов, является наиболее важным моментом.

Глава 3. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ДИЗАЙНА НИЖНЕГО БЕЛЬЯ

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в семи работах [275-281].

3.1. Особенности морфологии мужских фигур

3.1.1. Влияние морфологии подкорпусной части торса на структуру белья

Основным участком мужской фигуры, влияющим на конструкцию плотно облегающего белья, является область промежности. Она напрямую влияет на структуру, эстетику, комфорт и функциональность белья [58].

Размеры области промежности зависят от формы ног, возможные варианты которых показаны на рисунке 3.1, *а*. При форме ног Х-типа промежность узкая, а при форме О-типа промежность шире.

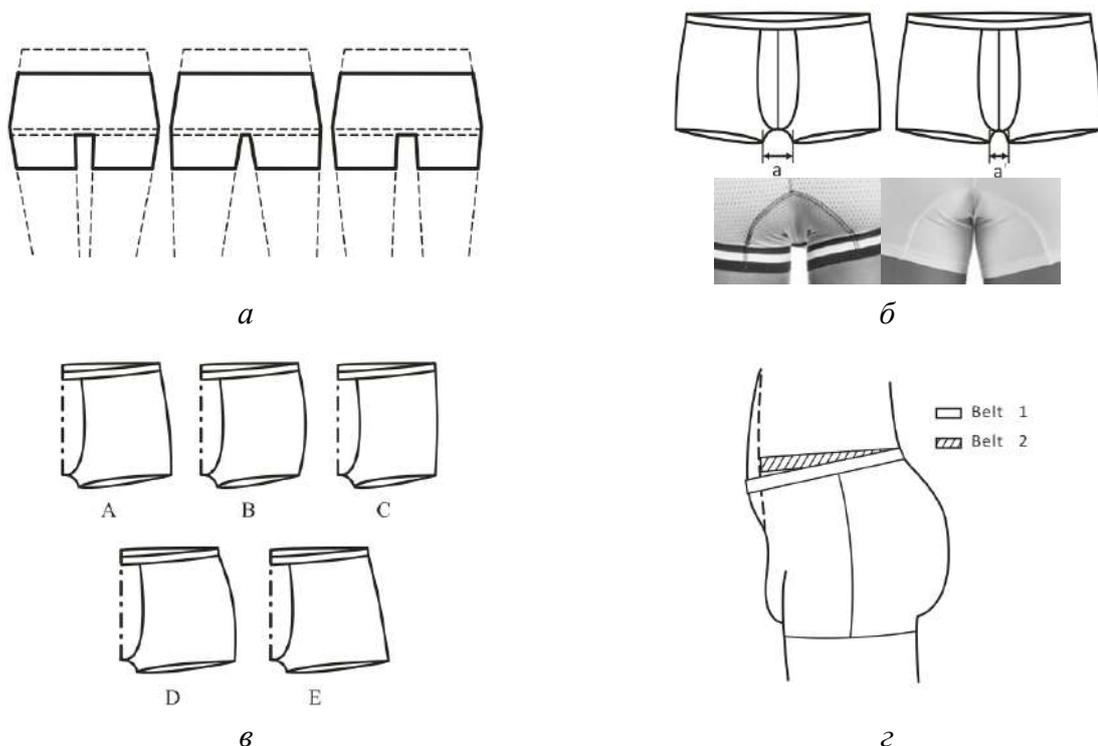


Рисунок 3.1 – Влияние морфологии фигуры на внешнюю форму белья: *а* – формы ног Х, О, нормальный; *б* – ширина промежности как расстояние между внутренними поверхностями бедер (увеличенная, нулевая); *в* – форма бедер (А – нормальные, В – выпуклые, С – плоские, D – женского типа, Е – женского типа); *г* – влияние формы выпуклости живота на положение пояса

В зависимости от ширины промежности между бедрами определяют ширину ластовицы в белье (рисунок 3.1, б). Величина «а» – ширина промежности между двумя бедрами, которая может определить ширину ластовицы белья.

Форма ягодицы обхват бедра влияют на оформление линии низа и верхней линии. Как показано на рисунке 3.1, в, в случае одного и того же обхвата талии из-за размеров ягодиц и бедер могут присутствовать следующие особенности белья: «А» - стиль для нормально сложенных фигур, «В» – для фигур с малым обхватом бедра, «С» - для плоских ягодиц, «D» - для фигур с большими ягодицами, «Е» – для фигур с большими ягодицами и большим обхватом бедра.

В зависимости от выпуклости нижней части живота, как показано на рисунке 3.1, г, по разному происходит распределение обхвата талии между передней и задней частями фигуры. Оно будет влиять на положение пояса о белья. Возможны два варианта проектирования пояса: «пояс 1 (Belt 1)» для случая, когда доля обхвата спереди больше, чем сзади. Пояс носят ниже уровня талии спереди; «пояс 2 (Belt 2)» – для основной массы потребителей.

3.1.2. Особенности таза

На рисунке 3.2 показано строение мужского и женского таза.

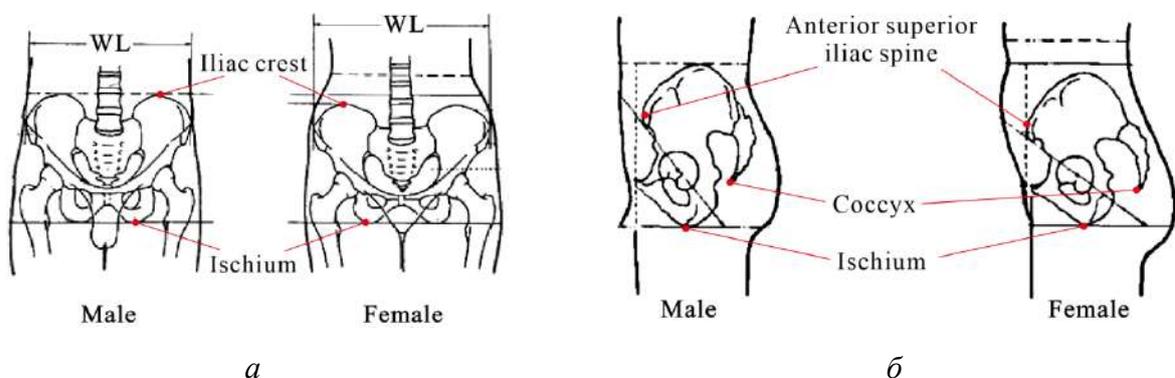


Рисунок 3.2 – Строение мужского и женского таза: а – спереди; б – профиль [139]

Расстояние между концами крестца и сидалищем у женщин больше, чем у мужчин, что приводит к различиям в тазобедренных формах. Распределение мягких тканей ягодиц также различно, у женщин они, как правило, ниже и больше, что делает ягодицы плоскими и провисающими; у мужчин они меньше и расположены выше. Согласно результатам сканирования 127 молодых женщин и 115 молодых мужчин установлено, что средняя толщина женского бедра составляет 22,56 см, а мужского 24,87 см [139].

На рисунке 3.3 показаны схемы согласования проекционных размерных признаков с шириной шага передней и задней частей брюк.

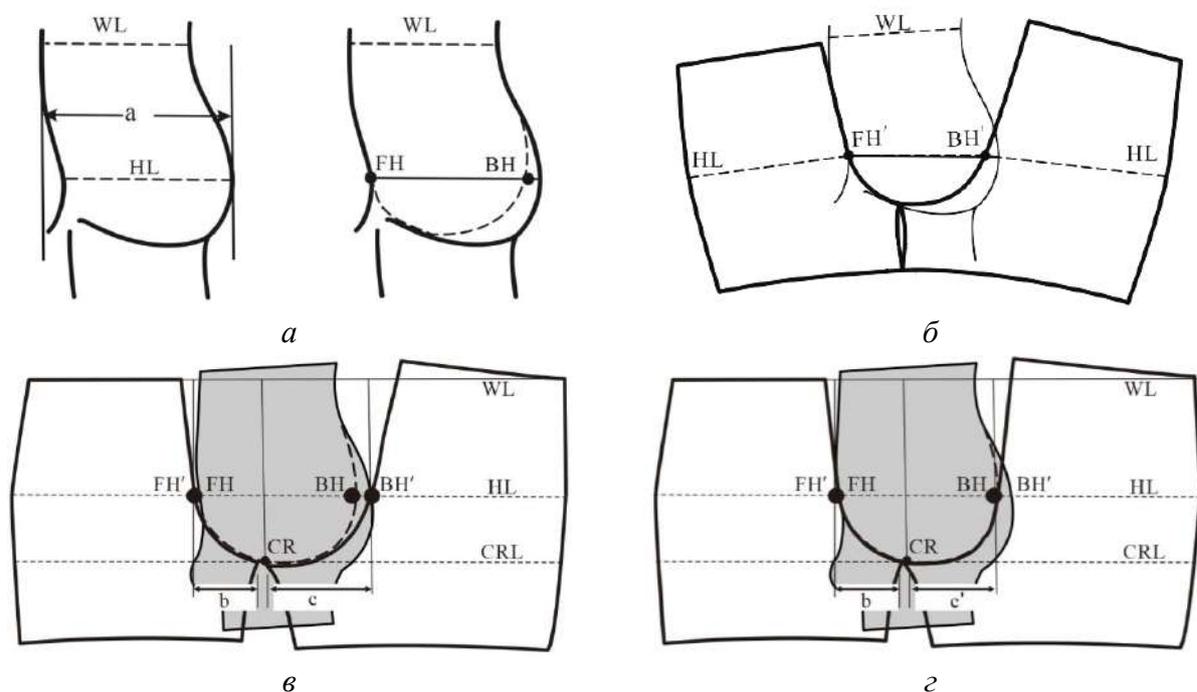


Рисунок 3.3 – Влияние проекционных параметров подкорпусной части на конфигурацию линий и ширину шага передней и задней частей брюк: *а* – передне-задний диаметр профиля; *б* – теоретическое расположение средней линии брюк относительно условной линии сочленения левой и правой половин фигуры; *в* – различия между линиями промежности и средними линиями чертежа из-за положения точки *BH*; *г* – сравнение профиля фигуры с чертежом брюк

На рисунке 3.3, *а* символом "а" обозначен передне-задний диаметр на уровне бедер, равный расстоянию между выступающими точками живота и ягодиц на профильной проекции. Очевидно, что расстояние "а" связано с шириной промежности *FH-BH*, но они равны между собой, и будет влиять на конструктивные отрезки ширины шага. *FH* – первая точка на уровне бедра,

BH – задняя точка, близкая к крестцу или копчику на уровне бедра, но не на ягодицах. Когда диаметр a увеличивается, то ширина шага должна быть больше.

На рисунке 3.3, б обозначены точки FH' , BH' на чертеже конструкции брюк, соответствующие точкам FH и BH . На чертежах ширины шага на передней и задней частях обозначены как «b» и «с» (рисунок 3.3, в). Ширина переднего шага $FH-Cr$ (Cr - точка промежности) равна «b».

Как показано на рисунке 3.3, в, между расстояниями $FH'-BH'$ с $FH-BH$ существует определенная разница, которая влияет на конфигурацию средних линий. Аналогичные зависимости существуют и для задней части "с". Из приведенного рисунка 3.3, в, видно, что $FH'-BH'$ на чертеже больше, чем $FH-BH$ на торсе, а точки промежности Cr в чертеже и фигуре CrL не совпадают.

Рисунок 3.3, г показывает расположение линий промежности и средней линии плотно облегающих брюк, для которых справедливо отношение $FH-BH = FH'-BH'$. Поэтому при проектировании чертежей расстояние $FH'-BH'$ должно быть меньше фактического расстояния $FH-BH$ человеческого тела при совпадении точек Cr . То есть ширина шага ($b' + c'$) должна быть меньше передне-заднего диаметра, чтобы обеспечить плотно прилегающую форму дизайне белья.

3.1.3. Особенности торса от талии до бедра

Талия самая тонкая часть тела. Естественный уровень талии расположен в области наименьшего обхвата. В мужском белье пояс проектируют ниже естественной талии. Поэтому проектирование пояса белья не может быть основано только на естественной талии W_G . Пояс обычно расположен на 4 см или 8 см ниже.

Ягодицы подвергаются наибольшим изменениям в движении, из-за приседания и других динамических действий. Подкожный жировой слой

ягодицы толще и более концентрирован около подъягодичной складки в нижней части ягодицы, что приводит с возрастом к отложению жира, изменению формы ягодиц. Например, с целью корректировки появилось нижнее белье с лифтинговым эффектом.

3.1.4. Получение эффекта *Push-up*

Рисунок 3.4 показывает схему эффекта корректировки пластики мягких тканей. Две криволинейные линии на рис.3.4, *a* обозначают форму половых органов: исходное положение «старое (*old*)» и новое положение «новая (*new*)» после поднятия вверх. Для определения коррекции измеряли расстояния по высоте между выступающими точками спереди и сзади. Как видно из рисунка 3.4, *a* высота поднятия половых органов может быть относительно большой, а передвижения ягодиц относительно ограничено.

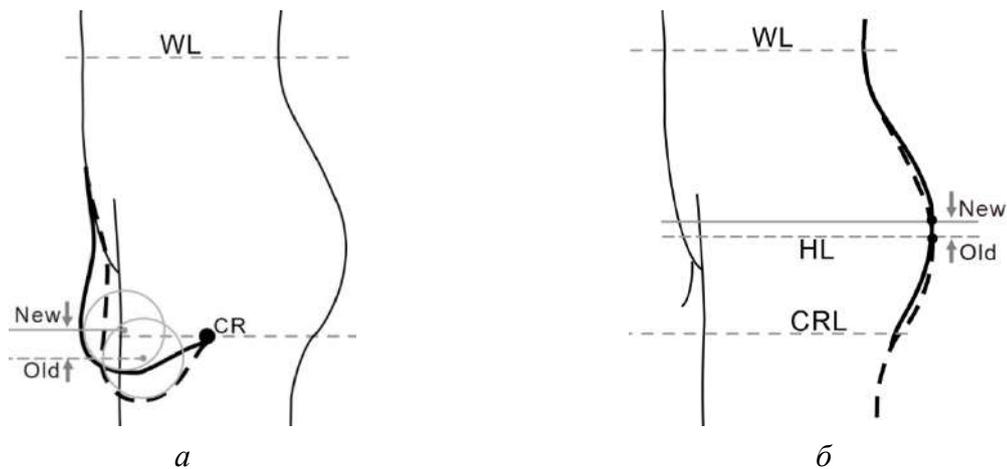


Рисунок 3.4 – Эффект *Push-up* для коррекции пластики: *a* – спереди; *б* – сзади

Поэтому основным эффектом мужского нижнего белья является эффект коррекции, показанный на рисунке 3.4, *a*.

3.2. Методы для формирования антропометрической базы данных

В настоящее время мужское нижнее белье проектируют на основе традиционных измерений тела, таких как обхват талии, обхват ягодиц, вес или

рост и маркируют как M, L и т. д. [268]. На рисунке 3.5 показана схема традиционных измерений фигур для проектирования белья и их связь с измерениями готовых изделий.

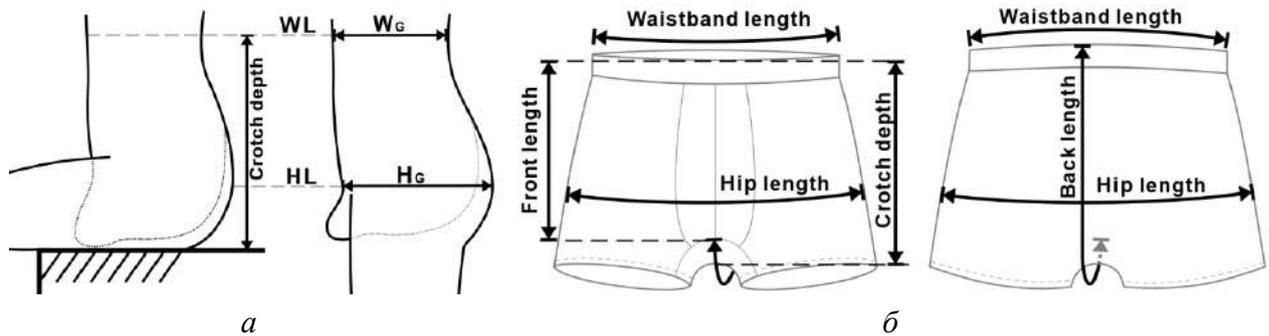


Рисунок 3.5 – Традиционные измерения для конструирования и контроля белья: *a* – размерные признаки; *б* – измерения готового белья

На рисунке 3.5, *a*, показаны три измерения: естественный обхват талии W_G (узкий, самый маленький обхват на уровне талии WL), обхват ягодиц H_G (наибольшая обхват на уровне ягодиц HL) и глубина сидения (расстояние между WL и уровень сиденья). Глубину сидения измеряют в сидячем положении, и на нее влияют мягкие ткани ягодиц. На рисунке 3.5, *б* показаны схемы измерений для контроля готовых изделий. Результаты измерений не равны размерным признакам из-за особенностей проектирования и показателей свойств материалов.

Иногда системы маркировки различаются между национальными брендами и стилями нижнего белья [72]. Более того, существующих способов маркировки нижнего белья и классификации мужских фигур недостаточно для представления особенностей белья различных стилей [171]. Очень часто потребители с отличительными физиологическими характеристиками и нетипичными измерениями тела должны использовать бельё одного размера. Нижнее белье нельзя примерить перед покупкой, чтобы контролировать посадку и комфорт. Таким образом, в рамках общего процесса кастомизации, потребители нуждаются в дополнительной информации об особенностях и конструкции нижнего белья, чтобы быть уверенными в комфорте ношения, функциональности и многих других аспектах.

Существующие в настоящее время методы построения чертежей мужского белья очень неполны, основаны на эмпирических данных и готовых измерениях одежды без уравнений, которые соединяли бы параметры чертежа и измерения тела в соответствии с морфологией мужского тела. По этим причинам ещё нет точного, подробного, научного метода построения чертежей и прототипа мужского нижнего белья.

Поэтому, чтобы создать новый метод конструирования мужского белья, нам нужна дополнительная информация, которая позволит повысить удовлетворенность клиентов, производить более комфортное нижнее белье и снизить себестоимость продукции [105]. Следует добавить некоторые новые дополнительные измерения для описания мужской морфологии [5]. Таким образом, улучшение нижнего белья невозможно без структурных изменений в базах данных.

В нашем предыдущем исследовании, мы собрали суждения и требования более чем 700 мужчин из Китая, Франции, России и Бангладеш. Большинство респондентов указали на важность учета размеров передней части белья; недостаточность существующего способа маркировки белья (например, M, L) для правильного выбора. Таким образом, традиционные размерные признаки для маркировки и дизайна нижнего белья устарели и неразумны; их следует пересмотреть и реформировать.

3.2.1. Бодисканирование фигур

Мы использовали *VITUSSmartXXL* (360° бесконтактный 3D сканер тела, четыре лазерных датчиков и две камеры в каждой колонке) для сканирования по стандарту «DINENISO 20685» и программное обеспечение *Anthroscan* для обработки 3D изображений. *Anthroscan* - это программное обеспечение для визуализации, обработки и оценки данных 3D сканирования, сделанное для сканера тела «*VitusSmartXXL3D*». *Anthroscan* основан на интерактивных

измерениях человеческого тела. Внешний вид бодисканера, использованного в работе и установленного в Центре цифровых технологий ИВГПУ, показан на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Система для 3D-сканирования

Чтобы сделать это исследование, мы сделали некоторые важные измерения, которые должны обеспечить основу для последующего эксперимента. Два способа получения данных мы использовали: «традиционный» и «новый». Традиционные данные получали непосредственно с помощью 3D сканера. Новые данные были рассчитаны на основе горизонтальных и вертикальных поперечных сечений, извлеченных из полноразмерных цифровых изображений путем обработки и анализа. Двумя способами мы объединили измерения для создания новой классификации мужских фигур.

Было выбрано 115 китайских, 7 бангладешских и 38 русских юношей от 18 до 28 лет без структурных деформаций опорно-двигательного аппарата. (общее количество 133 фигуры). Выборка китайских юношей имеет следующие характеристики: рост 156,1....206,7 см, обхват талии от 63,5....93,3 см, обхват бедер 82,8...114,1 см, длина ноги по внутренней поверхности 65,3....90,9 см. Выборка остальных юношей из Бангладеш и России имеет характеристики: обхват талии 85,3....99,2 см, обхват бедер 78,6.....100,7 см, длина ноги по внутренней поверхности 77,3....79,1 см. Как мы видим,

диапазоны измерений тела покрывают друг друга. На рисунках 3.7 и 3.8 показаны схема получения некоторых сечений и сканы нескольких фигур.

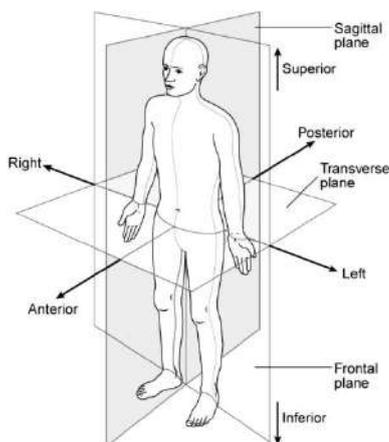


Рисунок 3.7 – Плоскость для получения сечений фигуры [168]

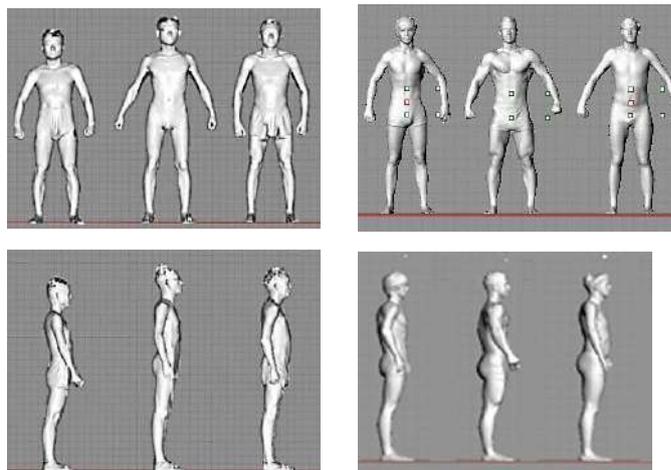


Рисунок 3.8 – Сканы китайских и русских мужчин

Программное обеспечение SPSS было использовано для анализа данных, для проверки точности измеренных данных, корреляции, анализа тенденции изменения (диаграмм) и анализа линейной регрессии. В большинстве антропометрических приложений количество измеряемых людей должно быть больше $n \geq 30$ [144]. Однако, если число объектов подчиняется нормальному распределению, меньшее значение можно использовать для повышения точности результатов. Мы контролировали количество всех измеренных измерений тела, чтобы быть уверенными в его принадлежности к нормальному распределению. Мы использовали критерий Шапиро-Уилка (*Shapiro-Wilk, S-W*) как наиболее мощный критерий для проверки нормальности по SPSS [155]. Этот тест обладает большей эффективностью, чем критерии согласия Колмогорова и однородности Смирнова (*K-S*) [175]. Исследователи рекомендуют его для проверки нормальности данных [187] с помощью эффективного инструмента диагностики квантиля *Q-Q* и проверки соответствия теоретического распределения экспериментальным данным [53].

На рисунке 3.9 показаны кривые нормальных распределений на *Q-Q* участке (с небольшим отклонением) для двух размерных признаков.

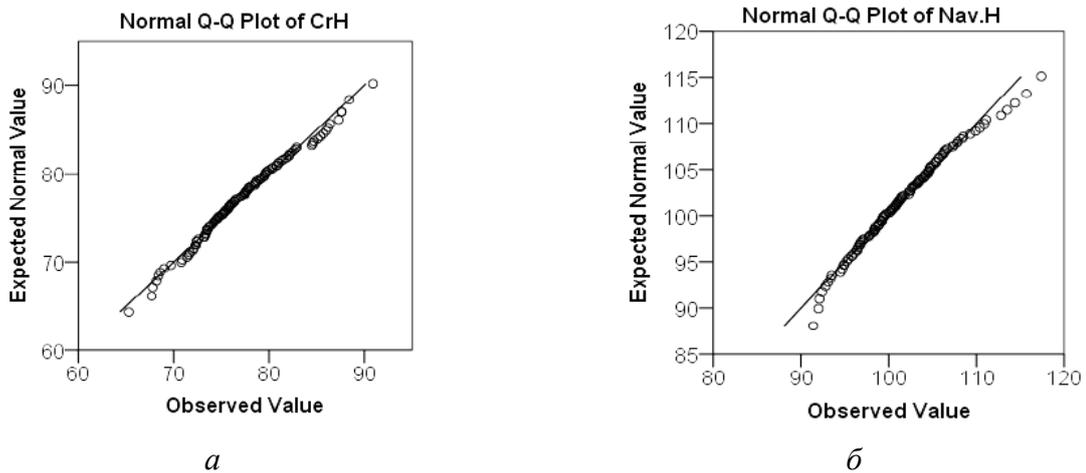


Рисунок 3.9 – Распределение вероятностей в $Q-Q$ участках: а – длина ноги по внутренней поверхности; б – высота талии

Графики $Q-Q$ для длины ноги по внутренней поверхности и высоты талии доказывают, что 115 измерений китайских мужчин подчиняются нормальному распределению. Так что $n = 115$ достаточно [46]. Те же выводы были сделаны и в отношении других измерений. Поэтому 115 молодых китайских мужчин могут представлять избранное население.

CorelDraw, Photoshop и Rich-peaceCAD были использованы для визуального представления, обработки изображения и построения чертежей.

3.2.2. Определение точки промежности

В качестве основного информационного ресурса о морфологии мужского торса мы выбрали вертикальное поперечное сечение через точку промежности. Все контрольные точки этого сечения можно узнать из данных *Anthroscan (Scanworx)*. Все антропометрические измерения в этой программе имеют свою четырехзначную цифровую индексацию, которую мы также использовали в своей работе. Область промежности в сагиттальной плоскости может быть описана с помощью следующих размерных признаков (рисунок 3.10): **6010** – длина дуги через паховую область (CL), **6011** – передняя часть дуги через паховую область (CL_F), **6012** – задняя часть дуги через паховую область (CL_B).

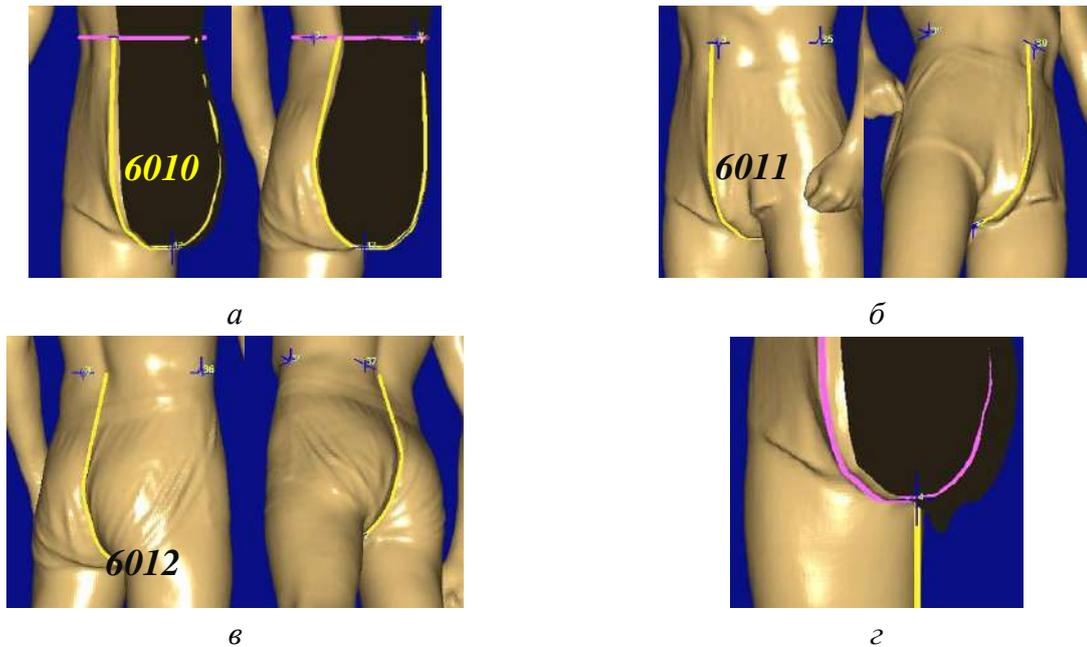


Рисунок 3.10 – Измерения в паховой области: *а*– длина дуги через паховую область CL , *б*– передняя часть дуги CL_F , *в*– задняя часть дуги CL_B , *г*– положение точки (определяется сканером)

Чтобы анализировать вертикальное сечение, следует найти положение точки промежности (Cr), аналогичное промежности под нижним торсом и между бедрами [150], и оно соответствует (или ближе всего) положению угла наклона малого таза в месте соединения линии гребня подвздошной кости и *ишиа*, которая представляет собой наклон *innominatebone* [122].

На рисунке 3.11, *б* показано, что чем больше наклон заднего таза, тем больше поясничный кифоз; чем больше наклон переднего таза, тем больше поясничный лордоз [257].

Мы знаем, что изменение наклона таза влияет на направление крестца. На рисунке 3.11, *б* [2, 56] мы можем видеть положения паховой точки Cr , но ее очень трудно точно определить Cr с помощью сканера тела из-за ограничения для проникания луча лазера между бедрами, влиянием нижнего белья и положением гениталий. Все перечисленные факторы обусловили различия между формами человеческого тела в сагиттальной плоскости. Точка Cr является значительной антропометрической точкой, и проблема ее идентификации по стандартной мере возникает из-за сложной ситуации.

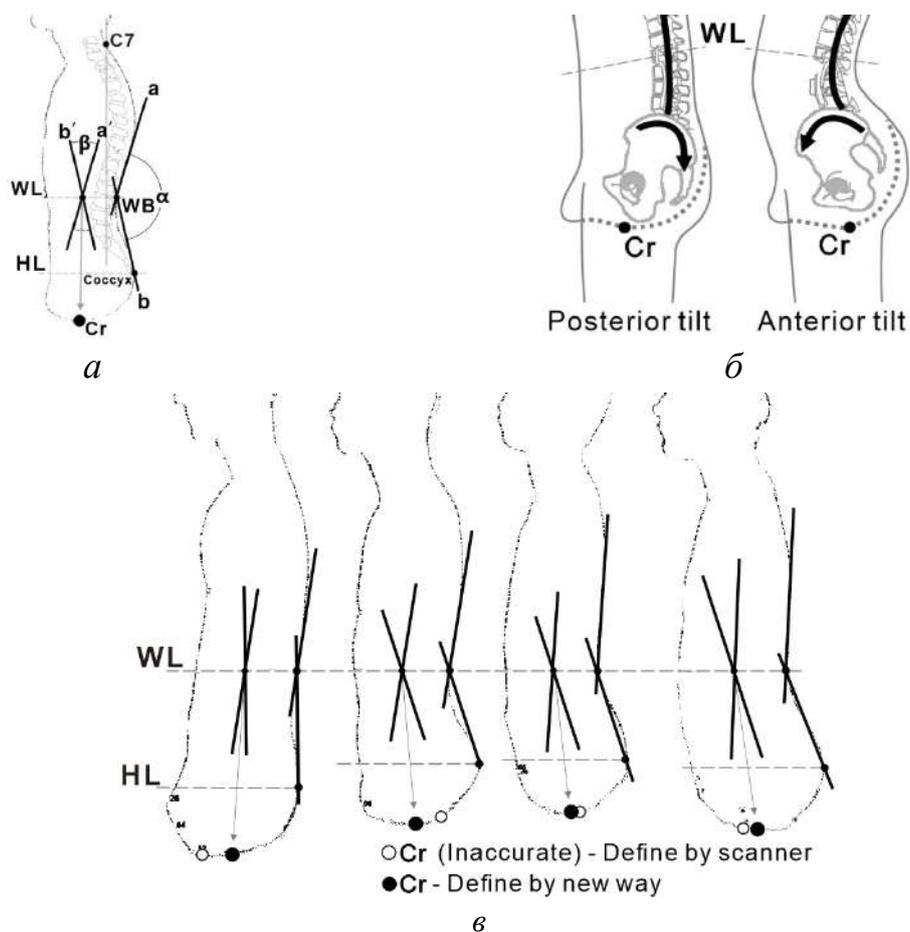


Рисунок 3.11 – Схема определения положения точки промежутиости: *a* – новая схема разметки вертикального сечения фигуры для нахождения точки *Cr*; *б* – угол наклона таза; *в* – сравнение положения точек *Cr* для четырех фигур.

На рисунке 3.11, *a* показана схема нового метода, который мы предложили, чтобы найти положение *Cr*.

Во-первых, мы провели две прямые линии: первая линия «*a*» начинается от точки на уровне талии *WB* и касается средне-нижнего отдела грудных позвонков; вторая линия «*b*» проходит из точки *WB* до конца крестца или копчика на уровне тазобедренного сустава (Приложение II, рисунок II.1). Во-вторых, мы отметили середину на передне-заднем диаметре талии, разделив его пополам. В-третьих, из середины передне-заднего диаметра талии мы провели две новые линии «*a'*» и «*b'*» параллельно линиям «*a*» и «*b*». В-четвертых, мы провели биссектрису угла, образованного линиями «*a'*» и «*b'*», до пересечения с нижней частью профиля в точке *Cr* (черная точка).

Нарисунке 3.11, в показаны некоторые профили, которые были созданы из отсканированных тел с их морфологическими характеристиками, такими как различные выпуклости гениталий, выпуклость крестца, верхняя часть туловища (позвонок) и разная высота и толщина торса. Мы видим видимую разницу между двумя местоположениями точек - новой *Cr* (черный цвет) и старой *Cr* (белый цвет), которая была определена в программе *Anthroscan*. Старые *Cr* точки, расположенные рядом с гениталиями или ягодицами, являются необоснованными. Однако новые точки *Cr* расположены в более точных положениях, которые не зависят от формы тела, половых органов и выпуклости ягодиц.

Наш метод был испытан в базе данных, содержащей человеческие тела с различными характеристиками формы, и обеспечил более точные результаты, чем после автоматического определения. Этот метод сочетает в себе знание морфологии человеческого тела и некоторые знания анатомии.

3.2.3. Совмещение поперечных сечений

На рисунке 3.12 показана схема совмещения горизонтальных сечений.

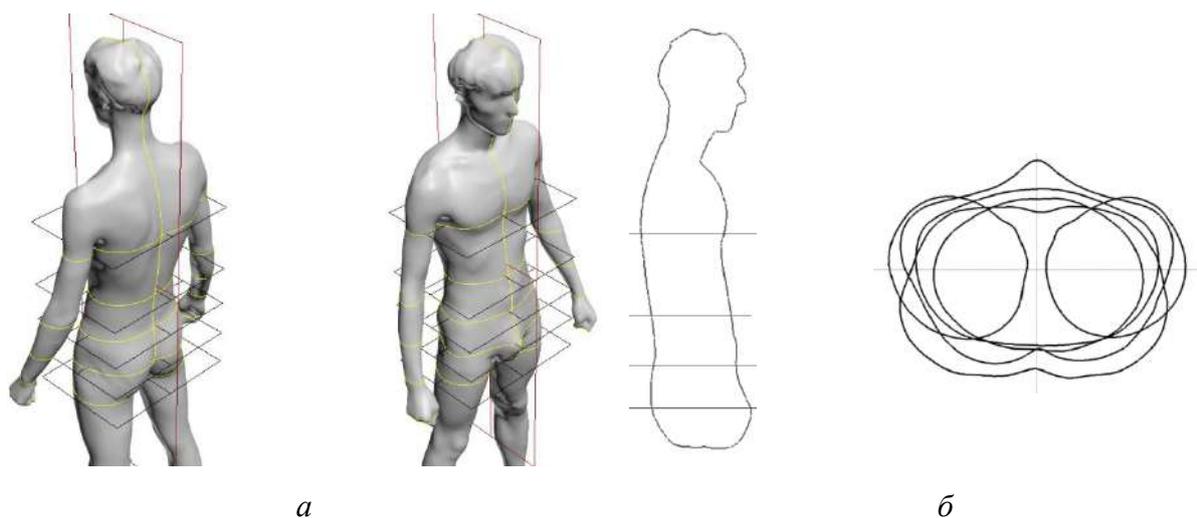


Рисунок 3.12 – Схема расположения сечений на сканаватарах: *а* – скан мужской фигуры; *б* – сечения бедра, бедер, живот, талия и груди

Нарисунке 3.12 показан способ проведения центральной вертикальной линии через точку *Cr*. На рисунке 3.12, б показано совмещение горизонтальных сечений.

Для совмещения вертикальных сечений мы использовали линию талии (*WL*) и вертикальную ось из точки *Cr*. Во-первых, мы проводили вертикаль из точки *Cr*. Во-вторых, естественное положение талия находили с помощью программного обеспечения *Anthroscan*. Наконец, для выбранных вертикальных сечений разных фигур мы совмещали все естественные линии талии в одну горизонтальную, а затем перемещая их влево или вправо, помещали все точки *Cr* на одной вертикальной направляющей.

3.3. Формирование новой антропометрической базы

3.3.1. Параметризация вертикальных сечений через паховую область

Для совмещения профилей участков нижней части туловища, взятых из отсканированных тел, использовали две оси - горизонтальную в качестве естественной талии (*WL*) и вертикальную из точки *Cr*. Во-первых, мы нарисовали вертикальную линию из точки *Cr*. Во-вторых, мы совместили все естественные линии талии, которые были обнаружены программным обеспечением *Anthroscan*, на общей горизонтали. Чтобы совместить все профили, мы выполнили следующие условия: поместили все точки *Cr* на вертикальной направляющей и совместили все линии талии.

Таким образом, мы объединили все профили для следующего анализа. На рисунке 3.13 показана схема метода нахождения среднего сечения, который мы разработали, взяв в качестве примера сечения китайских и российских фигур.

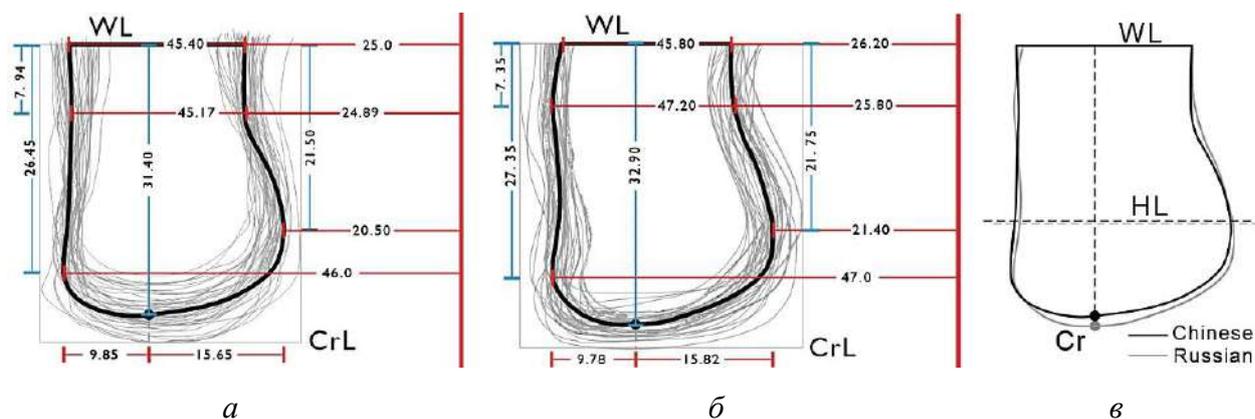


Рисунок 3.13 – Совмещенные вертикальные сечения нижней части торса: *а* – китайцы; *б* – россияне; *в* – усредненные сечения для китайских и русских мужчин

Во-первых, мы нарисовали четыре вертикальные линии фиксированной длины от уровня линии талии *WL* вниз до уровня *Cr*, длина которых равна значениям, вычисленным раньше (значения приведены для выборки китайских фигур):

- медианное расстояние (50% квантиль или второй квартиль Q_2) до уровня максимального обхвата живота (7,94 см);
- медианное расстояние до уровня пика гениталий (26,45 см);
- среднюю длину до паховой точки *Cr* (31,40 см);
- медианное расстояние до уровня выступа ягодицы (21,5 см).

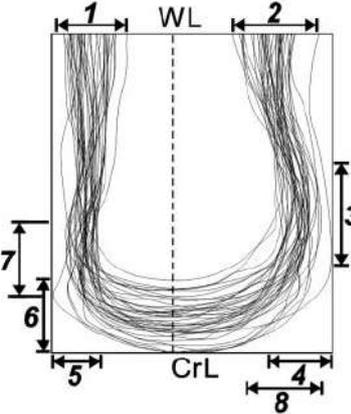
Во-вторых, мы начертили шесть горизонтальных линий с фиксированной длиной от вертикальной направляющей, со следующими длинами:

- медианноерасстояние до натуральной талия спереди (45,40 см) и сзади (25,0 см);
- медианное расстояние до максимального выступа живота спереди (45,17 см) и сзади (24,86 см);
- медианное расстояние до пика гениталий (46,0 см);
- медианное расстояние до выступающей точки ягодиц (20,50 см).

Через семь точек мы нарисовали среднее вертикальное сечение для китайских мужчин (рисунок 3.13, *а*). Такой же метод мы использовали для построения профилей россиян (рисунок 3.13, *б*). Рисунок 3.13, *в* показывает совмещенные средние сечения для китайцев и россиян.

В таблице 3.1 показаны характеристики, измеренные по поперечным сечениям профилей.

Таблица 3.1 – Характеристики поперечных сечений нижней части торсов

| Схема измерений | № | Наименование признака | Длина интервала, см | | |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------|--------------|-----------|
| | | | 1, для китайских мужчин | 2, Бангладеш | россиян |
|  <p>The diagram shows a cross-section of a male torso with various measurement points indicated by arrows and numbers 1 through 8. A vertical dashed line represents the centerline, labeled WL at the top and CrL at the bottom. The measurements are: 1 (width of the waist), 2 (width of the hips), 3 (height of the buttocks), 4 (width of the buttocks), 5 (width of the groin), 6 (height of the groin), 7 (width of the groin), and 8 (width of the genital area).</p> | 1 | Выступ живота | 6,9 | 8,6 | 2,4 |
| | 2 | Глубина талии вторая | 9,8 | 1,6 | 1,7 |
| | 3 | Положение ягодичной точки | 11,5 | 10,8 | 3,0 |
| | 4 | Выпуклость ягодиц | 4,7 | 4,9 | 4,5 |
| | 5 | Выпуклость гениталий | 5,4 | 8,3 | 5,6 |
| | 6 | Высота промежности | 8,1 | 10,8 | 5,6 |
| | 7 | Положение пикового уровня гениталий | 11,7 | 14,8 | 7,9 |
| | 8 | Природные талииназадглубина | 1,1...8,8 | 3,2...4,3 | 3,2...9,1 |

Мы видим различия между характеристиками нижнего торса: между передней выпуклостью и ягодицами; между пиковыми уровнями ягодиц и половых органов, высотой Cr , между шириной промежности спереди и промежностью сзади. Некоторые характеристики для Бангладеш и русских меньше, чем для китайцев, но разница № 5 (выпуклость гениталий) является более значительным. В целом, фундаментальные различия между № 3, 5 и 7 имеют решающее значение для проектирования функционального нижнего белья, особенно с эффектами «push-up» для лифтинга ягодиц и половых органов.

3.3.2. Новые размерные признаки

Мы увеличили количество измерений тела для детализации морфологических особенностей мужских фигур и улучшения конструкций мужского белья. Все основные и дополнительные измерения тела относятся к нижней части туловища и могут быть взяты непосредственно из сканируемых изображений, как показано на рисунке 3.14.

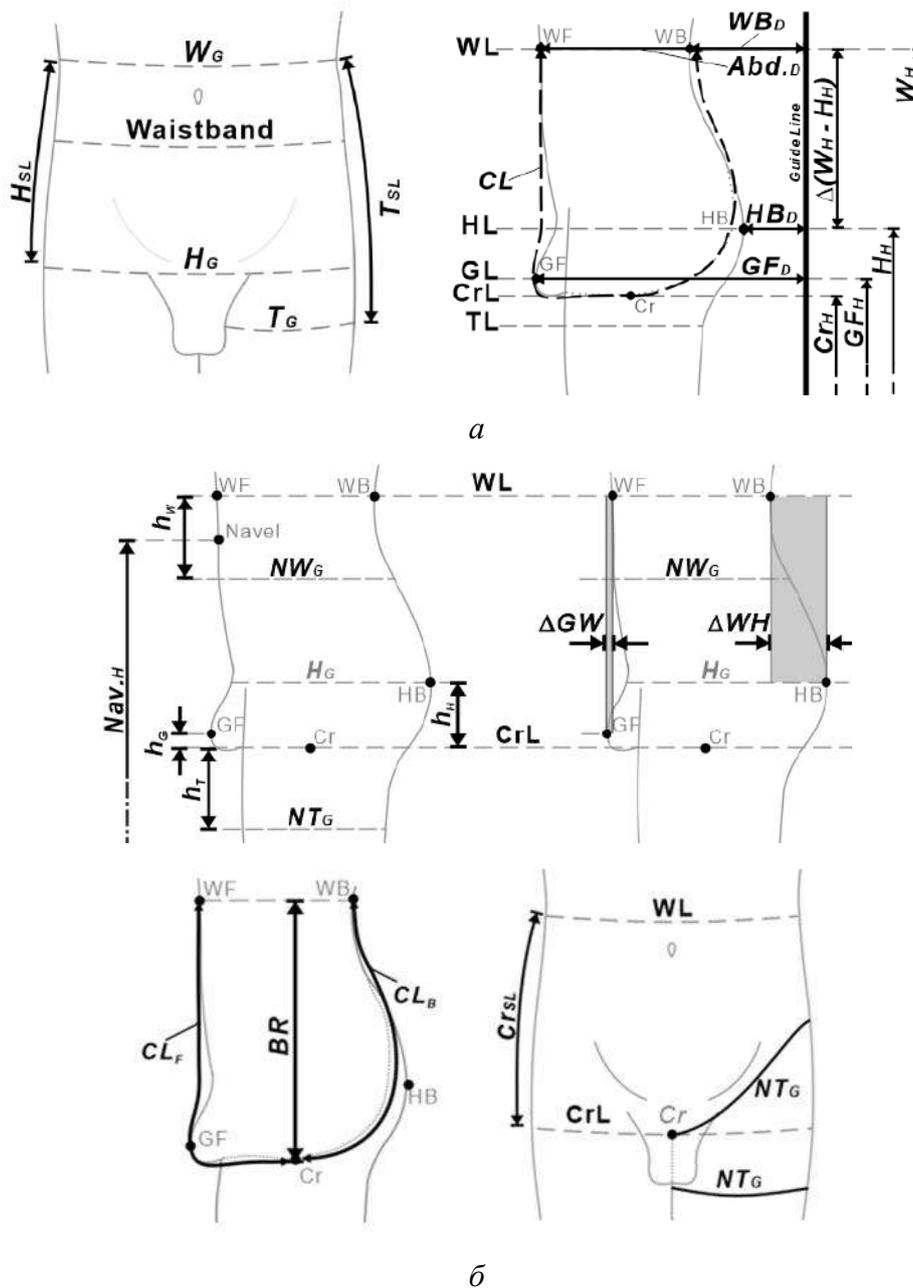


Рисунок 3.14 – Схема измерений новых размерных признаков: *a* – первичное; *б* – дополнительное

На рисунке 3.14 приняты следующие обозначения: WL является естественным уровнем талии как самой узкой частью обхвата. WF , WB - передняя и задняя части обхвата талии. HL - уровень бедер, HB - выступающая точка ягодиц. GF - пиковая точка гениталий. CrL - уровень промежности; Cr - точка промежности.

На рисунке 3.14, а показаны 14 основных измерений нижней части туловища, которые были получены с помощью 3D сканера и могут использоваться для проектирования нижнего белья. Измерения на рисунке 3.14 разделены на три группы: горизонтальные, вертикальные и дуговые:

(1) первичные горизонтальные проекционные измерения:

WB_D расстояние от уровня талии сзади до вертикали,

HB_D расстояние от выступающей точки ягодиц до вертикали,

GF_D расстояние от пиковой точки гениталий до вертикали,

$Abd._D$ расстояние от выступающей точки живота до вертикали;

(2) первичные вертикальные проекционные измерения:

$\Delta(W_H - H_H)$ вертикальное расстояние между уровнями талии и бедер,

H_H высота уровня бедер,

W_H высота уровня талии;

(3) первичные измерения дуг:

CL длина дуги через паховую область,

H_{SL} расстояние от уровня талии до уровня бедер сбоку,

T_{SL} расстояние от уровня талии до уровня обхвата бедра сбоку.

Как показано на рисунке 3.14, б для описания некоторых важных характеристик мужских тел мы выбрали 18 дополнительных признаков, которые были рассчитаны после обработки наших данных. На рисунке 3.14, б для обозначения дополнительных измерений были использованы аббревиатуры:

(1) дополнительные горизонтальные измерения:

$\Delta GW = GF_D - Abd._D$ проекционная разница между выступающей точки

живота и пиковой точкой гениталий;

$\Delta WH = WB_D - HB_D$ глубина талии вторая;

$\Delta(H_G - W_G)$ разность между обхватами бедер и талии;

NW_G обхват торса ниже естественного уровня талии на уровне пояса;

NT_G обхват бедра ниже паха в наклонном направлении;

(2) дополнительные вертикальные измерения:

Nav_H высота пупка;

GF_H высота пиковой точкой гениталий, соответствующая привычкам ношения белья;

Cr_H высота уровня промежности;

$BR = W_H - Cr_H$ проекционное расстояние между уровнем талии и паховой областью;

$h_G = GF_H - Cr_H$ разница между пиковой точкой гениталий и уровнем промежности;

$h_T = Cr_H - T_H$ разница между уровнем промежности и уровнем обхвата бедра;

$h_H = H_H - Cr_H$ проекционное расстояние между уровнями промежности и обхвата бедер;

$h_W = W_H - NW_H$ разница между уровнем талии и уровнем пояса;

(3) дополнительные измерения длины дуги:

CL_F дуга через паховую область спереди от уровня талии WF через пиковую точку гениталий до паховой точки Cr ;

CL_B дуга через паховую область сзади от уровня талии WB до паховой точки Cr с учетом выступа ягодиц;

Cr_{SL} расстояние от уровня талии до уровня паха сбоку;

$\Delta F = CL_F - BR$ разность между дугой через паховую область спереди и проекционным расстоянием между талией и паховой областью для характеристики выпуклости лобковой части;

$\Delta B = CL_B - BR$ разность между дугой через паховую область сзади и проекционным расстоянием между талией и паховой областью для характеристики выпуклости ягодиц.

Абсолютно новыми среди дополнительных измерений являются следующие:

h_G для характеристики пространственного положения гениталий - выше или ниже - в соответствии с персональными привычками ношения белья.
 ΔF количественная характеристика объема половых органов;

ΔGW описывает выпуклость мужских гениталий в горизонтальном направлении (на рисунке 3.14 он показан как ширина серого прямоугольника). Его величина будет отрицательной, когда живот выступает дальше, чем пиковая точка гениталий. По нашей статистике, 25% мужчин имеют отрицательное значение ΔGW (среднее отрицательное значение составляет -0,68 см) и 75% мужчин имеют положительное значение ΔGW (средняя величина составляет 0,80 см).

3.3.3. Статистический анализ новых размерных признаков

Существует пять важнейших измерений NW_G , h_w, h_G , ΔGW , ΔWH , NT_G , которые можно использовать для дизайна нижнего белья и классификации мужских тел (их применение показано в главах 4 и 5).

На примере NW_G на -8 см ниже WL и положения NT_G на уровне Cr (0°) приведено подробное объяснение статистической обработки.

Во-первых, проверка в SPSS по *Cronbach's Alpha*, α показала, что надежность составляет 0,86, а все данные имеют хорошие результаты внутренней согласованности. После проведения корреляционного анализа подтверждено, что все данные на уровне значимости 95% не коррелируют друг с другом.

Во-вторых, мы применили метод корреляционного анализа для выбора ключевых измерений для дизайна белья и классификации мужских торсов. Критический коэффициент корреляции $r = 0,321$ для $n = 115$ и уровня вероятности $\alpha = 99,9\%$ (0,001) в соответствии со статистическим справочником Большева–Смирнова (*Bolshev-Smirnov*) [12]. Чтобы выбрать новые дополнительные размерные признаки, мы должны быть уверены в их независимости от первичных размерных признаков. Матрица корреляции между дополнительными и первичными размерными признаками приведена в Приложении II, таблица II.1, где показано, что четыре дополнительные измерения ΔGW , $\Delta(H_G - W_G)$, $Cr_H, NT_G(CrL, 0^\circ)$ полностью независимы, их можно использовать с другими основными измерениями для того, чтобы разработать новую методику конструирования белья.

Некоторые размерные признаки имеют значимые (сильные) корреляции с первичными признаками, поскольку некоторые из них основаны. Они нуждаются в более тщательном рассмотрении перед их использованием. Из Приложения II, таблицы II.1 видно, что только два измерения ΔF и ΔB имеют четыре значимые корреляции с несколькими первичными измерениями. Например, признак ΔB имеет значительные корреляции с CL , HB_D , GF_D , $Abd._D$, а признак ΔWH имеет значимые корреляции с WB_D и HB_D , но вместо многих измерений мы можем использовать два упомянутых измерения – ΔB и ΔWH – для классификации торсов и дизайна. Что касается h_G и h_H , то с ними присутствуют четыре сильные корреляции, но и с недостаточными значениями.

Первичные размерные признаки могут быть измерены непосредственно бодисканером; они являются «новым» видом измерений, которые могут быть применены к дизайну белья.

3.3.4. Новые размерные признаки в области талии

В настоящее время пояс повседневного белья, за исключением некоторых функциональных видов одежды, очень часто расположен ниже естественной талии (6510) и иногда ниже пупка (рисунок 3.15). Итак, чтобы спроектировать пояс (6520) в любых удобных положениях для каждого типа тела, мы должны знать обхват нижней естественной талии, названной новым обхватом талии NW_G . На рисунке 3.15 показаны сканы мужской фигуры с указанием мест измерений этих признаков.

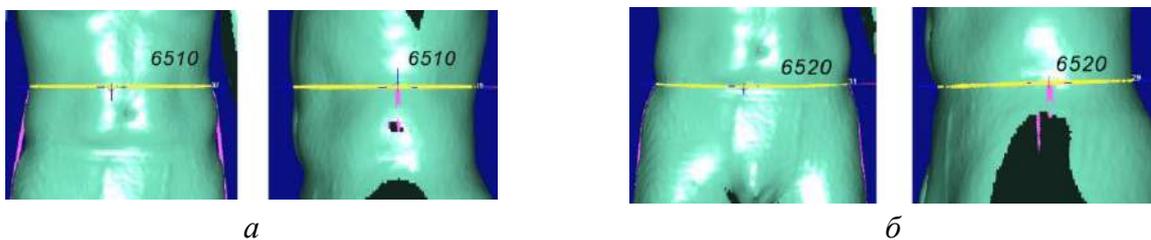


Рисунок 3.15 – Расположение уровня талии и обхвата пояса: *а* – натуральная талии линии 6510, *б* – линия пояса 6520

В Приложении II, таблица II.3, показаны новые дополнительные измерения, которые были сделаны в области талии. Мы проанализировали их с помощью теста Шапиро-Уилка ($S-W$) по SPSS, $n = 115$, $sig. > 0.05$, а также проверили диагностику на $Q-Q$ участке. Все распределение данных замкнуто на линейную функцию и указывает на нормальность данных. Мы выбрали эти четыре измерения, чтобы рассчитать обхват поясов и различия между обхватами талии и бедер.

Наше исследование потребительских предпочтений показало, что среднее расстояние между обхватами торса (NW_G) на уровне пояса и талии (W_G) составляет примерно 7,7 см (около 1,7 см ниже уровня пупка, $Nav.H$). Этот уровень расположен близко к верхней части передней подвздошной кости.

Затем мы завершили следующий шаг. Среднее расстояние между естественной талией и уровнем бедер составляет 21,51 см, поэтому мы выбрали расстояние от WL до самого низкого NW_G в 20 см. Мы назвали его расстоянием между W_G и NW_G и обозначили как « h_w ». Затем мы получили

сечения сканированных тел с интервалом в 1 см. На рисунке 3.16 показано расположение поперечных сечений и изменение обхвата торса (Приложение II, рисунок II.1).

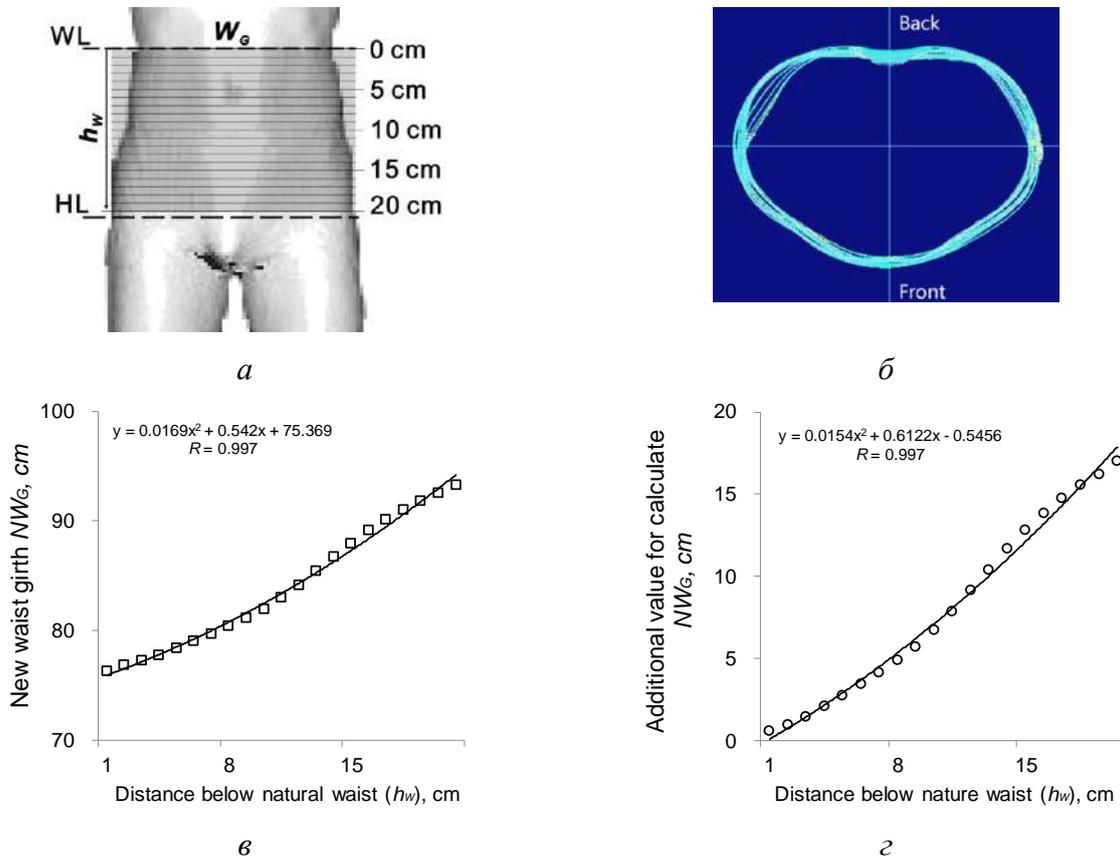


Рисунок 3.16 – Схема получения поперечных сечений ниже линии талии между W_G и NW_G (а), совмещенные сечения NW_G (б); график изменения NW_G в зависимости от уровня сечения (в); график для корректировки обхвата талии W_G в зависимости от проектируемого положения пояса h_w (г)

Как видно из рисунка 3.16, h_w, NW_G больше W_G ; все средние значения представлены в устойчивом тренде. Среднее стандартное отклонение составляет $\pm 6,08$ см. Связь между NW_G , W_G и h_w описывает уравнение

$$NW_G = 0,02 \cdot h_w^2 + 0,54 \cdot h_w + 75,37, \quad (2.1)$$

$$NW_G = W_G + 0,02 \cdot h_w^2 + 0,61 \cdot h_w - 0,55 \quad (2.2)$$

где NW_G - обхват торса на уровне размещения пояса, см; h_w - расстояние между поясом и талией, см. Коэффициент корреляции составляет $r = 0,99$ для уровня вероятности 95%.

Новый обхват тора, как измерение для расчета пояса, значительно больше, чем обхват талии для большинства молодых мужчин. Как показано на рисунке 3.17, высота пояса спереди, сбоку и сзади различна, а он расположен не горизонтально.



Рисунок 3.17 – Схема измерения расстояний D_1 , D_2 и D_3 между антропометрическим уровнем талии (*waist*) и проектируемым положением пояса (*waistband*)

Поэтому мы должны обратить внимание на пояс при построении чертежа. По нашим измерениям, средние значения расстояния от талии до пояса спереди D_1 составляет 6,2...13,0 см, сбоку D_2 – 5,8...10,2 см, сзади D_3 – 5,6...8,4 см. Эти измерения были сделаны для реальных поясов белья в передней, боковой и задней позициях, зависящих от индивидуального нижнего белья. h_w включает D_1 , D_2 и D_3 , и его можно рассматривать как $h_w = (D_1 + D_2 + D_3) / 3$. Эти результаты могут помочь нам найти более нормальное положение пояса в будущем дизайне. D_1 , D_2 и D_3 показывают параметры положения пояса.

3.3.5. Новые размерные признаки для лобковой части

В зависимости от характеристик мужского тела спереди (гениталии), потребители будут сталкиваться с различными условиями, когда они носят нижнее белье, например, чувства различной плотности в области гениталий, обеспечиваемые различными передними вставками белья [51]. Рисунок 3.18 показывает измерения после 3D сканирования: **0080** – высоту уровня талии (по вертикали расстояние от талии до пола); **0095** – высота пика

гениталий; **0550** – расстояние от талии спереди до задней вертикали; **0670** – расстояние от пика гениталии до задней вертикали.



Рисунок 3.18 – Проекционные размерные признаки для переда

В приложении II, таблица II.4 показаны измерения для фронта и профиля фигур, статистические характеристики, доказывает линейность распределения данных и подтверждает нормальность распределения для описания особенностей области гениталий и описать ее. В таблице 3.2 приведено распределение фигур с различными объемами гениталий в группах *S*, *M*, *L*.

Таблица 3.2 – Распределение фигур с различной пластикой спереди

| Типы | S | M | L |
|--|-------|-------|-------|
| Примеры с различными ΔGW (проекционная разница между выступающей точкой живота и пиковой точкой гениталий) | | | |
| Процент, % | 16,67 | 71,67 | 11,67 |
| Примеры с различными ΔF (разность между дугой через паховую область спереди и проекционным расстоянием между талией и паховой областью для характеристики выпуклости лобковой части) | | | |
| Процент, % | 21,67 | 68,33 | 16,67 |

3.3.6. Новые размерные признаки для ягодиц

Для описания особенностей ягодиц можно использовать следующие измерения после 3D сканирования (рисунок 3.19): **0080** – высоту уровня талии; **0090** – высота выступающей точки ягодиц; **0530** – расстояние от талии сзади до задней вертикали; **0540** – расстояние от выступающей точки ягодиц до задней вертикали.

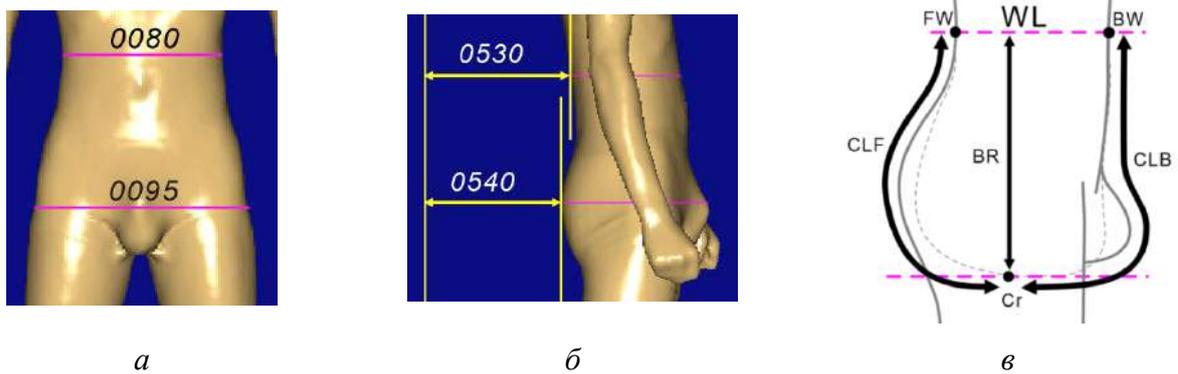


Рисунок 3.19 – Проекционные размерные признаки для ягодиц

Таблица 3.3 показывает распределение фигур с различной пластикой ягодиц.

Таблица 3.3 – Распределение фигур с различной пластикой ягодиц

| Типы | S | M | L |
|--|-------|-------|-------|
| Примеры с различными ΔWH (глубина талии вторая) | | | |
| Процент, % | 13.56 | 69.49 | 16.95 |
| Примеры с различными ΔB (разность между дугой через паховую область сзади и проекционным расстоянием между талией и паховой областью для характеристики выпуклость ягодиц) | | | |
| Процент, % | 11.67 | 73.33 | 15.00 |

Приложение II, таблица II.5 содержит размерные признаки для задней части фигур, измеренные в поперечных сечениях профиля. Мы использовали эти измерения, чтобы изучить особенности ягодиц.

3.3.7. Новые размерные признаки для бедра

Нижнее белье имеет различные виды нижнего края от наклонного до горизонтального. Чтобы спроектировать белье, мы должны знать не только горизонтальный обхват бедра, но и обхват бедра в наклонном направлении NT_G . На рисунке 3.20 показаны шесть видов мужского нижнего белья. Как видим, линия низа имеет разное положение. Мы отметили некоторые важные точки, расположенные на уровнях обхвата бедер HL и паховой линии CrL : точка «a» на HL , «b» на линии низа и «c» на CrL .



Рисунок 3.20 – Варианты положения линии низа белья: *a* – выше уровня CrL ; *b* – ниже уровня CrL

Рисунок 3.20, *a* показывает первый случай, когда линия низа белья расположена выше уровня CrL . Как видим, этот случай включает в себя различные места точки «b» (трусы и боксеры), разный обхват бедра, наклон, а также разную длину бокового шва. Рисунок 3.20, *b* показывает второй случай, когда линия низа белья расположена ниже CrL . Этот случай с разными местоположениями точки «b» характерен для различных стилей облегающих боксеров.

Рисунок 3.21 показывает варианты боковой линии.

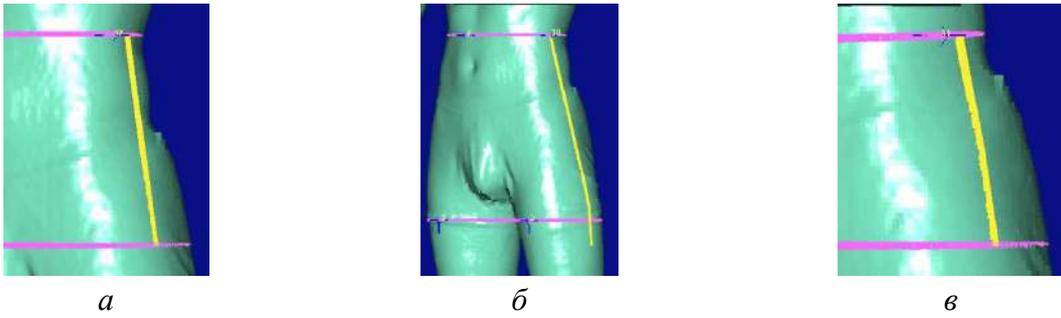


Рисунок 3.21 – Варианты проектирования боковой линии: *a* – от линии талии до уровня обхвата бедер (7010), *б* – от линии талии до уровня обхвата бедра (7020), *в* – от уровня пояса до уровня обхвата бедер (7015)

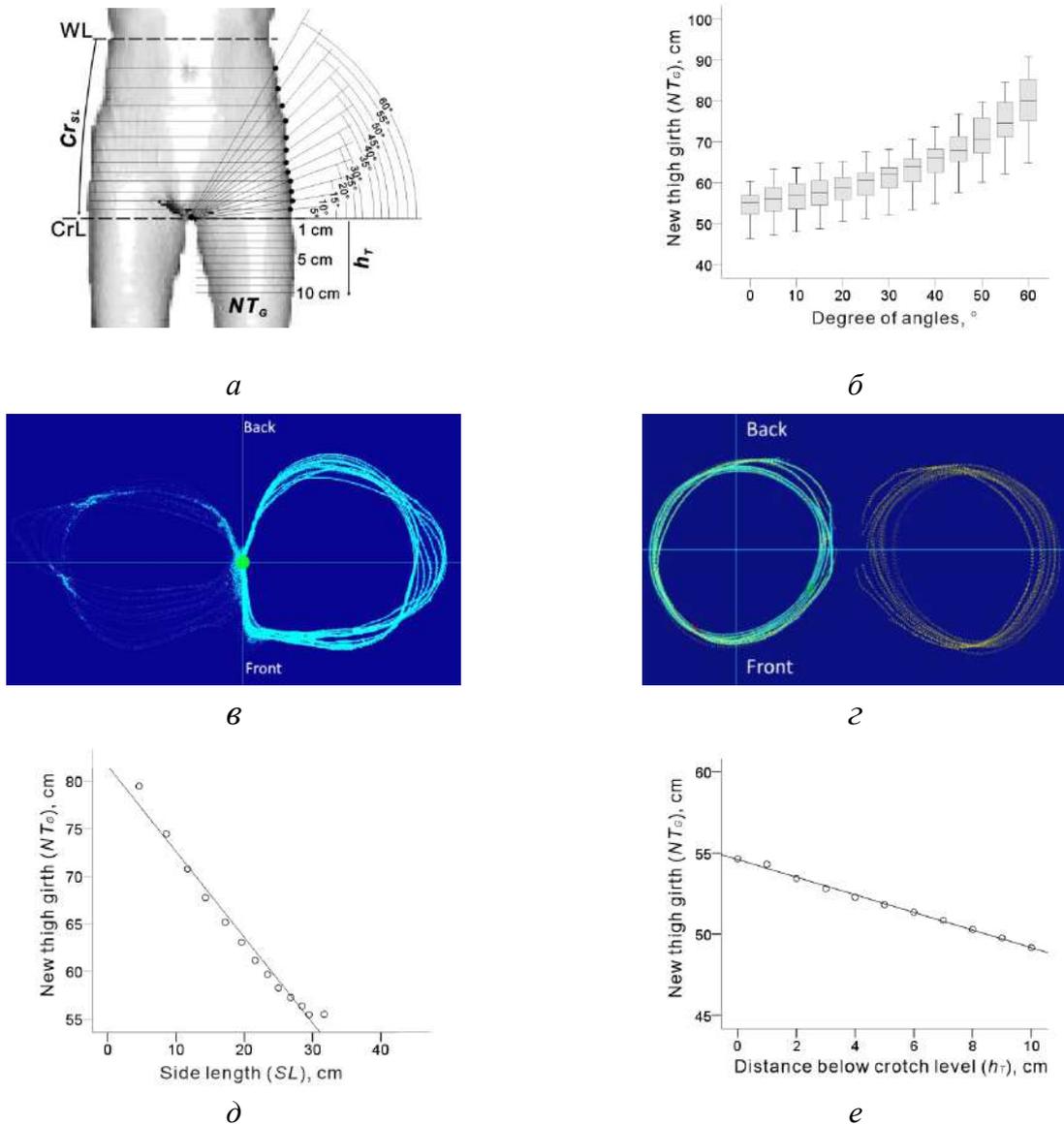


Рисунок 3.22 – Схема измерения обхвата бедра (*a*); поле корреляции для угла наклона сечения бедра и значения его обхвата (*б*); совмещенные сечения наклонных обхватов (*в,г*); графики для вычисления NT_G в зависимости от длины боковой линии, если она заканчивается выше пахового уровня (*д*) ниже промежности (*е*)

В приложении II, таблица II.6 и на рисунке II.2 приведены измерения для изучить особенностей бедра в различных случаях. Нарисунке 3.22, а показана схема измерения обхватов бедра на наклонных сечениях (через 5°) на участке $0...60^\circ$. Вершина углов разреза расположена на внутренней поверхности бедра и близка к уровню промежности, насколько это возможно. Когда угол увеличивается более 60° , то линия низа будет выше подвздошного гребня и рядом с WL , поэтому мы взяли 60° в качестве максимального угла. Таким образом мы измеряли длину боковой линии SL от WL .

На рисунке 3.22, а также показан случай, когда линия низа будет ниже CrL . Для проектирования необходимо знать обхват бедра на этом уровне. Таким образом мы получили поперечные сечения через 1 см ниже уровня обхвата бедра на 10 см (это расстояние обозначено h_T). На рисунке 3.22, б показаны отношения между углом наклона и NT_G , а на рисунке 3.2, в - между боковой длиной и NT_G . Линейная связь между SL и NT_G отрицательная; коэффициент корреляции -0,989.

На рисунке 3.22, е показана отрицательная связь между NT_G и h_T . Коэффициент корреляции -0,998. Мы описали однофакторным линейным уравнением расчета NT_G

$$NT_G = 81,64 - 0,89 \cdot SL \quad (2.2)$$

$$NT_G = 54,59 - 0,54 \cdot h_T \quad (2.3)$$

где NT_G – обхват бедра ниже паха в наклонном направлении, см; SL – длина боковой линии от талии, см; h_T – расстояние между уровнем паха CrL и обхватом бедра NT_G .

Однако, измеренное значение NT_G не рекомендуется непосредственно использовать для построения чертежа. Для того, чтобы сделать ластовицу белья близко к внутренней поверхности бедра согласно различным свойствам растяжимых трикотажных материалов, мы должны добавить отрицательное значение конструктивной прибавки к NT_G .

Нарисунке 3.23 показано расстояние между внутренними бедрами, именно это расстояние указано на рисунке 3.1, б. Мы получили эти поперечные сечения бедер на уровне промежности. Среднее расстояние между бедром слева и справа в области промежности составляет $2,38 \pm 0,51$ см на уровне 1,5...3,9 см. Кроме того, D_{FL} является длиной от талии до лодыжки спереди, D_{SL} длиной от талии до лодыжки сбоку, обычно эти два измерения используют для расчета баланса Δ на поясе сбоку по уравнению (2.4), которое равно

$$\Delta = |(D_{FL} - D_{SL}) \cdot [(16 - h_w) / 16]| \quad (2.4)$$

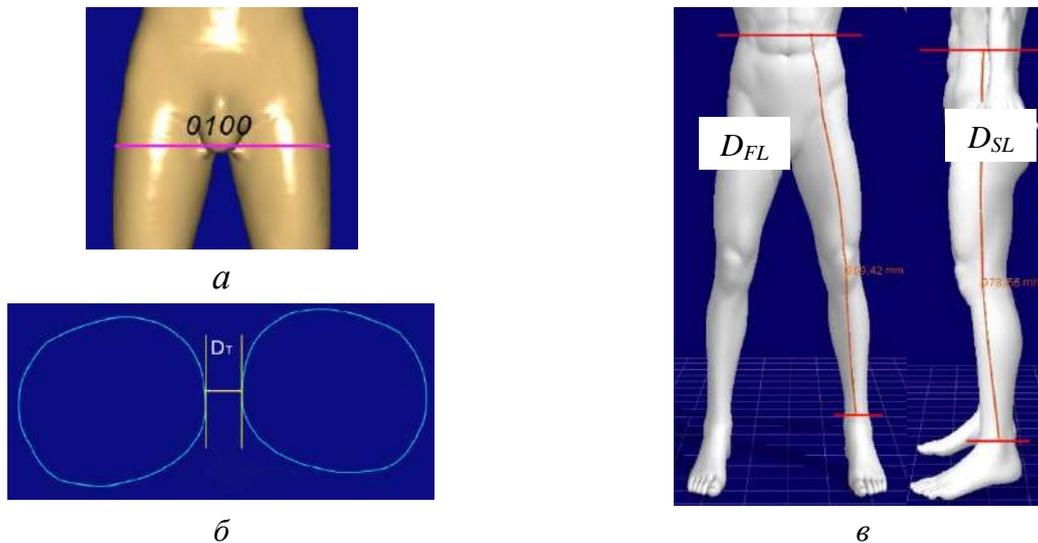


Рисунок 3.23 – Измерения на мужском бедре: а – поперечные сечения взятого на уровне промежности; б – расстояние между бедрами слева и справа на уровне промежности; в – D_{FL} длина от талии до передней части лодыжки, длина D_{SL} от талии до стороны лодыжки

3.4. Новая классификация подкорпусной части торса

Для проектирования мужского белья была разработана новая классификация подкорпусной части торса (таблица 3.4).

Первый уровень основан на обхватах талии W_G и бедер H_G определяет габаритные размеры нижней части торса. Символ «*» использован для маркировки фигур с избыточным весом и объемом в области талии W_G в качестве дополнительной опции.

Второй уровень включает специальные измерения для описания особых характеристик мужской фигуры. Символ «*» использован для четвертого и шестого подуровней, которые можно использовать для более глубокой детализации. Поэтому основными этапами классификации мужского нижнего торса являются первый, второй, третий и пятый подуровни.

Торсы *первого подуровня* диапазона обхвата бедер $H_G = 82,80...114,10$ см, включают три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 91,65$ см, $Q_2 = 94,10$ см, $Q_3 = 97,75$ см со стандартным отклонением 5,50 см. Например, интервал 92...98 см соответствует среднему типу мужского тела «*M*» с обхватом бедер 94 см для производства белья.

Торсы *второго подуровня* диапазона разностей обхватов бедер и талии $\Delta(H_G - W_G) = 17,8...26,0$ см, включают три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 14,35$ см, $Q_2 = 17,65$ см, $Q_3 = 20,80$ см. Например, интервал 14...21 см соответствует среднему типу мужского тела «*M*» со средней разностью 18 см для производства нижнего белья.

Торсы *третьего подуровня* для диапазона, характеризующего объем лобковой области и равного $\Delta F = 5,70...13,60$ см, включают три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 8,30$ см, $Q_2 = 9,50$ см, $Q_3 = 10,70$ см. Например, интервал 8,3...10,7 см соответствует среднему типу мужского тела «*M*» со средним значением 9,5 см для производства белья.

Торсы *четвертого подуровня* для диапазона, характеризующего проекционную выпуклость гениталий равного $\Delta GW = 2,90...2,80$ см, включают три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 0,00$ см, $Q_2 = 0,50$ см, $Q_3 = 1,10$ см. Средний интервал составляет 0,0...1,1 см. Для фигур типа «*S*» мы рекомендуем 0,0...0,5, для среднего типа «*M*» 0,5...1,5 см, для типа «*L*» более 1,5 см. Эта величина должна учитываться при проектировании передней части белья, а именно вставки: при больших величинах (ΔGW) переднюю часть надо проектировать с увеличенным объемом (карманом). Для ежедневного белья мы рекомендуем значения не более 3 см.

Торсы *пятого подуровня* для диапазона, характеризующего объем ягодиц и равног $\Delta B = 3,60 \dots 14,50$ см, включают три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 6,40$ см, $Q_2 = 7,50$ см, $Q_3 = 8,60$ см. Например, интервал $6,4 \dots 8,6$ см соответствует среднему типу мужского тела «М» со средним значением $7,5$ см для производства белья.

У торсов *шестого подуровня* для диапазона, характеризующего проекционный выступ ягодиц и равног $\Delta WH = 1,10 \dots 8,80$ см, выделено три интервала с центрами квантилей $Q_1 = 2,70$ см, $Q_2 = 4,10$ см, $Q_3 = 4,85$ см. Например, интервал $2,7 \dots 4,9$ см соответствует среднему типу мужского тела «М» со средним значением $4,1$ см.

На рисунке 3.24, а показаны совмещенные поперечные сечения обхватов бедер H_G и талии W_G для отсканированных мужчин с одинаковыми значениями соответствующих обхватов.

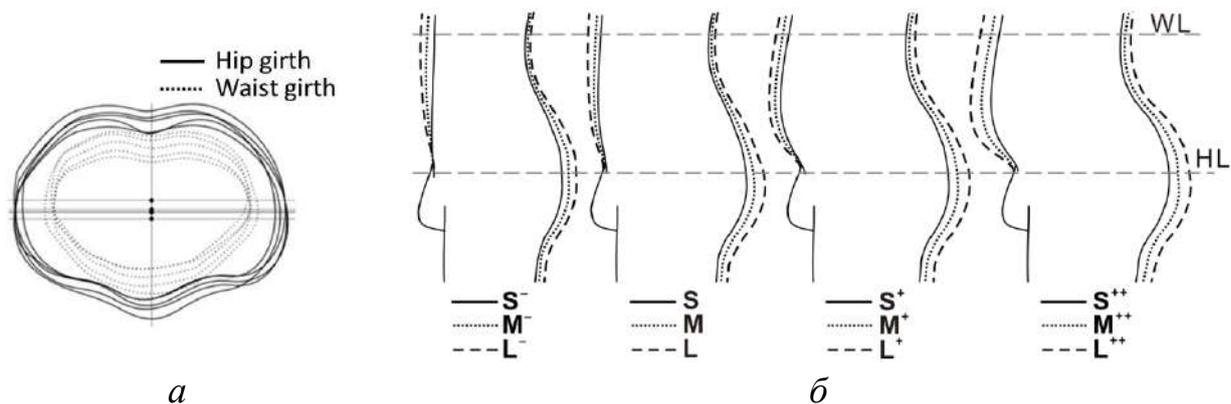


Рисунок 3.24 – Варианты взаимного расположения обхватов талии W_G и бедер H_G (а) и вертикальных сечений (б)

Из рисунка 3.24 мы можем видеть большие различия между конфигурациями поперечных сечений талии и бедер, с одной стороны, и пропорциями между передней и задней частями, с другой стороны (а именно более мягкие ткани на животе или на ягодицах и т. д.). Разнообразие пропорций между H_G и W_G будет отражать морфологию подкорпусной части торса. Поэтому мы выбрали $\Delta(H_G - W_G)$ в качестве второго подуровня первого уровня.

Для классификации мы должны знать новые измерения, такие как W_G , H_G , GF_D и WB_D и т. д., показанные на рисунке 3.14.

Например, если фигура имеет малый обхват бедер H_G и разность между обхватами бедер и талии $\Delta(H_G - W_G) > 21$ см, его ее можно отметить как « S^- ». Если фигура имеет средние значения H_G и разность $\Delta(H_G - W_G)$ в диапазоне 14...21 см, то его можно обозначить как « M ». Для больших значений обхватов бедер H_G , но с небольшой разностью $\Delta(H_G - W_G)$ (0...14 см) и если W_G больше, чем H_G , то фигура будет отмечена как « L^+ » или « L^{++} ».

Первый уровень включает два подуровня, для которых надо определить H_G и W_G . Основываясь на значении обхвата бедер H_G , мы можем отнести фигуру к типам S , M , L в соответствии с установленными интервалами: меньше 92 см, между 92...98 см и больше 98 см. После вычисления разности смкжных обхватов $\Delta(H_G - W_G)$, мы можем описать контур знакаит « $++$ » для экстра избыточного обхвата талии W_G ; « $+$ » для большого обхвата талии W_G (или равенстве значений H_G и W_G); «*Пустой символ*» для средней полноты (с нормальным обхватом W_G); « $-$ » для особо малого обхвата талии W_G .

Второй уровень характеризует морфологию нижней части мужского торса и включает показатели для передней и задней части. Следует отметить, что второй уровень требует детализации с помощью четырех значений. ΔF определить размеры мужских гениталий и нижней части живота (с большим количеством жира или нет), ΔB определяет размеры ягодиц, их можно комбинировать с ΔGW (для конкретизации разницы между мужскими выпуклостью половых органов и длиной от талии до пахоаой области) и ΔWH (для конкретизации разницы разнициа между выпуклостью ягодиц и длиной от талии до пахоаой области).

Третий и четвертый подуровни относятся к передней части тела и нуждаются в ΔF и ΔGW для идентификации типов S , M , L . Если фигура имеет $\Delta GW = -0,1$ см и $\Delta F = 7,5$ см, мы можем отметить его как S .

Пятый и шестой подуровни характеризуют форму ягодиц с использованием ΔB и ΔWH также для типов S, M, L . Если встретится ситуация, в которой четыре измерения третьего, четвертого, пятого и шестого подуровней не попадают в установленные интервалы, например, ΔF (или ΔB) для типа S , ΔGW (или ΔWH) для типа M , то мы соблюдаем принцип приоритета ΔF (или ΔB), чтобы потом определить ΔGW (или ΔWH) для S .

Таким образом, мы можем маркировать подкорпусную часть торса и белье одинаково, например, как M^-/LM и так далее. Идентифицировать тип фигуры несложно. « M^- » характеризует общий типа фигуры на основе W_G и H_G , « LM » - лобную часть ($\Delta F, \Delta GW$) и ягодицы ($\Delta B, \Delta WH$).

3.5. Применение новых размерных признаков для конструирования белья

Базовую конструкцию белья, построенную по основному чертежу и основанному только на размерном признаке W_G , мы адаптировали к дополнительным измерениям, учитывающих особенности морфологии торса. Таким образом, мы решили реализовать два доминирующих подхода – кастомизированное и массовое производство. Для реального человека проще просто изменить алгоритм проектирования, включив в него параметры морфологических особенностей.

Пример нашего нового чертежа белья, который был построен с использованием новых размерных признаков, для массового производства показан в главе 5.

Таблица 3.4 – Новая классификация нижней части торса мужских фигур

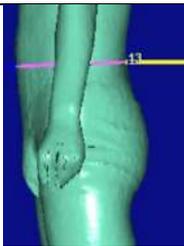
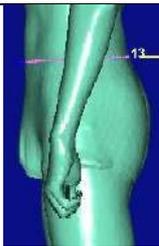
| Уровень | Подуровни | Интервалы, см | | | S.D., ± |
|------------------------------|---|--|---|---|---|
| | | <i>S</i> (малый) | <i>M</i> (средний) | <i>L</i> (избыточный вес) | |
| Первый | <i>Первый, H_G</i> | < 92 | 92...98 | > 98 | 5,5 |
| | <i>Второй, Δ(H_G - W_G)</i> | > 21, знак“-” (малый <i>W_G</i>) | 14...21, “Пустой символ” (средний <i>W_G</i>) | 0...14, знак“+” (избыточный вес <i>W_G</i>) | * < 0, знак “++” (экстра-избыточный вес <i>W_G</i>) |
| Второй | <i>Третий, ΔF = CL_F-BR</i> | < 8,3 | 8,3...10,7 | > 10,7 | 1,5 |
| | * <i>Четвертый, ΔGW = GF_D - Abd._D</i> | < 0 | 0...1,1 | > 1,1 | 0,7 |
| | <i>Пятый, ΔB = CL_B-BR</i> | < 6,4 | 6,4...8,6 | > 8,6 | 1,5 |
| | * <i>Шестой, ΔWH = WB_D - HB_D</i> | < 2,7 | 2,7...4,9 | > 4,9 | 1,5 |
| <i>Удельный вес фигур, %</i> | | 12...20 | 64...73 | 11...17 | - |

Маркировка «⁺⁺»экстра избыточный веси подуровни четвертой и шестой далее подробно описываются в этой классификации.

Алгоритм использования новых размерных признаков следующий. Сначала мы рисуем вертикаль согласно значению BR , определяем NW_G для верхней линии и уровня H_G с использованием $h_{WH}h_H$. Вычисляем $0,25 H_G$ и $0,25NW_G$ для передней и задней деталей. После этого мы откладываем ΔWH по линии CrL для задней части.

В новом чертеже все структурные линии зависят от традиционных и новых измерений фигуры. В таблице 3.5 приведены варианты фигур с теми размерными признаками, которые будут использованы при конструировании белья.

Таблица 3.5 – Варианты фигур по новой классификации, см

| Размерный признак | Значение размерного признака для фигур | | |
|--|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| | S^+/SS | M^-/MM | L/LL |
| |  |  |  |
| Рост H | 179,3 | 186,5 | 183,2 |
| Обхват бедер H_G | 88,7 | 94,1 | 110,9 |
| Разность между обхватом бедер и талии $\Delta(H_G - W_G)$ | 10,7 | 21,2 | 20,5 |
| Разность между дугой через паховую область спереди и проекционным расстоянием между талией и паховой областью ΔF | 6,5 | 10,6 | 10,8 |
| Проекционная разница между выступающей точки живота и пиковой точкой гениталий ΔGW | -0,1 | 1,7 | 0,5 |
| Разность между дугой через паховую область сзади и проекционным расстоянием между талией и паховой областью ΔB | 5,9 | 6,4 | 9,4 |
| Глубина талии вторая ΔWH | 2,0 | 5,6 | 6,0 |

Как видно из таблицы 3.5, объем гениталий ΔF возрастает с № 1 до № 3; фигуры 1 (S^+/SS) и 2 (M/LM) имеют худощавое телосложение, но имеют существенную разницу в объемах гениталий. Объем ягодиц также разный.

Таким образом, этот способ классификации типов фигур основан на обхвате и их различиях и позволяет выразить основные особенности подкорпусной части.

Выводы по главе 3

1. Разработана схема вычисления положения точки в паховой области с учетом морфологии мужских фигур, знание которой позволило ввести новые размерные признаки для более детального описания передней и задней части.

2. Предложены новые размерные признаки для параметризации подкорпусной части торсов мужских фигур с учетом их применения для построения чертежей белья с разными функциями. Впервые выполнена параметризация линии сочленения левой и правой сторон торса в паховой области на примере китайских и российских мужчин, позволившая исключить органолептический контакт для определения морфологических особенностей этой интимной зоны.

3. Разработана новая классификация подкорпусной части торса мужских фигур на основе сочетания традиционных и новых размерных признаков с возможностью использования в массовом и индивидуальном производствах. Получены уравнения для вычисления новых размерных признаков для условно-типовых фигур.

4. Подготовлены рекомендации по проектированию белья, по выбору его важнейших участков с более обоснованными и удовлетворительными морфологическими характеристиками. Новая база данных должна помочь создать более подробную маркировку мужского белья, с тем чтобы сделать выбор потребителя более простым и понятным.

ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КОМПРЕССИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К факторам, влияющим на комфорт одежды, относятся физические, физические и психологические факторы, поэтому методы исследования комфорта одежды можно разделить на субъективные оценки и объективные измерения [41]. Потому что плотно прилегающая одежда должна изготавливаться из растяжимых материалов, чтобы иметь плотный контакт с поверхностью человеческого тела и производить большое поверхностное контактное давление. Существует множество видов мужского белья даже при их одинаковых размерах, обладающих различными функциями из разных трикотажных материалов для фигур с разной формой тела [217]. При изучении мужского белья неизбежно исследовать его комфорт [172]. Давление одежды на тело оказывает разнообразное физиологическое и психологическое воздействие на организм человека, поэтому давление одежды стало важным фактором для проектирования одежды, эргономики, гигиены [238].

В нашем исследовании мы фокусировались на азиатских типах фигур, потому что чувствительность мягких тканей азиатских, европейских и африканских мужчин к ощущению компрессии может быть разной. Предыдущие ученые и специалисты уже исследовали комфорт белья и облегающей одежды в статичных позах. Некоторые ученые изучили давление в системах «тело - белье», включая облегающие чулки, и определили допустимые пределы (приложение I, Таблица I.6).

По результатам анализа современного белья, производимого в Китае, России и на мировом рынке, были составлены различные структуры с подробностями функциональными характеристиками и распределением разумного давления на мягкие материалы.

На рисунке 4.1 показаны вариации структурных линий боксеров (данный вид нижнего белья довольно популярен для повседневной носки и занятий

спортом), создающие разумное давление сжатия от 0 до 3,19 кПа.

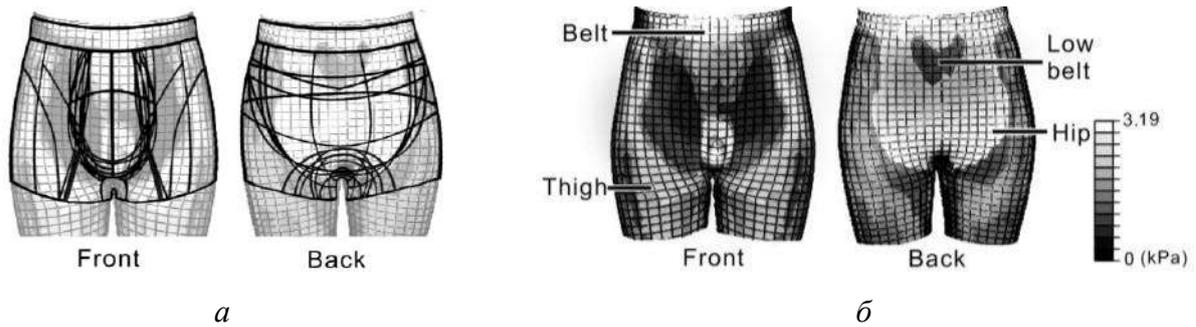


Рисунок 4.1 – Варианты линий внутреннего членения (а) и картина распределения давления в системе «тело - боксеры» на передней и задней поверхностях (б)

Наши независимые исследования подтвердили топографию распределения давления сжатия. На рисунке 4.1, а показано, что при использовании пересекающихся структурных линий может быть спроектировано большее количество вариантов нижнего белья. На рисунке 4.1, б показано топография распределением давления в нижней части туловища, полученная на основе исследований нижнего белья.

Эта глава диссертации разделена на три этапа. На первом этапе был проведен поисковый эксперимент на манекене, чтобы определить стратегию дальнейших исследований на реальных фигурах. На втором этапе испытания проведены для оценки давления материалы и разработки новых объективных показателей. На третьем этапе получены математические выражения для практического проектирования и проверки целесообразности применения материалов, чтобы уменьшить производственные затраты и повысить комфортность белья.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в 4 работах [282-295].

4.1. Приборы и методы исследования

4.1.1 Материалы для экспериментов

Мы исследовали 10 трикотажных материалов, которые производятся компанией G'd (Китай) для китайского рынка мужского нижнего белья в

качестве общих трикотажных материалов с точки зрения компонентного состава и структуры. Остальные 8 трикотажных материалов были взяты с российского рынка. Согласно предварительным наблюдениям, мы разделили все трикотажные материалы на несколько групп в соответствии с их инструментально измеряемыми показателями свойств:

1) толщина. Пять материалов были относительно толстыми (толщина 0,9 ... 1,2 мм); десять материалов тонкие (толщина 0,4 ... 0,8 мм);

2) тактильные ощущения: семь трикотажных материалов были легкими и мягкими на ощупь; девять - очень эластичными и гладкими; три из них были относительно менее эластичными и грубыми из-за структуры переплетения;

3) поверхностная плотность. На рисунке 4.2 представлено распределение материалов в соответствии с их поверхностной плотностью. Как мы видим, самая большая группа включает двенадцать материалов с 160 ... 200 г / см².

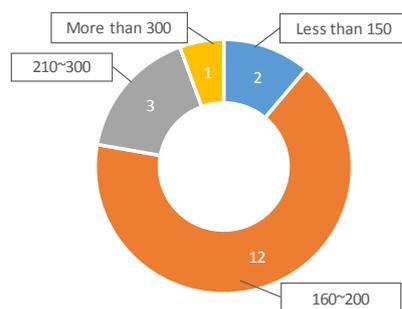


Рисунок 4. – Распределение трикотажных материалов по поверхностной плотности, г / см²

4) структура. Трикотажные материалы имели следующую структуру: *weftknit* – *singleanddoublesidesofplainknit* (джерси), *singleanddoublesidesofribknit*; *warpknit* – интерлок, *piqueknit*. На рисунке 4.3 показана поверхность нескольких материалов в гладком и сморщенном состояниях, которые представляют их способность к формированию.

Распределение материалов по химическому составу показано на рисунке 4.4. Большинство материалов было изготовлено из LenzingModal (номера пряжи 50...80 текс), вискозы и combed хлопка (номера пряжи 40...80 текс), и их смесок со спандексом (20 денье).



Рисунок 4.3 – Внешний трикотажных материалов в ровном и сморщенном состояниях

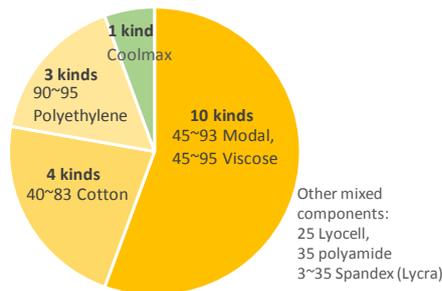


Рисунок 4.4 - Распределение трикотажных материалов по химическому содержанию

Итак, выбранные образцы представляют полный ряд трикотажных материалов, используемых для производства белья.

4.1.2. Методы и средства исследований

Мы выбрали датчик США Tekscan® FlexiForce® A201 с хорошей гибкостью и высокой точностью. Он предназначен для измерения давления, соединен с записывающей компьютерной системой, при этом можно использоваться восемь датчиков (рисунок 4.5). Датчик имеет следующие характеристики: толщина 0,20 мм, диаметр диапазона срабатывания датчика 9,53 мм, площадь датчика 70 мм², диапазон измерения давления 0...4,4 Н, ошибка измерения менее 3%.

A201 имеет гибкую структуру, что позволяет его использовать для измерения давления между двумя поверхностями и частями человеческого тела. A201 не влияет на условия ношения одежды и не зависит от условий окружающей среды. A201 имеет хорошие характеристики линейности,

гистерезиса, малая чувствительность к температуре поверхности. Датчик использует систему измерения давления LabWindows™/CVI™ и работает с программным обеспечением National®. Такие системы играют важную роль в области неразрушающего контроля, управления технологическими процессами, диагностики и медицинского применения [107]. На рисунке 4.5 показаны внешний вид датчика и скриншот интерфейса работы программы.



Рисунок 4.5 – Прибор для измерения давления: а– схема стенда; б– датчик давления; в– интерфейс системы сбора данных

На рисунке 4.6 показана схема применения выбранного прибора.

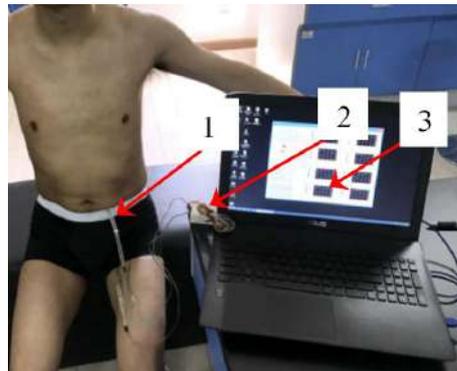


Рисунок 4.6 – Испытание под давлением: 1 - датчик давления, 2 - измерительный прибор, 3 - система сбора и анализа информации

Для обоснования предельных значений давления нами были использованы инструментальные и органолептические методы. В эксперименте изучали восприимчивость мягких тканей мужских фигур к компрессионному сжатию на следующих участках: *upper arm* - бицепс, *lower arm* - предплечье, *natural waist* - талия, *waistband* - обхват ниже талии в области пояса, *thigh* - бедро, *calf* - икра, имеющих цилиндрические или эллиптические поверхности. Выбранные участки принадлежат к областям

покрытия фигуры нижним бельем (леггинсы, фуфайки, боксёры и т. д.).

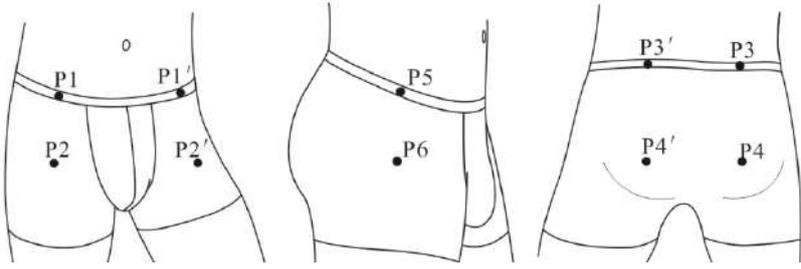
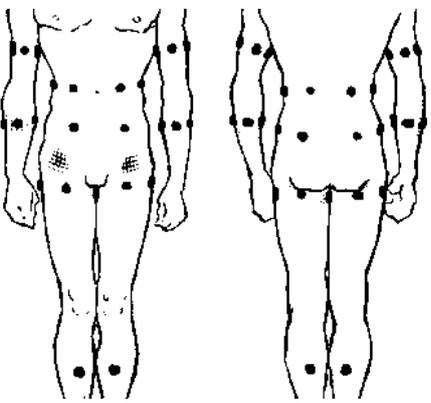
Мы измеряли давление с частотой 10 раз/сек и в каждом положении в течение 30 с. Перед испытанием мы проверили чувствительность датчика к давлению [183]. В эксперименте мы использовали прямоугольные пробы с шириной 5 см и длиной с учетом обхвата каждого участка фигуры с отметками на обоих концах пробы. Мы испытывали 14 видов трикотажных материалов $T_1...T_{14}$ (10 – компании Ухань *I'd*, Китай; 4 – других производителей), предварительно протестированных на комплексе Kawabata (Приложение III, таблицы III.1 и III.2).

Мы назвали этот образец «оболочкой». В эксперименте, во-первых, мы измеряли давление одновременно в двух симметричных точках, каждый датчик располагали между двумя слоями искусственной кожи. Количество измерений в каждой точке было равно трем. Во-вторых, мы закрепляли оболочку вокруг фигуры и подвергали ее одноосному растяжению вдоль утка. В-третьих, мы измерили значения давления под непрерывно растягивающейся оболочкой до достижения дискомфортного состояния. Индивидуальную чувствительность экспертов оценивали после кратковременного приложения максимального давления по шкале: комфортно - некомфортно.

Для уменьшения погрешности измерений проанализированы средние значения и отклонения давления, поскольку под влиянием кровеносного давления и сердцебиения могут появиться некоторые погрешности.

Эксперименты имел две стадии. Сначала мы тестировали на мягком манекене, затем тестировали на реальном теле. Было измерено 15 мужчин от 18 до 28 лет. Все тестовые точки приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Места измерения давления

| Манекен (тест № 1) | | |
|--|---------------------------|---|
|  | | |
| <i>P1</i> 1/2 справа спереди под поясом; <i>P1'</i> 1/2 слева спереди под поясом; <i>P2</i> спереди справа над бедрах <i>HL</i> ; <i>P2'</i> спереди слева над бедрах <i>HL</i> ; <i>P3</i> 1/2 справа сзади под поясом; <i>P3'</i> 1/2 слева сзади под поясом; <i>P4</i> над правой ягодицей; <i>P4'</i> над левой ягодицей; <i>P5</i> справа сбоку под поясом; <i>P5'</i> слева сбоку под поясом; <i>P6</i> слева сбоку на бедрах <i>HL</i> ; <i>P6'</i> справа сбоку на бедрах <i>HL</i> | Позиции | Точки |
| | Уровень пояса | Передняя, задняя 4 и боковые 2 точки |
| | Уровень бедер | Передние бедра 2 и бедра пики 2 балла; Стороны 2 балла |
| Фигура (тест № 2) | | |
|  | Позиции | Количество точек |
| | Плечо | 6 точек |
| | Предплечье | 6 точек |
| | Натуральный уровень талии | 4 точки спереди и сзади, и 2 точки сбоку |
| | Пояс | 4 точки спереди и сзади, и 2 точки сбоку |
| | Уровень бедра | 2 точки спереди, сзади и сбоку |
| | Икра | 2 точки спереди, сзади и сбоку |

4.2. Испытание на мягком манекене

4.2.1. Измерение давления в горизонтальных плоскостях

Тест с помощью широкой эластичной ленты из трикотажа, названного «оболочкой», выполняли путем оборачивания им торса. ля имитации пояса оболочку располагали ниже пупка на 4 см. Его длину уменьшали до 40% для создания разного давления. Результаты измерения давления в контрольных точках $P1, P1', P3, P3', P5, P5'$ при различном укорочении оболочки (конструктивная прибавка) показаны в виде линейных графиков на рисунке 4.7, а.

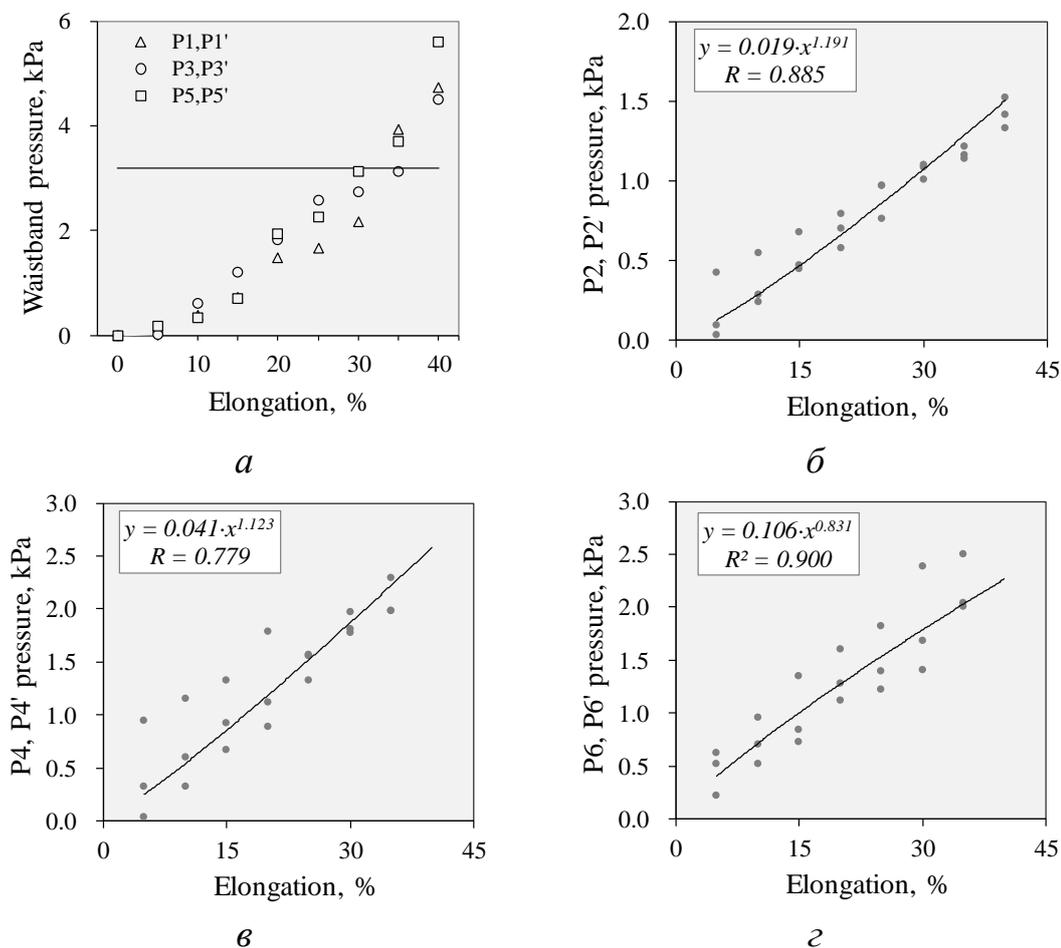


Рисунок 4.7 – Соотношение между конструктивной прибавкой и давлением в разных точках: а – на талии; б – точка $P2$; в – точка $P4$; г – точка $P6$

Видно, что при укорочении оболочки (для дизайна отрицательная легкость) увеличивается давление. В боковых точках под поясом $P5$, $P5'$ значение давления выше, чем в других точках спереди и сзади. При удлинении более 35 %, давление в точках $P1$, $P1'$, $P5$, $P5'$ превышает 3,192 кПа, что выходит за границы диапазона комфорта. В точках $P3$, $P3'$ неприемлемые значения давления возникают при удлинении более чем на 30 %.

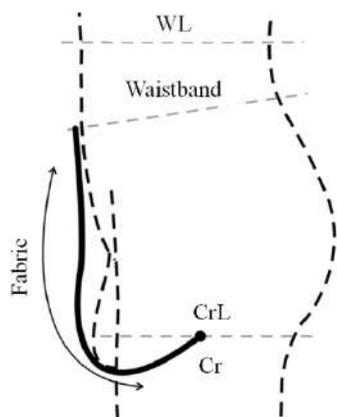
На уровне ягодич, как видно из рисунка 4.7, в точках $P2$, $P2'$ возникает наименьшее среднее давление, как и в точках $P4$, $P4'$ и $P6$, $P6'$. Максимальное давление составляет менее 2,50 кПа. Таким образом, интервал от 20 до 40% может быть рекомендован для разных материалов.

После испытаний видно, что среднее давление в точках пояса P (1, 3, 5) составляет 1,98 кПа. Максимальное давление 3,70 кПа достигается при укорочении на 35%. Средние значения давления в точках P (2, 4, 6) составляют 1,09 кПа, а максимальное значение давления 2,50 кПа может быть получено при укорочении на 40%.

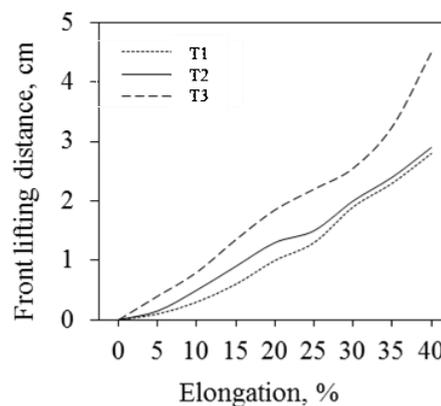
4.2.2.Измерение давления в вертикальных плоскостях

Поскольку на реальных фигурах измерить давление в области гениталий невозможно по деликатным причинам, то для их имитации была использована тканый муляж, содержащий пластиковые гранулы. Тканый муляж раскраивали в косом направлении и формировали из двух деталей шириной 5 см. Трикотажную "оболочку", которую изготавливали из материалов $T1, T2, T3$ располагали по линии дуги через паховую область, удлиняли ее от 0 до 40% с шагом 5%. Параллельно измеряли перемещение муляжа гениталий вверх.

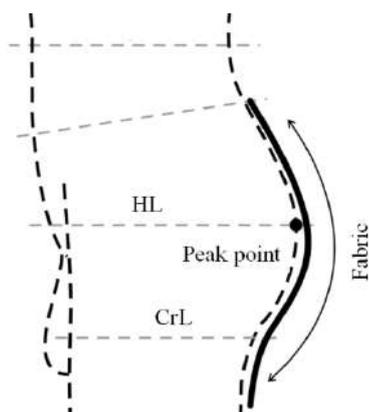
На рисунке 4.8, *a* показаны результаты перемещения вверх модельных гениталий.



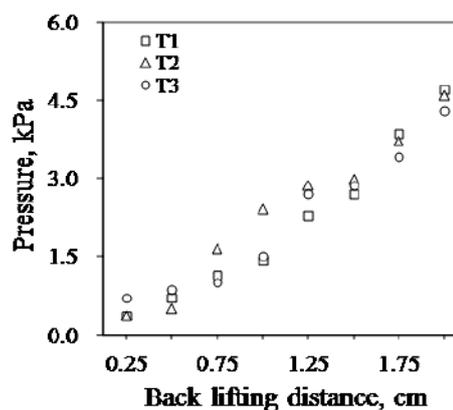
a



б



в



з

Рисунок 4.8 – Перемещение мягких тканей вверх: *a* – схема перемещения спереди; *б* – связь между растяжением трикотажного материала и эффектом пуш-ап для гениталий; *в* – схема перемещения ягодиц; *з* – связь между давлением и эффектом пуш-ап для ягодиц

Из рисунка 4.8, *a* видно, что максимальный эффект подъема муляжа гениталий для трех материалов *T1, T2, T3* составляет около 2,8...4,5 см при среднем значении 3,4 см. Из-за особенностей этой части давление не измеряли. Полученные результаты могут использоваться как ориентировочные.

Аналогичный эксперимент был проведен по подтяжке ягодиц. Для их имитации использовали муляж с размером 10 x 10 см, который фиксировали на поясе белья и наполняли мягким материалом батоксом.

Как показано на рисунке 4.8, ягодицы можно поднять вверх на 1,75 до 2,0 см, создавая давление от 3,86 до 4,30 кПа. Такое давление превышает пороговое значение 3,19 кПа. Поэтому мы предполагаем, что максимальная величина подъема ягодиц при комфортном давлении должна составлять

около 1,75 см.

После испытания на манекене мы получили предварительный значения возможных корректировок.

4.3. Измерение давления на мужских фигурах

На этом этапе эксперимента измеряли давление на следующих частях человеческого тела: (*upper arm* - плечо, *lower arm* - предплечье, *natural waist* - талия, *waistband* - обхват ниже талии в области пояса, *thigh* - бедро, *calf* - икра). Для измерения использовали четыре датчика. На каждом обхвате давление измеряли в шести точках. "Оболочку" сокращали до возникновения дискомфортного ощущения. Схема измерений показана на рисунке 4.9.

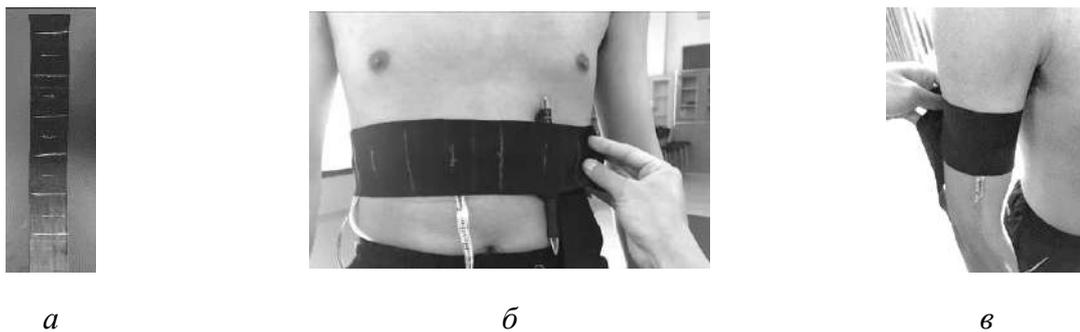


Рисунок 4.9 – Схема измерения давления: *а* – «оболочка» со шкалой; *б* – измерение вокруг талии; *в* – измерение вокруг плеча

Мы зафиксировали давление и толщину мягких тканей для каждого испытанного положения и вычисляли значение ошибки для каждого измерения. В таблице 4.2 приведены измерения давления сжатия в различных положениях. На рисунке 4.10 показаны диаграммы значений давления, создаваемого материалами при растяжении вдоль и поперек полотна P_{body} , на разных частях тела (*а*) и рассчитанного как среднее максимальное значение давления на семи участках тела (*б*). На рисунке

4.10, б материалы расположены в порядке уменьшения своих возможностей по созданию давления.

Таблица 4.2 – Результаты измерения для частей мужского тела

| Измеряемая величина, единица измерения | | Интервал результатов измерений | Ошибка измерения |
|---|---------------|--------------------------------|------------------|
| Давление проб материалов на поверхность тела P_{body} , кПа | | 0...2,48 | $\pm 0,33$ |
| Толщина мягких тканей, см | Плечо | 0,8...1,2 | $\pm 0,20$ |
| | Предплечье | 0,7...0,9 | $\pm 0,10$ |
| | Талия | 1,5...2,5 | $\pm 0,51$ |
| | Уровень пояса | 0,9...1,4 | $\pm 0,26$ |
| | Бедро | 1,0...2,2 | $\pm 0,61$ |
| | Икра | 0,8...1,5 | $\pm 0,36$ |

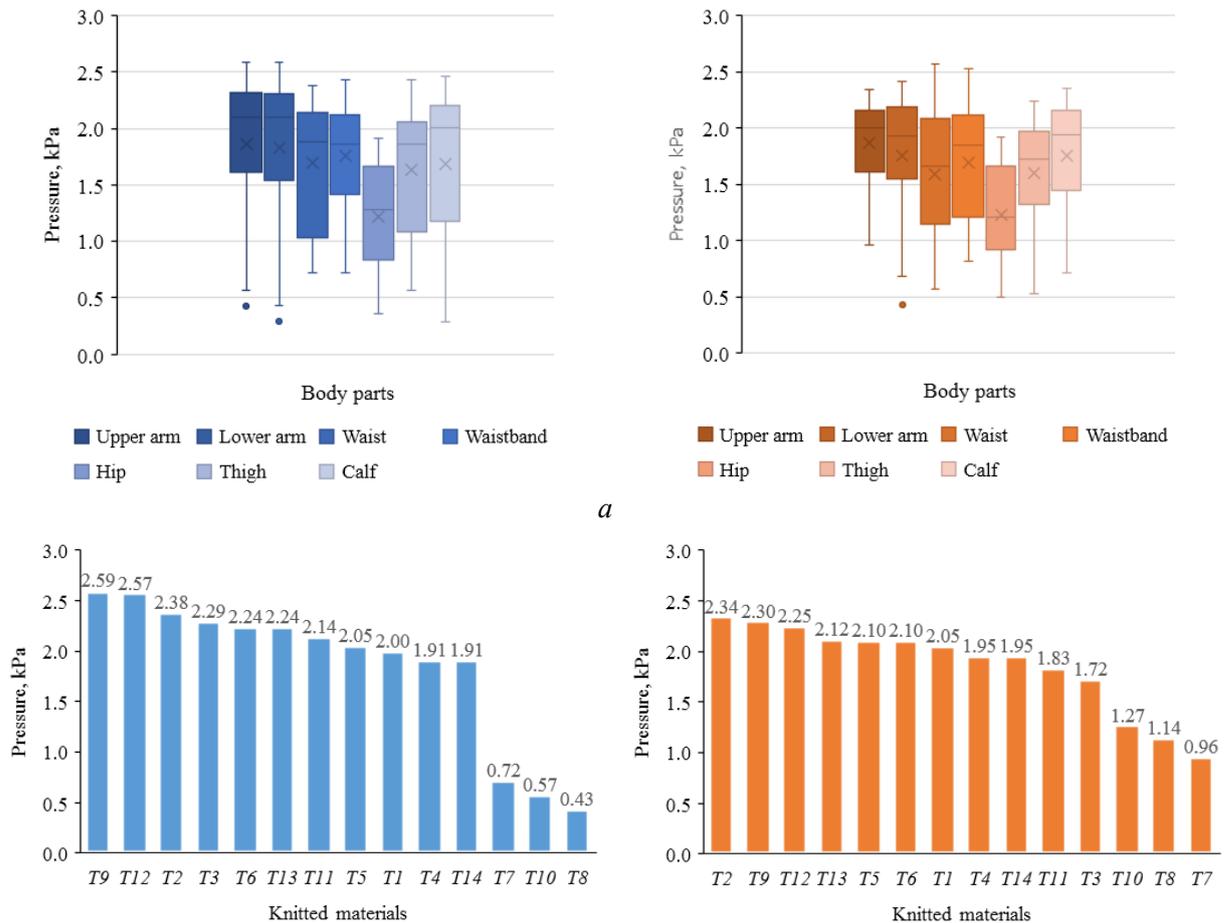


Рисунок 4.10 – Максимальное давление (слева измеряется давление в деформации материалов, справа находится в утке): а - P_{body} на семи частях тела; б- P_{max} различных материалов, кПа

Из рисунка 4.10 видно, что изменение направления раскроя не сопровождается существенным изменением компрессионных способностей трикотажных материалов, следовательно, для исследованных материалов направление раскроя не является существенным фактором, если нет ограничений по величинам конструктивных прибавок.

На рисунке 4.11 показаны диаграммы значений удлинения (конструктивных прибавок) вдоль и поперек, которое необходимо для создания максимального давления.

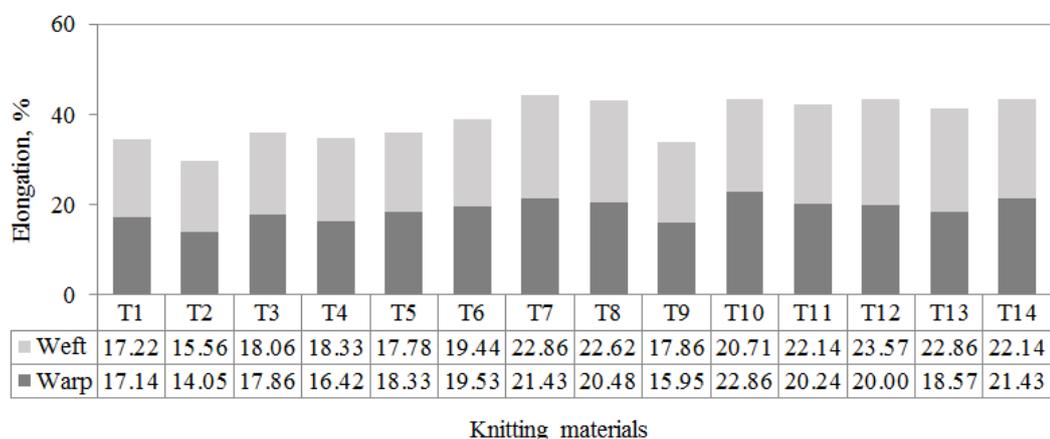


Рисунок 4.11 – Удлинение трикотажных материалов при создании ими максимального давления

Как показано на рисунке 4.11, для получения примерно одинаковых значений давления величина растяжения должна быть разной вдоль и поперек полотна: для получения одинаковых значений давления материал поперек должен быть растянут в два раза длиннее, чем вдоль.

Для анализа возможностей подкорпусной части изменить форму и получить «push-up» эффекты, были сканированы 15 мужчин без нижнего белья и в ежедневном нижнем белье после получения письменного разрешения на сканирование без раскрытия своего имени. После анализа совмещенных вертикальных сечений было установлено, что половые органы могут быть подняты вверх на 2,1...8,8 см (на муляже 2,8...4,5 см), а ягодицы – на 0,2...1,1 см (на муляже 1,75...2,0 см).

4.4. Анализ показателей свойств трикотажных материалов

Мужское нижнее белье отличается от женского белья. Как же как и бюстгальтер, оно имеет сильную практическую функцию. В последнее время инновации в этом виде одежды включают и дополнительные специальные обработки материалов, в том числе по нанотехнологиям, а само белье становится очень популярным благодаря появлению еще и лечебного эффекта. Например, «*HaoGang*» – одна из последних китайских разработок - представляет мужское нижнее белье с турмалином, который улучшает микроциркуляцию крови, устраняет воспаление, восстанавливают функции репродуктивной и мочеполовой системы.

Дизайн и разработка современного мужского нижнего белья можно разделить на простые переходные периоды: визуальное впечатление; улучшение качества материала; изменение функции.

С эстетической точки зрения дизайнеры уже в 1970-е годы стали акцентировать внимание потребителей на дизайне логотипа пояса.

Различные материалы влияют на внешний вид белья. Эластичное нижнее белье превосходит обычное свободно облегающее хлопчатобумажное белье с более низкой эластичностью не только из-за уникальных особенностей структуры, но благодаря хорошему фитнес-эффекту. Увлечение фитнесом, культом здорового тела также повлияло на изменение структуры нижнего белья, прежде всего, с позиций ее соответствия пластике и форме мужской фигуры в целом, более динамичного оформления контуров и линий членения (рисунок 4.12, б).

*a**б*

Рисунок 4.12 – Мужское бельё разного стиля: *a*– повседневное; *б*– спортивное

Согласно ресурсам сети, мы расследовали информацию на официальных веб сайтах продаж белья в Китае и за рубежом. Информация о материалах для белья, которое имело самый высокий объем продаж в 2017 году, показана на рисунке 4.13.

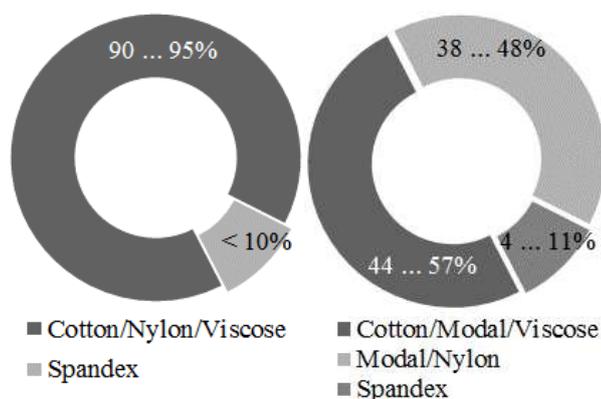


Рисунок 4.13 – Популярные химические составы материалов для белья

Поэтому в диссертационной работе мы выбрали трикотажные материалы смешанного состава.

4.4.1. Методы и средства исследований

В нашем исследовании для оценки физических свойств материалов использовали KES, Кавабата, KATO Tech. Japan, разработанный профессором университета Киото Кавабата Тэцуя (Kawabata Tetsuya). В наших тестах мы использовали автоматические приборы KES-FB1, KES-FB3 и KES-FB4, показанные на рисунке 4.14, для получения графических диаграмм (рисунок 4.15).

Пробы образцы материалов имели размеры 20 x 20 см. Его основной состав показан в приложении III, таблица III.2. Каждой материал испытывали десять раз по пять тестов на основе и утку.



Рисунок 4.14 – Комплекс оборудования KES

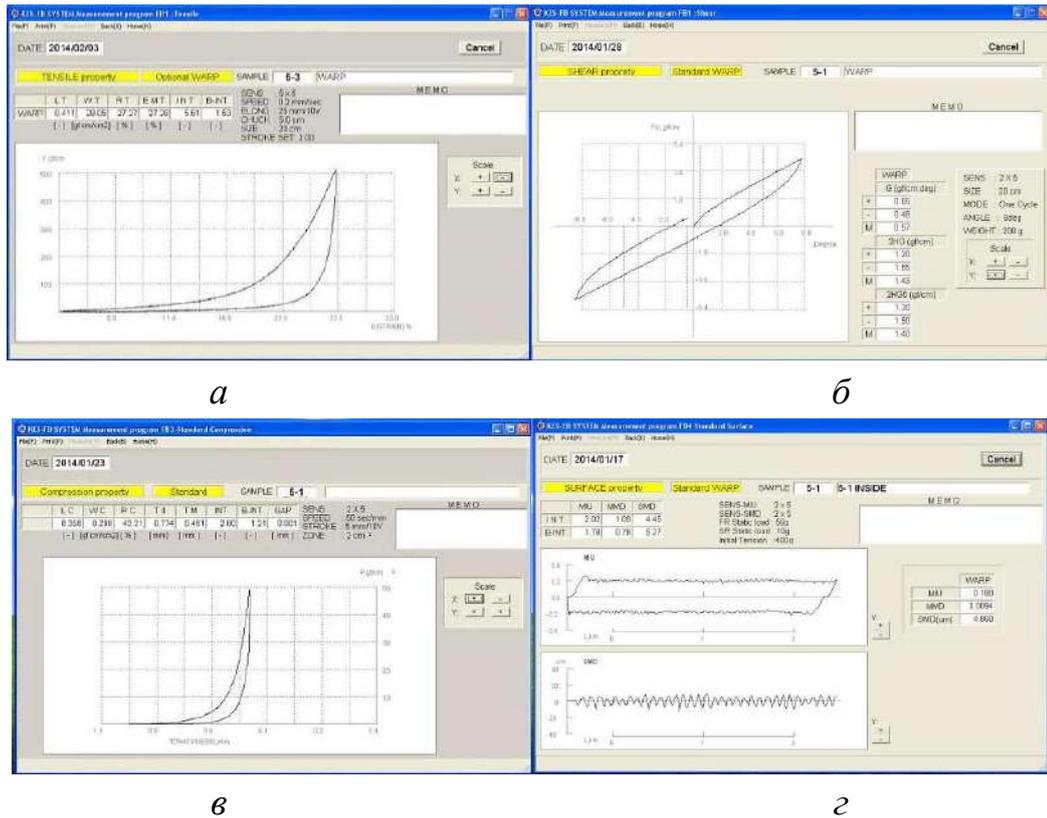


Рисунок 4.15 – Интерфейсы программы для автоматического измерения деформаций трикотажного материала: *а* – растяжение, KES-FB1; *б* – сдвиг, KES-FB1; *в* – сжатие, KES-FB3; *г* – трение, KES-FB4

1. Прибор для измерения показателей растяжения и сдвига KES-FB1 «*Tensile&shear tester*» развивает максимальную нагрузку при растяжении 500 сН/см, а при сдвиге обеспечивает перекус 5 град. Основанием для выбора именно этих методик послужит схожесть деформационных процессов, протекающих внутри материалов при испытаниях и в реальной одежде [6]. Деформации растяжения в белье возможны в обоих направлениях из-за отрицательных конструктивных прибавок и

динамических эффектов. Деформация сдвига возникает по двум причинам: (1) под действием мягких тканей фигуры на границах смежных участков, где имеет место заметное изменение пластики фигуры (например, ягодичцы - подъягодичная складка, участок лобка – бедро и т.д.); (2) под действием отрицательных конструктивных прибавок на смежных конструктивных уровнях (например, между уровнями талии и бедер).

После испытаний на растяжение и сдвиг измеряли показатели:

| | показатель | символ | единица измерения |
|----|---|----------|----------------------|
| 1 | Коэффициент полноты диаграммы растяжения/релаксации по основе | LT_o | |
| 2 | Коэффициент полноты диаграммы растяжения/релаксации по утку | LT_y | |
| 3 | Работа растяжения по основе | WT_o | |
| 4 | Работа растяжения по утку | WT_y | сН·см/с ² |
| 5 | Доля восстановления упругой деформации (по основе) | RT_o | % |
| 6 | Доля восстановления упругой деформации (по утку) | RT_y | % |
| 7 | Полная деформация удлинения по основе | EMT_o | % |
| 8 | Полная деформация удлинения по утку | EMT_y | % |
| 9 | Жесткость при сдвиге основы на 8 град. | G_o | сН/см·град |
| 10 | Жесткость при сдвиге утка на 8 град. | G_y | сН/см·град |
| 11 | Гистерезис усилия сдвига по основе при угле 0,5 град. | $2HG_o$ | сН/см |
| 12 | Гистерезис усилия сдвига по утку при угле 0,5 град. | $2HG_y$ | сН/см |
| 13 | Гистерезис усилия сдвига по основе при угле 5 град. | $2HG5_o$ | сН/см |
| 14 | Гистерезис усилия сдвига по утку при угле 5 град. | $2HG5_y$ | сН/см |

2. KES-FB3 использовали для измерения показателей компрессии и толщины [62, 135]:

| | показатель | символ | единица измерения |
|----|--|--------|-----------------------|
| 15 | Коэффициент полноты диаграммы «сжимаемость – нагрузка» | LC | |
| 16 | Работа сжатия | WC | сН·см/см ² |
| 17 | Доля упругой деформации | RC | % |
| 18 | Толщина ткани под нагрузкой 0,5 сН/см ² | T_o | мм |
| 19 | Толщина ткани под нагрузкой 50сН/см ² | T_M | мм |

3. Тест свойства поверхности KES-FB4.

| | показатель | символ | единица измерения |
|----|---|------------|-----------------------|
| 20 | коэффициент трения | <i>MIU</i> | |
| 21 | отклонение среднего коэффициента трения | <i>MMD</i> | |
| 22 | шероховатость поверхности | <i>SMD</i> | мкм (μm) |

4.4.2. Параметризация показателей свойств трикотажных материалов

В приложении IV, таблица IV.2, приведены результаты измерений выбранных трикотажных материалов.

Через испытание на KES мы оценивали качество материалов. Например, трение и растяжимость между материалом нижнего белья и кожей человеческого тела влияют на ощущение комфорта. Эластичные материалы и малая толщина также окажут более значительное влияние на комфорт белья.

Образцы T_7 , T_8 , T_{10} , T_{12} , T_{13} , T_{14} имеют хорошие свойства растяжимости, они мягкие из-за высокого содержания микро-волокна Modal.

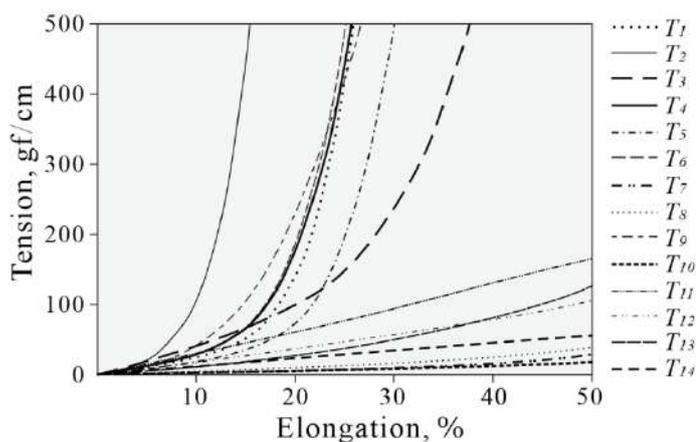
Образцы T_7 , T_8 , T_{12} , T_{14} имеют хорошие сдвиговые свойства. Они более гибкие и мягкие, также обладают большей способностью к восстановлению, стабильностью.

4.5. Новые показатели для описания реальных ситуаций в системе «тело - белье»**4.5.1. Анализ взаимосвязи между растяжимостью и усилием**

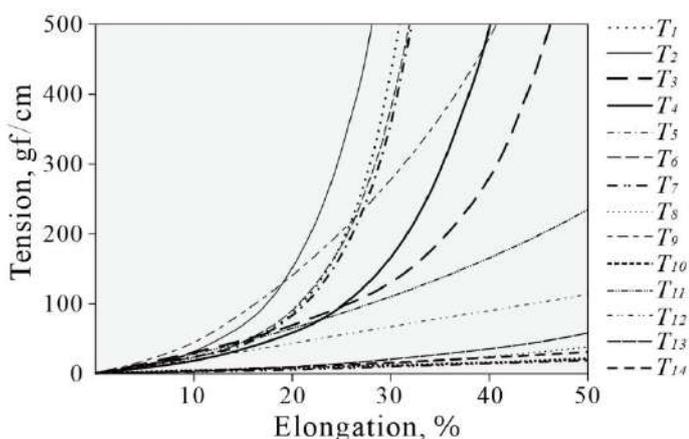
При ношении белья, из-за дыхания людей и различных динамических моделей поведения материал одежды будет производить специфические изменения в организме человека. Материал следует за человеческой кожей, производит некоторую деформацию. Существуют различные движения

конечностей в повседневной жизни, и различные деформации происходят на различных частях тела. Если материал может приспособиться к этим деформациям, то он сделает одежду более удобной; в противном случае, материал препятствует человеческой деятельности, принесет некоторое чувство угнетения и дискомфорта.

На рисунке 4.16, *a* показано удлинение материалов менее чем на 50% под действием силы растяжения, измеренной KES при стандартной нагрузке 500 сН/см.



a



б

Рисунок 4.16 – Совмещенные кривые «Напряжение-деформация (*Tension-elongation*)» после стандартного испытания трикотажных материалов: *a* – вдоль (*warp*); *б* – поперек (*weft*)

Из рисунка 4.16 видно, что материалы имеют большие различия между собой. Материал T_2 имеет почти вертикальный участок при удлинении более 10% и самую плохую упругость. Материалы T_7 , T_8 и T_{10} близки между собой и имеют хорошую упругость с самую низкую

растяжимость. Все материалы были разделены на две группы: семь видов материалов характеризуются резким ростом нагрузки после удлинения на 10....40%, а другие семь материалов неуклонно растягиваются более чем на 100%. В поперечном направлении все материалы имеют хорошую растяжимость.

Для приближения условий эксплуатации к условиям испытаний мы взяли для дальнейшего анализа сочетания малых сил растяжения и низкого удлинения (приложение IV, рисунки IV.1....IV.18). В соответствии с результатами наших испытаний максимальное удлинение E_{\max} материалов составило: вдоль 14,05...22,86% (среднее значение 18,88 %); поперек - 15,56...23,57% (среднее значение 20,08%).

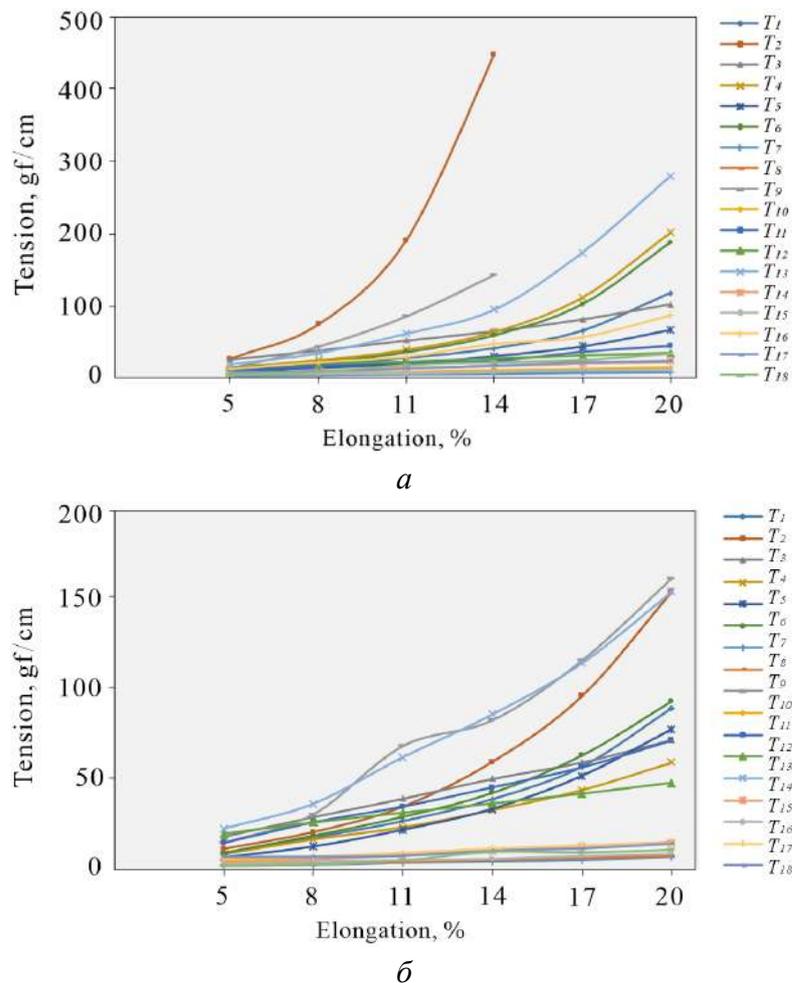


Рисунок 4.17 – Совмещенные диаграммы «нагрузка – деформация» при малых нагрузках: *a* – вдоль (*warp*); *б* – поперек (*weft*)

Поэтому для нас представляют интерес нагрузки, возникающие при

растяжении материалов в интервале 5...20%, поскольку при удлинении до 5% давление трудно измерить. Поэтому мы можем принять удлинение от 14,8...22,2% для дизайна белья. На рисунке 4.17 показаны диаграммы «нагрузка – деформация» при малых удлинениях до 20 %. Как показано на рисунке 4.17, T_2 имеет значительные различия с другими, а T_9 нельзя растянуть вдоль свыше 14%.

Мы проанализировали отношения между значениями сил растяжения и удлинением на рисунке 4.17. Мы выбрали начальное значение нагрузки F для удлинения 5%, а затем другие нагрузки с шагом 3% и получили цифровой ряд $f \{5, 8, 11, 14, 17, 20\}$.

$F(E_{\max})$ - это максимальная сила натяжения материала при максимальном его растяжении (приложение IV, таблица IV.3).

4.5.2. Удлинение и сжатие материала

По мере растяжения эластичного материала в одном направлении он сокращает свои размеры в другом направлении, т.е. параллельно протекают два процесса «удлинение-усадка» (*elongation-shrinkage*). Для установления таких зависимостей мы провели эксперимент по растяжению проб размером 10 x10 см, как показано на рисунке 4.18.

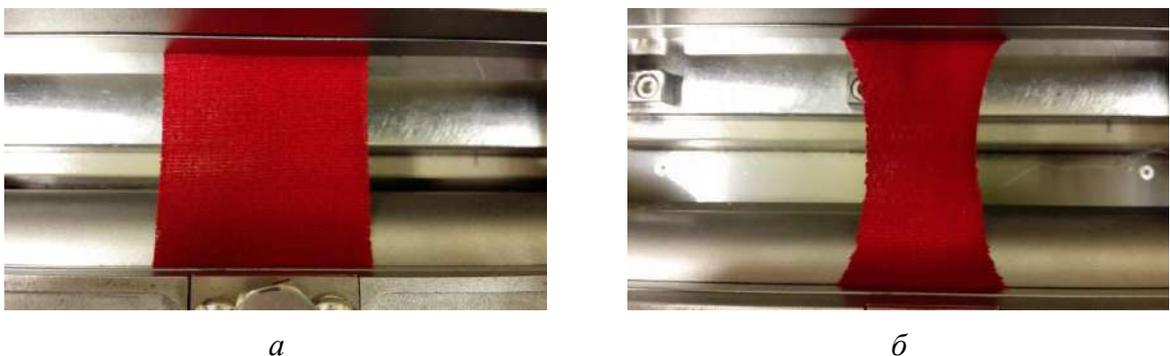


Рисунок 4.18 – Тест на усадку: а - исходное положение; б - после растяжения

После испытаний мы обработали результаты (Приложение IV, таблица IV.4). На рисунке 4.19 показаны зависимости между удлинением

материалов в одном направлении и их сокращением в противоположном.

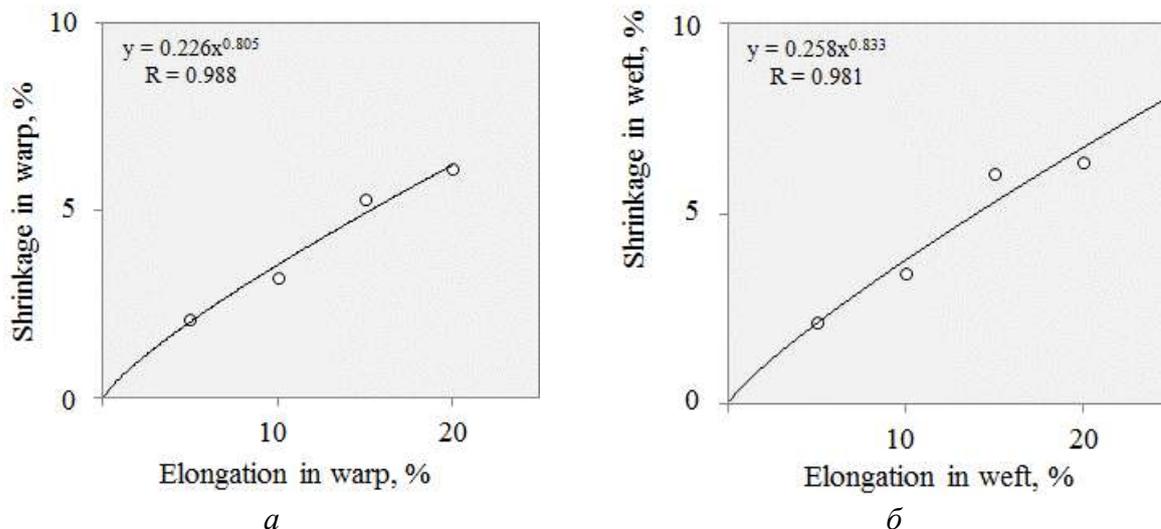


Рисунок 4.19 – Зависимости между удлинением (*elongation*) и усадкой (*shrinkage*):
а – вдоль полотна (*warp*); б – поперек полотна (*weft*)

Средняя усадка материалов составила 5,42 % вдоль пробы и 6,12 % поперек (рисунок 4.19). Материалы T_7 , T_8 , T_{12} имеют большую усадку при растяжении в среднем 20...36% вдоль и 15...25% поперек. T_3 , T_6 , T_{11} , T_{13} , T_{14} имеют меньшую усадку: 0...2% вдоль и поперек.

Эти данные необходимы для расчета конструкции деталей белья.

4.5.3. Разработка показателя для оценки компрессионной способности трикотажных материалов

Для разработки нового показателя нам необходимо знать каким образом растянутый материал оказывает давление на мягкие ткани фигуры, т.е. нам интересно соединить единичные показатели, измеренные в разных условиях: на приборе KES-FB-1 (удлинение, усилие растяжения) и реальной фигуре (давление).

На рисунке 4.20 показаны трехосные графики «удлинение пробы (ось X) – усилие растяжения пробы (нижний участок оси Y) – компрессионное давление под пробой (верхний участок оси Y)», скомбинированные из двух графиков: «растяжение пробы – давление под пробой». Графики

приведены для систем «участок фигура-оболочка» (*upperarm* - плечо, *lowerarm* - предплечье, *naturalwaist* - талия, *waistband* - обхват ниже талии в области пояса, *thigh* - бедро, *calf* - икра) и двух материалов T_1 и T_5 .

Из рисунка 4.20 очевидны следующие важные выводы. Кожные материалы фигуры по-разному восприимчивы к компрессионному давлению: под материалом T_1 можно достичь самого большого давления 2,1...2,5 кПа, а под материалом T_5 - 1,7...2,2 кПа. Чтобы сжать мягкие материалы фигуры, материалы следует растянуть на разные величины: для материала T_1 предельной является величина удлинения 15 %, а для материала T_5 - между 15 и 20 %.

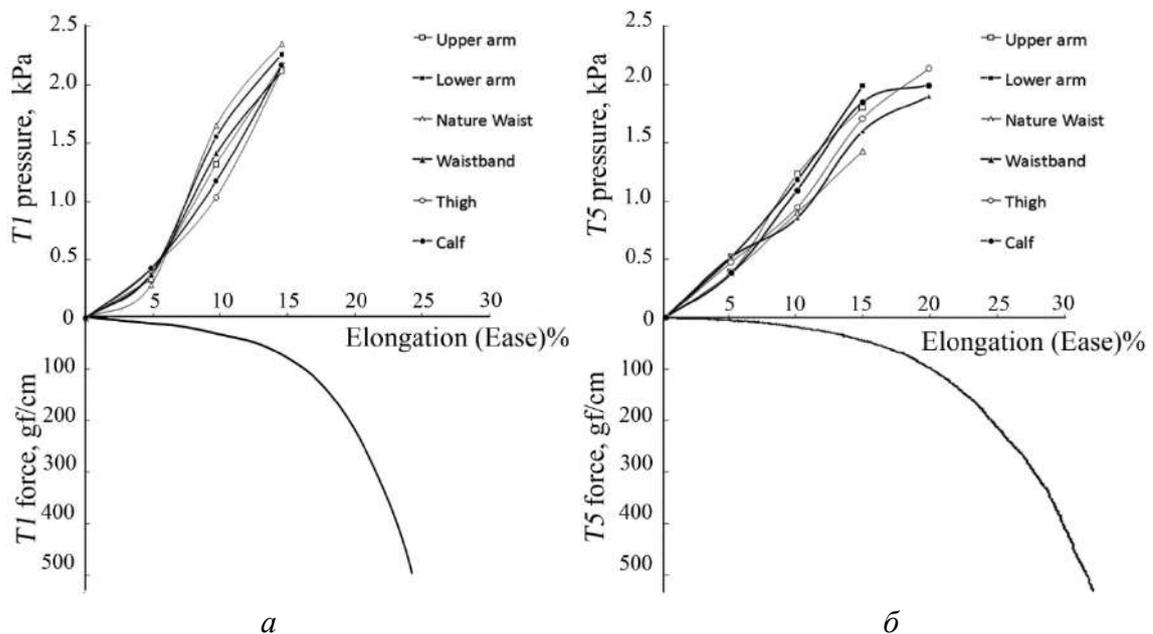


Рисунок 4.20 – Растяжение материалов вдоль петельных рядов под влиянием приложенного усилия и давление, возникающего под ними на разных участках фигуры:
a – T_1 , *б* – T_5

Кривые «усилие–растяжение», полученные после испытания на приборе KES-FB-1, позволяют получить дополнительную информацию о внутренних напряжениях. При одинаковом удлинении проб на 15 % внутри них будут действовать разные напряжения: в материале T_1 - 65 сН/см, а в материале T_5 - 31,3 сН/см. Аналогичные прямо пропорциональные соотношения между напряжением внутри растягиваемой пробы и оказываемой ей давлением на выбранные мягкие материалы подтверждены

для всех исследованных материалов.

Таким образом, для достижения компрессионной комфортности в системе «фигура-оболочка» недостаточно знать только исходную растяжимость материалов (группу растяжимости), чтобы проектировать конструктивные прибавки. В зависимости от структуры в материалах будут возникать разные напряжения, от величин которых будет зависеть компрессионное воздействие оболочек на мягкие материалы. Поэтому нами предложена новая характеристика – показатель компрессионной способности трикотажного материала CP (compressive performance), равный

$$CP = (P_{\max.\text{warp}} + P_{\max.\text{weft}}) / (E_{\text{warp}} + E_{\text{weft}}), \quad (4.6)$$

где E – максимальная конструктивная прибавка, равная относительной разности между периметрами участка фигуры (BS) и белья (CS), %, $E = 100 \cdot [(CS - BS) / BS]$, BS – размерный признак (обхват), CS – размер белья; P_{\max} – максимальное допустимое давление под напряженной трикотажной оболочкой, кПа.

Физическое содержание CP отражает способность материала создавать компрессионное давление, $0 < CP \leq 1$, кПа/%. Чем выше значение, тем сильнее способность материала создавать давление.

Новый показатель CP характеризует отношения между максимальным удлинением трикотажных материалов (%) и давлением сжатия (кПа), и этот показатель имеет важное значение для применения на разных участках фигуры. Поэтому мы можем использовать этот показатель при построении одного чертежа для разных уровней обхватов.

Например, если фигура имеет обхват талии $W_G = 80$ см, то после уменьшения на 10%, он составляет 72 см. Если мы имеем материал с $CP = 0,130$ кПа/%, то это значит, что он может произвести давление 0,130 кПа на мягкие ткани фигуры при его растяжении на 1 %. При его использовании мы получим давление 1,302 кПа на талии.

На рисунке 4.21 показана диаграмма значений CP и развиваемых ими давлений.

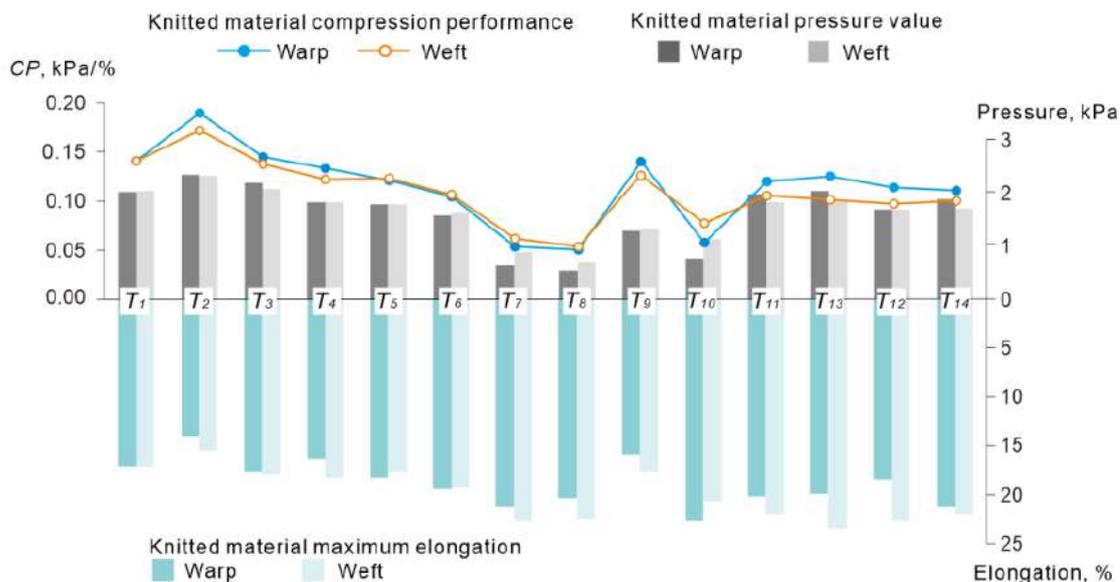


Рисунок 4.21 – Диаграммы компрессионной способности материалов, их удлинения (конструктивной прибавки) и возникающего под ними давления

Из рисунка 4.21 мы можем увидеть хорошее представление удлиненности материалов, имеющ относительно значение низкого среднего давления, как T_7 , T_8 , T_{10} , так что их CP также ниже, как синие и оранжевые линии показали.

4.5.4 Группировка трикотажных материалов по их компрессионной способности

Мы разделили трикотажные материалы между четырьмя уровнями от высокого до низкого в соответствии с их индексами CP :

1 уровень компрессии включает материалы с самым сильным сжатием при CP равном и более 0,12;

2 уровень компрессии включает материалы со средним сжатием при $0,09 \leq CP < 0,12$;

3 уровень компрессии включает материалы со средним сжатием при $0,06 \leq CP < 0,09$;

4 уровень компрессии включает материалы с наименьшей производительностью сжатия, когда CP равно и меньше 0,06.

Только несколько трикотажных материалов имеют очень высокий или низкий CP , поэтому мы сузили область среднего уровня. В таблице 4.3 показано распределение материалов по уровню компрессии с помощью красного, оранжевого, зеленого и синего цветов.

Таблица 4.3 – Четыре уровня значений CP

| Material | Warp | Weft |
|----------|-------|-------|
| T1 | 0.118 | 0.118 |
| T2 | 0.166 | 0.149 |
| T3 | 0.122 | 0.114 |
| T4 | 0.110 | 0.099 |
| T5 | 0.097 | 0.100 |
| T6 | 0.080 | 0.083 |
| T7 | 0.029 | 0.038 |
| T8 | 0.026 | 0.030 |
| T9 | 0.136 | 0.114 |
| T10 | 0.034 | 0.054 |
| T11 | 0.097 | 0.082 |
| T12 | 0.101 | 0.078 |
| T13 | 0.090 | 0.074 |
| T14 | 0.087 | 0.077 |

■ 1st level – strongest ■ 2nd level – above avg.
■ 3rd level – below avg. ■ 4th level – lowest

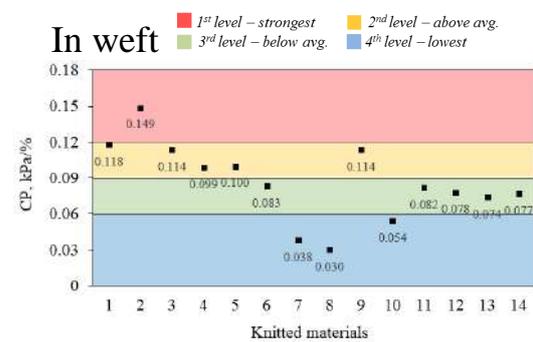
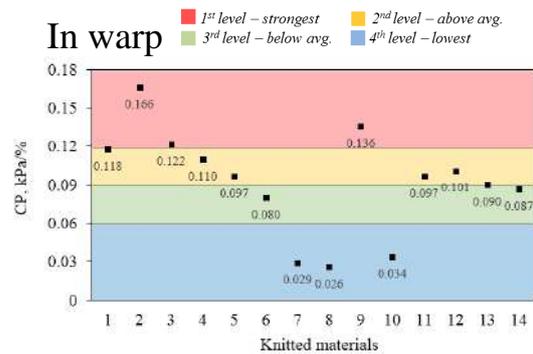


Рисунок 4.22 - Распределение трикотажных материалов по показателю CP

Как показано в таблице 4.3 и на рисунке 4.21, некоторые из трикотажных материалов относятся к разным уровням в направлениях деформации и утка.

4.5.5 Сравнение показателей компрессионной способности

Мы сравнили разработанный нами показатель CP с показателем $K_{\text{компр}}$, предложенным в работе [272] для двенадцати трикотажных материалах, пронумерованных с T_1 до T_{12} . Единицы измерения обоих показателей одинаковые - кПа /%.

Чтобы проанализировать различия между двумя показателями, мы рассмотрели следующие факторы: 1) средние значения вычисленных показателей; 2) точность прогнозирования давления; 3) условия измерений.

На рисунке 4.23 показаны диаграммы для обоих показателей для 12 материалов и результаты корреляционного анализа.

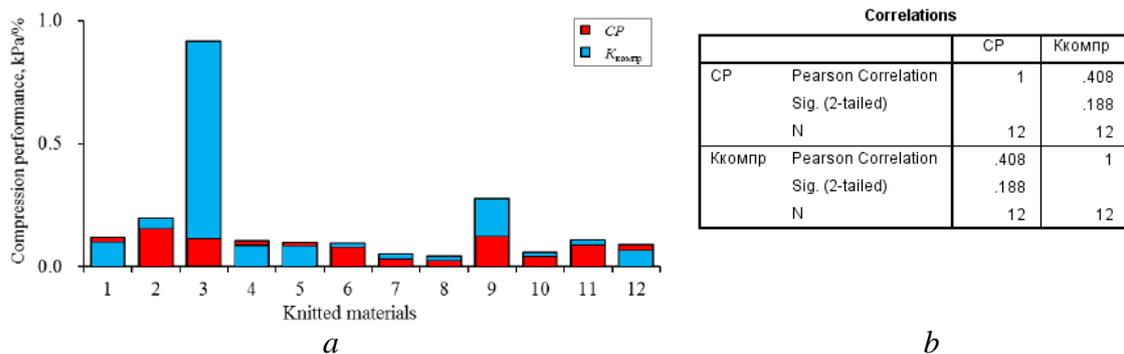


Рисунок 4.23 - Сравнение показателей компрессионной способности CP и $K_{\text{компр}}$ (a) и результаты их статистического анализа SPSS (b)

Как видно из рисунка 4.23, a, значительные различия существуют только для материалов T_3 и T_9 . В восьми случаях значения $K_{\text{компр}}$ выше, чем значения CP .

Корреляционный анализ между CP и $K_{\text{компр}}$ мы использовали для доказательства наличия связи между ними (рисунок 4.23, б). Критический коэффициент корреляции составляет $r = 0,780$ при $n = 12$ и уровне вероятности 99,9% (0,001) в соответствии с статистическим справочником Большева-Смирнова. Видно, что оба показателя являются некоррелированными, а связь между ними отсутствует.

В таблице 4.4 показаны средние значений показателей, рассчитанные для всех 12 трикотажных материалов.

Таблица 4.4 - Средние значения показателей компрессионной способности, кПа /%

| Разработанный показатель | | | Известный показатель $K_{\text{компр}}$ | | |
|--|----------------|--------------|--|------------------------------|----------------------------|
| $CP = P_{\text{max}} / E_{\text{max}}$, кПа/% | | | $K_{\text{компр}} = d(P_1 + P_2) / 2d\sigma^*(\Delta\sigma/\Delta\varepsilon)$ кПа/% | | |
| CP , вдоль | CP , поперек | Avg. среднее | $K_{\text{компр}}$, вдоль | $K_{\text{компр}}$, поперек | Среднее $K_{\text{компр}}$ |
| 0.093 | 0.088 | 0.091 | 0.238 | 0.109 | 0.173 |

Среднее значение CP составляет 0,091 кПа /%, что почти в два раза меньше значения $K_{\text{компр}}$ (0,173 кПа /%). В нашем случае среднее значение CP и значения, измеренные в разных направлениях, близки друг к другу.

(2) В таблице 4.5 показаны результаты прогнозирования давления и относительная погрешность прогнозирования, рассчитанной как по средним показателям, так и по измеренным значениям удлинения E_{max} и давления P . Измеренные результаты получены после испытаний с реальными фигурами. Из таблицы 4.5 видно, что точность прогнозирования по двум методам существенно различается. Средняя относительная ошибка составляет 31,51% и 150% соответственно для нашего и известного способа, а максимальная относительная ошибка 220,32% и 508,97% соответственно. Более того, теоретические результаты P равны 1.746 и 3.319 кПа соответственно. Очевидно, что результаты расчетов по нашему методу \hat{P}_1 ближе к фактическому измеренному значению P , поскольку в тестах P является почти максимально допустимым давлением для человеческого тела.

Таблица 4.5 - Сравнение результатов по двум методам прогнозирования давления в одних и тех же участках талии, пояса, бедер и бедра

| Материалы | Среднее значение максимального удлинения, % | Реальное давление, измеренное на мягких тканях человека, P , кПа | Теоретическое давление \hat{P} рассчитанное по уравнениям, кПа | | Разница между реальным и предсказуемым давлением, относительная погрешность δ , % | |
|------------------|---|--|--|---|--|--|
| | | | $\hat{P}_1 = CP \cdot E_{\max}$ | $\hat{P}_2 = K_{\text{компр}} \cdot \Delta \varepsilon$ | $\delta_1 = \hat{P}_1 - P / P \cdot 100\%$ | $\delta_2 = \hat{P}_2 - P / P \cdot 100\%$ |
| T_1 | 17.18 | 2.021 | 1.564 | 2.972 | 22.65 | 47.06 |
| T_2 | 14.80 | 2.328 | 1.347 | 2.561 | 42.12 | 10.03 |
| T_3 | 17.96 | 2.116 | 1.634 | 3.106 | 22.79 | 46.78 |
| T_4 | 17.38 | 1.814 | 1.581 | 3.006 | 12.82 | 65.73 |
| T_5 | 18.06 | 1.778 | 1.643 | 3.124 | 7.60 | 75.67 |
| T_6 | 19.49 | 1.596 | 1.773 | 3.371 | 11.12 | 111.26 |
| T_7 | 22.15 | 0.753 | 2.015 | 3.831 | 167.65 | 408.82 |
| T_8 | 21.55 | 0.612 | 1.961 | 3.728 | 220.32 | 508.97 |
| T_9 | 16.91 | 2.098 | 1.538 | 2.925 | 26.68 | 39.39 |
| T_{10} | 21.79 | 0.948 | 1.983 | 3.769 | 109.09 | 297.51 |
| T_{11} | 21.19 | 1.890 | 1.928 | 3.666 | 2.03 | 93.98 |
| T_{12} | 21.79 | 1.934 | 1.983 | 3.769 | 2.53 | 94.92 |
| Средние значения | 19.19 | 1.657 | 1.746 | 3.319 | 31.51 | 150.01 |

В таблице 4.6 показаны фактические результаты и результаты прогноза давления, рассчитанные по средним показателям на основе соответствующих результатов испытаний и по значениям удлинения E_{\max} и давления, для разных частей тела. Результаты приведены для нашего и существующего методов. Как видно из таблицы 4.6, результаты прогнозирования существенно различаются между участками фигур. Согласно экспериментальному результату $E_{\max,1}$ средняя относительная ошибка составляет для мужских фигур 20,14%. Средняя относительная погрешность $K_{\text{компр}}$ составляет 28,30%. Абсолютные погрешности составляют 0,260 и 0,665 кПа соответственно для нашего и известного методов. Большая ошибка существует при измерениях в области ягодиц.

Таблица 4.6 - Сравнение результатов прогнозирования давления для мужских и женских фигур

| Части тела | Среднее значение максимальной ого удлинения для мужских фигур $E_{\max.1}$, % | Разница между реальным и прогнозируемым давлением по нашему методу | | Среднее значение максимальной ого удлинения для женских фигур $E_{\max.2}$, % | Разница между реальным и прогнозируемым давлением по известному методу | |
|------------|--|--|--|--|--|--|
| | | абсолютная ошибка Δ , кПа | относительная погрешность δ_3 , % | | абсолютная ошибка Δ , кПа | относительная погрешность δ_4 , % |
| Талия | 19.1 | 0.054 | 3.23 | 14.1 | 0.839 | 52.17 |
| Пояс | 20.4 | 0.126 | 7.30 | 23.9 | 0.770 | 22.94 |
| Ягодицы | 23.1 | 0.864 | 69.84 | 22.7 | 0.984 | 33.40 |
| Бедро | 17.9 | -0.003 | 0.17 | 8.7 | 0.068 | 4.69 |
| Среднее | 20.1 | 0.260 | 20.14 | 17.4 | 0.665 | 28.30 |

Примечание: $E_{\max.1}$ - удлинение материала на мужских фигурах; $E_{\max.2}$ - удлинение материала на женских фигурах

Таким образом, результаты прогнозирования, основанные на нашем показателе компрессионной способности CP , ближе к фактическим измеренным значениям давления.

(3) Различия между обоими способами зависят от условий проведения экспериментов, методов, целей и точности прогнозирования давления. В таблице 4.7 суммированы аспекты двух подходов.

Показатель CP основан на чувствительности / комфорте человеческого тела и представляет максимальную эффективность сжатия. Показатель $K_{\text{компр}}$ можно рассматривать как идеализированное предсказание, которое устанавливает возможности сжатия, поскольку все измеренные значения, используемые для расчета, получены на основе имитации мягких частей человеческого тела на силиконовом цилиндре.

Таблица 4.7 - Сравнение условий для расчета показателей компрессионной способности

| № | Условия | Методы | | Сравнение |
|---|--|---|---|---|
| | | Известный $K_{\text{компр}}$ | Разработанный CP | |
| 1 | Объект измерения давления | Силиконовый цилиндр, женские тела | Мужские тела | CP может быть применен к каждой цилиндрической части мужского тела. $K_{\text{компр}}$ просто имитирует мягкие ткани женского тела. |
| 2 | Критерии чувствительности человеческого тела | До достижения корректирующего эффекта | Пока эксперт не почувствует себя неудобно | CP , основанный на чувствительности человеческого тела, макс. значение удлинения, которое может быть рассчитано по диапазону чувствительности давления. $K_{\text{компр}}$ основанный на $P(\sigma(\varepsilon))$ – значение давления, на которое влияет зависимость $\sigma(\varepsilon)$. |
| 3 | Исходные данные для расчетов | Растяжение и напряжение материала на KES, и давление под ним | Два максимальных значения - удлинения и давления, генерируемых одновременно | CP основан на результатах измерений непосредственно на человеческом теле. $K_{\text{компр}}$ основан на результатах измерений напряжения материала, возникающего при его удлинении ε приблизительно на 20,0%, и фактически переносимого давления. |
| 4 | Условия применения | Наличие линейной аппроксимированной зависимости $P(\varepsilon)$ в окрестности $\varepsilon = 20\%$ | Экспресс-метод максимальной компрессии под трикотажным материалом | CP используется для оценки максимально переносимого давления трикотажного материала, которое может применяться к человеческому телу для различного дизайна |
| 5 | Точность прогнозирования | Ошибки 20,14 %, 0.260 кПа | Ошибки 28,3 %, 0,665 кПа | Точность разработанного способа |

Изучение компрессии материала и облегающей одежды не может быть ограничено экспериментом на манекене, но должно соотноситься с

реальным человеческим телом. Метод расчета CP прост, его можно получить путем измерения на человеческом теле (главным образом на мягких тканях мужского торса), он более точен для прогнозирования давления и может классифицировать трикотажные материалы с точки зрения эффективности сжатия. Что касается характеристик трикотажных материалов и толерантности реальных мягких тканей человека к давлению, то максимальное значение давления, предсказанное $K_{\text{компр}}$, слишком велико, и существует большой разрыв между прогнозируемым значением и фактическим измеренным значением. Согласно нашему опыту испытаний, такие большие значения давления возникают над костными образованиями человеческого тела.

4.6. Математические модели для прогнозирования давления

Целью этой части работы является разработка математических моделей для прогнозирования давления под трикотажными материалами. В модели должны быть включены экспериментальные данные, полученные после измерения показателей механических свойств проб трикотажных полотен, и данные давления на мужское тело. Мы планируем использовать «оригинальные данные (*original data*)» и «выбранные данные (*selected data*)» после испытаний материалов на KES и установлении корреляции между P_{max} и CP .

Оригинальные данные «*Original data*» представляют собой результаты измерений по стандартной процедуре, а выбранные данные «*selected data*» - это трансформированные данные, вычисленные после обработки оригинальных, и характеризующие поведение трикотажных материалов. Все данные относятся к результатам, полученным при низких значениях напряжения и деформации, и соответствуют фактическим условиям эксплуатации реального белья.

С использованием программы *SPSS* проанализированы все соотношения между результатами измерений *CP* и тестовыми данными (приложение IV, таблица IV.5), результаты показаны в таблицах 4.8...4.11. Мы выбрали уровень вероятности 0,05 (95%). Критический коэффициент корреляции равен $r = 0,444$ при $sig. < 0,05$. В таблице 4.8 данные приведены в виде дроби (в числителе - вдоль полотна, в знаменателе - поперек полотна); серым цветом выделены значимые коэффициенты корреляции, жирным шрифтом - самые высокие.

Таблица 4.8 – Коэффициенты корреляции между показателями свойств растяжения, сдвига, сжатия и трения и P_{\max} и CP (вдоль/поперек)

| Показатель | P_{\max} | <i>Sig.</i> | CP | <i>Sig.</i> |
|----------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| <i>EMT</i> | <u>-0,604</u> | <u>0,022</u> | <u>-0,740</u> | <u>0,002</u> |
| | -0,696 | 0,006 | -0,774 | 0,001 |
| <i>F(5)</i> | <u>0,708</u> | <u>0,002</u> | <u>0,759</u> | <u>0,002</u> |
| | 0,621 | 0,018 | 0,495 | 0,072 |
| <i>F(8)</i> | <u>0,685</u> | <u>0,007</u> | <u>0,813</u> | <u>0,000</u> |
| | 0,701 | 0,005 | 0,610 | 0,021 |
| <i>G</i> | | | <u>0,595</u> | <u>0,025</u> |
| | | | 0,537 | 0,048 |
| <i>T₀</i> | 0,816 | 0,004 | 0,876 | 0,001 |
| <i>T_M</i> | 0,768 | 0,009 | 0,844 | 0,002 |
| <i>SMD</i> | 0,542 | 0,106 | 0,507 | 0,135 |

Как мы видим в таблице 4.8, все данные имеют хорошие корреляции. *F(5)*, *F(8)* имеют самые сильные корреляции с максимальным давлением P_{\max} и CP . P_{\max} и CP имеют очень сильные корреляции с T_0 и T_M . Поэтому в разрабатываемые модели можно включать почти все показатели из «оригинальных данных (*original data*)» и «выбранных данных (*selected data*)».

Поскольку значение давления P в определенном диапазоне не может бесконечно расти, что ограничено возможностями тонких и эластичных трикотажных материалов, мы использовали *S*-кривую (сигмовидную функцию) «*S-curve (sigmoid function)*», для моделирования взаимосвязи между давлением и показателями свойств материалов (x_i, y_i). На начальном

этапе с увеличением x темпы роста y (P) постепенно увеличиваются, а кривая показывает тенденцию быстрого роста; в среднесрочной перспективе, хотя x находится в стадии развития, рост y (P) становится относительно медленным, и кривая показывает более умеренный подъем. При достижении точки перегиба (x,y) темпы роста приближаются к нулю, а кривая трансформируется в горизонталь [21]. В качестве независимой переменной x_i мы использовали показатели свойств материалов, а зависимой переменной y_i - максимально допустимое давление.

$$y_i = e^x = \exp\{f(x)\}, \quad (4.7)$$

где y_i - зависимая переменная давления, e - натуральная основа; $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$ - независимые переменные показателей свойств материала, $i = 1, 2, \dots, 18$, $x \neq 0$, $y > 0$, β_0 - постоянный член, ε_i - случайная ошибка (случайная величина).

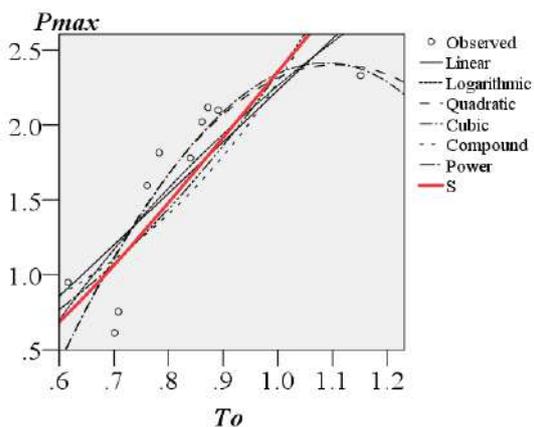
С другой стороны, для моделирования была выбрана многомерная модель линейной регрессии

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_n x_{in} + \varepsilon_i. \quad (4.8)$$

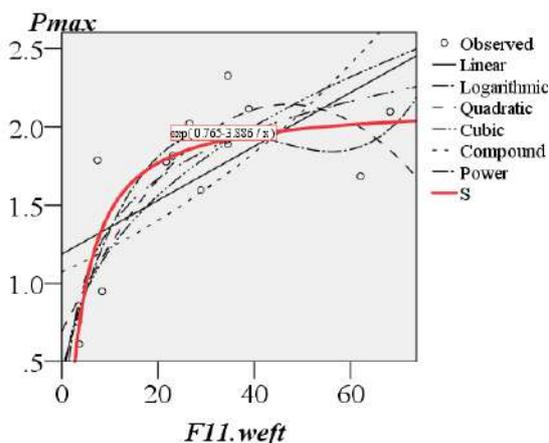
Мы использовали R^2 для определения степени адекватности функций.

Прогнозирование давления по единичным показателям. На рисунке 4.24 показаны аппроксимации зависимостей " $P_{\max} - T_0$ " и " $P_{\max} - F(5)_{\text{warp}}$ ".

На рисунке 4.24 показаны функции (красная линия, естественной экспоненциальной функции), зависящие от параметров KES: измеренные в продольном направлении и не зависящие от направления (T_0). В математическом плане эти виды являются уравнениями с предельным диапазоном значений P_{\max} (приложение IV, таблица IV.6).



a



b

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| .800 | .640 | .595 | .305 |

The independent variable is T0.

ANOVA

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Regression | 1.323 | 1 | 1.323 | 14.228 | .005 |
| Residual | .744 | 8 | .093 | | |
| Total | 2.067 | 9 | | | |

The independent variable is T0.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / T0 | -1.853 | .491 | -.800 | -3.772 | .005 |
| (Constant) | 2.709 | .624 | | 4.344 | .002 |

The dependent variable is ln(Pmax).

b

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| .905 | .819 | .804 | .182 |

The independent variable is F11.weft.

ANOVA

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Regression | 1.811 | 1 | 1.811 | 54.462 | .000 |
| Residual | .399 | 12 | .033 | | |
| Total | 2.210 | 13 | | | |

The independent variable is F11.weft.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|--------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / F11.weft | -3.886 | .526 | -.905 | -7.381 | .000 |
| (Constant) | .765 | .065 | | 11.750 | .000 |

The dependent variable is ln(Pmax).

c

Рисунок 4.24 – Модели функций: a – линейная для соотношения между P_{max} и T_0 ; б – результаты аппроксимации; в – экспоненциальная для соотношения между P_{max} и $F(5)_{warp}$; г – результаты аппроксимации

Для подтверждения адекватности уравнений использовали ANOVA и F-критерий $sig. < 0,000$, критерий Стьюдента $sig. < 0,01$ и коэффициент корреляции Пирсона R , коэффициент детерминации R^2 и скорректированный R^2 (R^2_{adj}). Уравнения имеют вид

| уравнения | границы применения | R^2_{adj} | |
|---|---------------------------|-------------|-------|
| $P_{max} = e^{(2,709 - \frac{1,853}{T_0})}$, | $0 < P_{max} < 15$ кПа | 0,595 | (4.4) |

| | | | |
|--|-----------------------------|-------|-------|
| $P_{\max} = e^{\left(2,334 - \frac{1,028}{T_M}\right)},$ | $0 < P_{\max} < 15$ кПа | 0,541 | (4.5) |
| $P_{\max} = e^{\left(0,721 - \frac{2,924}{F(8)_{\text{warp}}}\right)},$ | $0 < P_{\max} < 2,1$ кПа | 0,536 | (4.6) |
| $P_{\max} = 2,4T_M + 5,2T_0 - 0,18F(5)_{\text{warp}} + 0,13F(8)_{\text{warp}} - 0,03F(11)_{\text{warp}} - 0,01EMT_{\text{warp}} - 24,96LC + 5,7$ | | 0,999 | (4.7) |

где $e=2,718$; T_0 и T_M – толщина трикотажного материала исходная и под нагрузкой, см; P_{\max} – максимальное значение давления, кПа.

Мы также использовали показатели свойств материала P_{\max} и $F(5 \dots E_{\max})$ в продольном направлении (*SPSS «stepwise analyzed»*) для расчета P_{\max} путем получения многофакторных линейных уравнений (4.11).

| Уравнения | Границы применения | R_{adj}^2 | |
|---|-----------------------------|-------------|--------|
| $P_{\max} = e^{\left(0,765 - \frac{3,886}{F(11)_{\text{weft}}}\right)},$ | $0 < P_{\max} < 2,1$ кПа | 0,804 | (4.8) |
| $P_{\max} = e^{\left(0,743 - \frac{7,852}{F(20)_{\text{weft}}}\right)},$ | $0 < P_{\max} < 2,1$ кПа | 0,820 | (4.9) |
| $P_{\max} = e^{\left(0,75 - \frac{7,404}{F(E_{\max})_{\text{weft}}}\right)},$ | $0 < P_{\max} < 2,1$ кПа | 0,829 | (4.10) |
| $P_{\max} = 0,66F(5)_{\text{weft}} - 0,45F(8)_{\text{weft}} + 0,16F(11)_{\text{weft}} + 0,1F(17)_{\text{weft}} - 0,15F(E_{\max})_{\text{weft}} + 15,98T_0 - 23,5T_M - 0,02EMT_{\text{weft}} + 2,99$ | | 0,999 | (4.11) |

где $e = 2,718$; $F(5), F(8), F(11), F(17), F(E_{\max})$ – усилия, необходимые для растяжения пробы трикотажного материала на 5, 8, 11, 17% и максимального значения соответственно, сН/см; P_{\max} – максимальное значение давления, кПа.

Прогнозирование компрессионной способности трикотажных

материалов по единичным показателям. Аналогично мы рассчитали уравнения для расчета среднего показателя компрессионной способности CP (рисунок 4.25). Модели основаны на параметрах KES, измеренных поперек полотна.

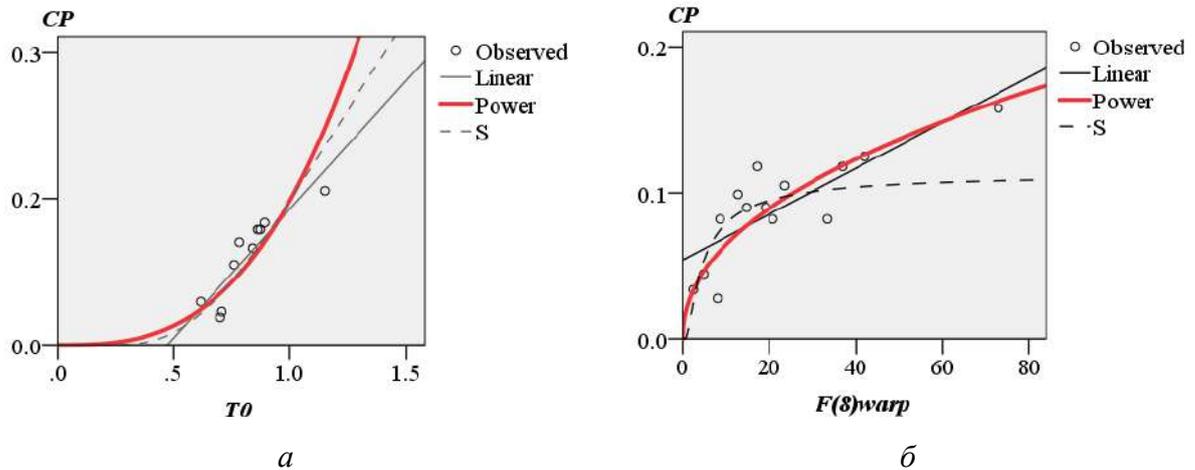


Рисунок 4.25– Модели функций: а – степенная для "CP-T₀"; б– степенная для "CP-F(8)_{warp}"

| уравнения | R_{adj}^2 | |
|--|-------------|--------|
| $CP = 0,148 \cdot T_0^{2,907},$ | 0,635 | (4.12) |
| $CP = e^{\left(-1,689 - \frac{1,704}{SMD_{warp}}\right)},$ | 0,805 | (4.13) |
| $CP = 0,022 \cdot F(8)_{warp}^{0,463},$ | 0,672 | (4.14) |
| $CP = 0,017 \cdot F(20)_{weft}^{0,398},$ | 0,746 | (4.15) |

где $e = 2,718; F(20)_{weft} < 200$ сН/см (максимальное усилие растяжения для материала белья).

Прогнозирование максимальной растяжимости по единичным показателям. На рисунке 4.26 показаны графики для прогнозирования максимального удлинения по единичным показателям других свойств. Эти уравнения могут дополнять ранее разработанные в случае отсутствия каких-то необходимых измерений.

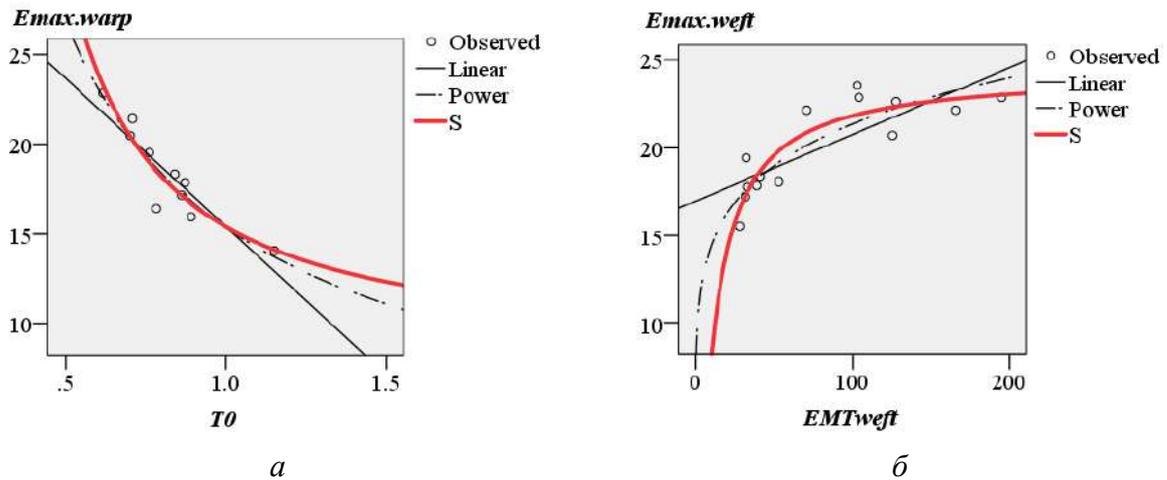


Рисунок 4.26– Модели функций: *a* – S-кривая; *б* –power-кривая

| уравнения | R_{adj}^2 | |
|---|-------------|--------|
| $E_{\max.warp} = e^{\left(2,068 + \frac{0,666}{T_0}\right)},$ | 0,852 | (4.16) |
| $E_{\max.warp} = 0,03EMT_{warp} - 0,07F(8)_{warp} + 18,78$ | 0,843 | (4.17) |
| $E_{\max.weft} = e^{\left(3,191 - \frac{10,789}{EMT_{weft}}\right)},$ | 0,794 | (4.18) |
| $E_{\max.weft} = 0,03EMT_{weft} - 7,13T_0 + 23,12$ | 0,888 | (4.19) |

где $e = 2,718$; EMT – удлинение материала при нагрузка 500 сН/см, %.

Таким образом, благодаря этим уравнениям возможно прогнозирование компрессионной способности трикотажных материалов, их удлинения и развиваемого ими давления по единичным показателям свойств, измеренных на комплексе KES.

4.7. Проверка математических моделей

Полученные уравнения (4.4) - (4.19) имеют хорошие показатели адекватности, но необходимо провести их дополнительную проверку, чтобы определить ошибку δ прогнозирования. Поскольку для

корректировки полученных уравнений мы сравнили теоретические и фактические значения, чтобы найти разность между ними и внести корректировки в исходные уравнения.

$$\delta = \Delta / y \cdot 100, \quad (4.20)$$

где δ – фактическая относительная ошибка, %; Δ – абсолютная ошибка, равная разности между прогнозируемым значением физической величины \hat{P} (\widehat{CP} , \widehat{E}) и ее истинным (измеренным) значением $y = P(CP, E)$; y – истинное (измеренное) значение $P(CP, E)$.

Все результаты испытаний показаны в приложении IV, таблица IV.7. Второй квартиль Q_2 (Процентиль 50) – медиана δ , δ и Q_2 , близкие к 0%, являются наилучшими.

Мы также принимаем во внимание другие статистики для проверки – эксцесс и асимметрию (*Kurtosis and Skewness*) [36]. Положительные значения эксцесса означают, что предсказанные значения близкий к центру, отрицательные – рассеяние результатов от центра значений, для наших результатов положительный результат лучше отрицательного эксцесса.

Проверка на асимметрию показывает распределение данных: отрицательный перекоп означает, что масса распределения сосредоточена справа; положительный перекоп – масса распределения сосредоточена слева [35]. На рисунке 4.27 показаны результаты проверки всех уравнений.

Графическая интерпретация рисунка 4.27 представлена в таблице 4.9, где показаны уравнения, обеспечивающие самые малые ошибки прогнозирования, а приемлемые значения выделены жирным шрифтом.

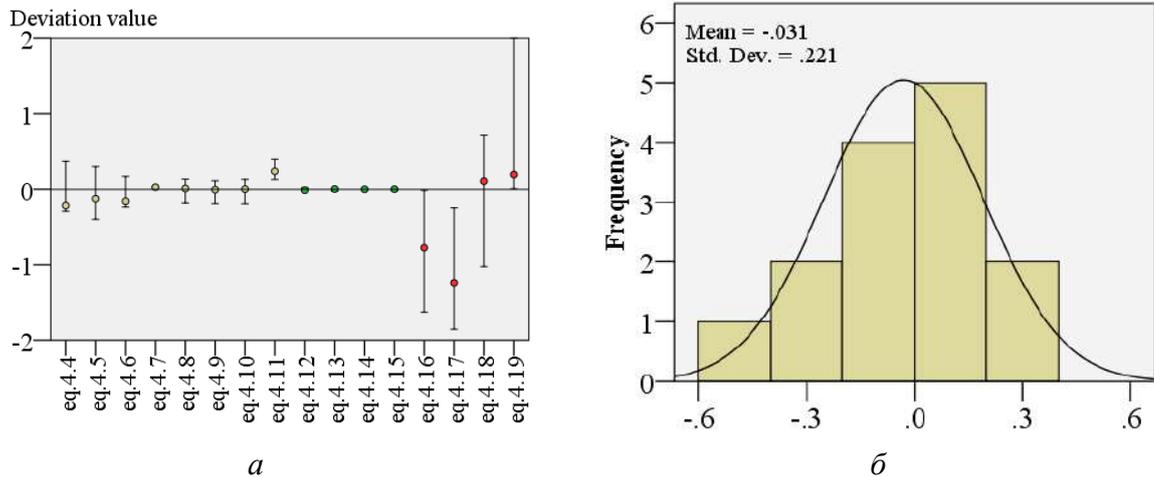


Рисунок 4.27– Диаграмма для проверки уравнений: a – отклонение для уравнений (4.4)...(4.11), кПа, (4.12)...(4.15),кПа/%, (4.16)...(4.19), %; b – пример гистограммы для проверки нормального распределения по уравнению (4.9)

Таблица 4.9 – Средний результат проверки уравнений

| Уравнения \hat{P} | Δ , кПа (кПа /%; %) | δ , % | S.D., \pm | Дисперсия (Variance) | Экссесс (Kurtosis) | Перекос (Skewness) |
|--|----------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Уравнения для расчета P_{\max} | | | | | | |
| (4.7) | -0,030 | 2,27 | 0,020 | 0,134 | 4,096 | 1,736 |
| (4.8) | -0,021 | -0,72 | 0,227 | 0,051 | -0,349 | -0,399 |
| (4.9) | -0,031 | 1,77 | 0,221 | 0,049 | -0,005 | -0,304 |
| (4.10) | -0,020 | -0,80 | 0,216 | 0,047 | -0,652 | -0,088 |
| Уравнения для расчета показателя компрессионной способности \hat{CP} | | | | | | |
| (4.12) | -0,0016 | 5,94 | 0,029 | 0,001 | 1,938 | 1,482 |
| (4.13) | -0,0016 | 2,99 | 0,027 | 0,001 | 1,195 | 0,246 |
| (4.14) | -0,0018 | 4,07 | 0,019 | 0,000 | 0,12 | 0,163 |
| (4.15) | -0,0016 | 2,87 | 0,021 | 0,000 | 0,72 | 0,641 |
| Уравнения для расчета удлинения \hat{E} | | | | | | |
| (4.16) | -0,652 | -3,38 | 1,450 | 2,103 | 2,217 | 1,079 |
| (4.17) | -1,181 | -5,57 | 1,448 | 2,096 | -0,098 | -0,347 |
| (4.18) | -0,034 | 0,14 | 1,151 | 1,325 | -0,595 | -0,232 |

На основе таблицы 4.9 были выбраны наилучшие уравнения:

для P_{\max} – основное (4.10) с ошибкой $\pm 0,216$, и дополнительные (4.7)с ошибкой $\pm 0,020$, (4.8)с ошибкой $\pm 0,227$, (4.9)с ошибкой $\pm 0,221$;

для CP – по основе (4.13) с ошибкой $\pm 0,027$, по утку (4.15) с ошибкой $\pm 0,021$;

для $E_{\max.warp}$ – (4.16) с ошибкой $\pm 1,450$;

для $E_{\max.weft}$ (4.18) с ошибкой $\pm 1,151$.

Полученные уравнения можно использовать для проектировании компрессионных трикотажных видов мужского белья. Вначале необходимо измерить усилие растяжения пробы трикотажного материала F для ее удлинения в среднем на 19 % и рассчитать значение допустимого компрессионного давления трикотажной оболочки на тот или иной участок фигуры. Затем проверить достаточность величины запроектированной конструктивной прибавки для проектируемых деталей белья.

Например, для изученных материалов рекомендуются следующие значения конструктивных прибавок для разных участков фигуры, %:

| плечо | предплечье | талия | пояс | ягодицы | бедро | икра | Среднее |
|--------|------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| -19,11 | -17,86 | -19,05 | -20,42 | -23,09 | -17,92 | -18,92 | -19,48 |

Выводы по главе 4

На основании комплексных испытаний 14 трикотажных материалов в разных условиях и с применением разных методов и средств исследования получены следующие выводы:

1. Установлены интервалы коррекции пластики мужских фигур и значения эффекта *push-up*: спереди 2,8...4,5 см, сзади 1,8...2,0 см.

2. Установлена средняя максимальная величина растяжения материалов E_{\max} , равная 14,8...22,2% и достаточная для достижения максимального давления P_{body} 1,21...1,86 \pm 0,58 кПа.

3. На основании экспертных оценок проранжированы участки фигуры с позиций их чувствительности к создаваемому давлению под

компрессионным бельем: *buttocks* (ягодицы) <*thigh*(бедро) <*natural waist* (талия) <*thigh*(бедро) <*waistband* (обхват ниже талии в области пояса) <*lower arm* (предплечье) <*upper arm*(плечо).

4. Разработан алгоритм расчета конструктивных прибавок для проектирования белья, основанный на совместном использовании данных, относящихся к материалам и чувствительности мягких кожных тканей мужских фигур к компрессионному давлению.

5. Предложен новый показатель для определения компрессионной способности материалов, вычисляемый по результатам измерения усилий растяжения проб на определенные величины и давления в реальной системе «фигура-оболочка». Используются возможности прибора KES-FB-1 для получения таких показателей растяжения, которые соответствуют условиям эксплуатации белья.

6. Проведено сравнение разработанного показателя компрессионной способности с известным показателем и показаны его преимущества для прогнозирования давления: снижение ошибки прогнозирования с 28,3 % (0,665 кПа) до 20,14 % (0,260 кПа).

7. Получены уравнения для расчета максимального компрессионного давления под плотно облегающими трикотажными оболочками, показателя компрессионной способности и максимального удлинения материалов, необходимых для разработки чертежей белья.

Глава 5. РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МУЖСКОГО БЕЛЬЯ

Существует определенная взаимосвязь между схемами чертежей брюк и белья. Рисунок 5.1 показывает алгоритм получения разверток подкорпусной части мужской фигуры для передней и задней частей.

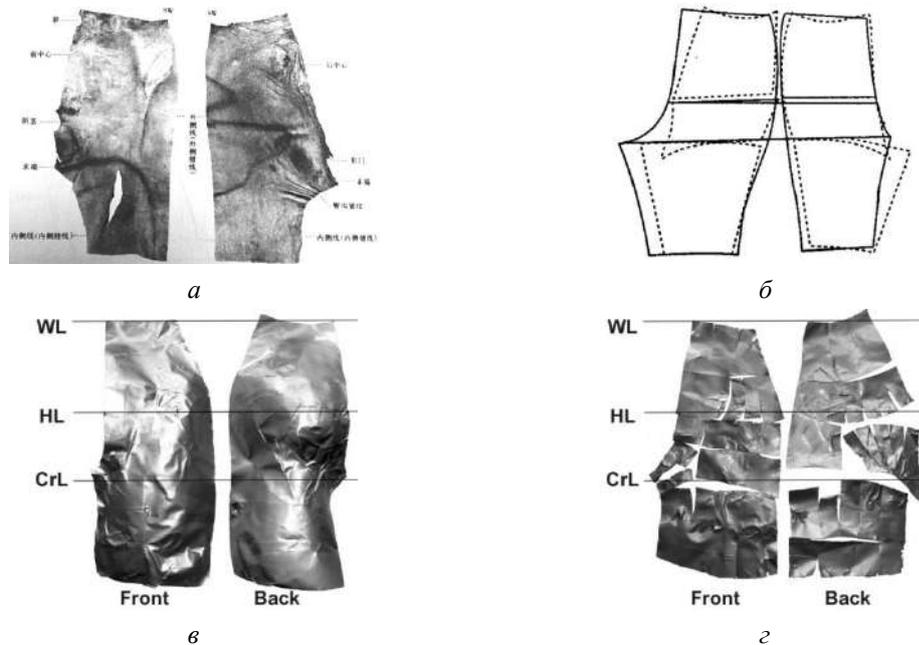


Рисунок 5.1 –Развертки поверхности подкорпусной части мужской фигуры: *а*–развертка, подобная настоящей коже, *б*– совмещенные схемы развертки кожи и брюк, *в*– 3D оболочка, *г*– 2 D развертка

Из рисунка 5.1, *б* видно, что структуры чертежа брюк и белья одинаковы. Поэтому теоретически чертеж брюк может быть трансформирован в чертеж белья после внесения изменений с учетом показателей свойств материалов, структуры белья.

После разворачивания на плоскости передней и задней оболочки «кожи» видно, что степень растрескивания задней части значительно больше, чем передней: много трещин в области бедер, ягодиц и паха. «Кожа» трескается вдоль линии, проходящую через промежность (*CrL*) и линию бедер. В верхней части развертка похожа на шаблон плотно прилегающего белья (рисунок 5.1, *г*). Следовательно, структура нижнего белья должна соответствовать нижней части торса, чтобы мы могли

обратиться к теории конструирования мужских плотно облегающих брюк для анализа конструкции белья.

Результаты, полученные в этой главе, опубликованы в 9 работах [296-304].

5.1. Особенности конструирования брюк и белья

На данном этапе мы анализировали конструкции белья и брюки по структурным характеристикам. БК мужских брюк разделена на четыре части (рисунок 5.2).

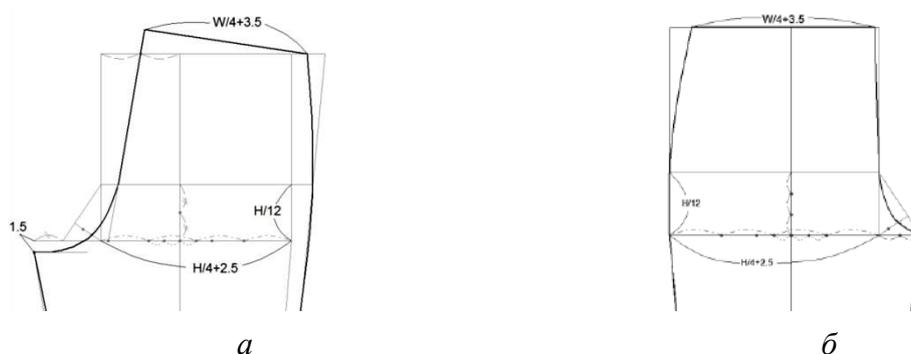


Рисунок 5.2 – Схема чертежа БК брюк: *а*–задняя часть, *б*– передняя часть

Основным размерным признаком является обхват бедер H_G , на основании которого рассчитывают:

ширину каждой части по линии бедер $0,25 H_G + П_{HG}$,

расстояние между уровнем ягодиц и паха $\Delta = H_G/12$.

ширину шага общую $Ш_{Шп} = 0,145 \dots 0,16 H_G$,

ширину шага спереди $Ш_{Шп} = H_G/18 = 2/3 \Delta$,

ширину шага сзади $Ш_{Шз} = Ш_{Шп} + 1/2 \cdot \Delta$.

На рисунке 5.3 показана схема чертежа БК брюк без бокового шва, для построения которой используют два размерных признака: H_G и высоту сидения (BR).

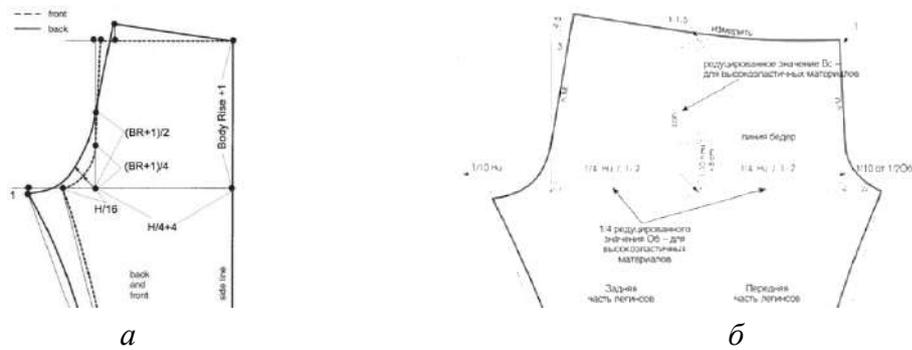


Рисунок 5.3 – Схема чертежа брюк без бокового шва: а– части, совмещенные вдоль линии сгиба; б– развертка

Аналогично рассчитывают:

ширина по линии бедер $0,25 H_G / + П_{НГ}$,

ширина шага передней части $Ш_{Шп} = H_G / 16$,

ширина шага задней части $Ш_{Шз} = Ш_{Шп} + 1/2(H_G/16 + 0.5)»$.

На рисунке 5.3, б показано, что ширина шага задняя часть расширяется в среднем на $H_G/10$.

Распределение ширины шага. Анализ чертежей брюк, используемых в разных странах, показал, что размеры ширины шага различаются по причине разной морфологии и уравнения для расчета ширины шага брюк в блоке не совпадают. На ширину шага влияют многие факторы, такие как форма живота, привычки к ношению, стили одежды, эластичность трикотажа и др. Только полагаясь на развертки нижней части торса, как показано на рисунке 5.1, трудно получить точные результаты из-за ошибки ручного измерения или специальной формы тела.

Согласно результатам переписи населения 1997 г. в Китае, разумное значение ширины шага составило $0,16H_G$ со следующим распределением: передняя ширина шага $0,05...0,07H_G$, задняя ширина шага $0,09...0,11H_G$. Причем для фигур разных полнот приняты следующие величины:

- для малой полнотной группы $0,05H_G + 0,11H_G = 0,16H_G$;
- для большой полнотной группы $0,07H_G + 0,09H_G = 0,16H_G$ [269, 210].

В европейских методиках конструирования типичная ширина шага составляет $0,0625H_G + 0,125H_G = 0,19H_G$ [18,44]. Для плотно облегающих

брюк общая ширина шага составляет $0,145 \dots 0,15H_G$, на переднюю ширину шага приходится 3...4 см [246].

Сравнение структуры боксеров и брюк. Чтобы исследовать и проверить общие закономерности в чертежах, мы проанализировали большое количество брюк, шорт и моделей боксеров с боковыми швами или без них. Чтобы сравнить чертежи БК брюк и белья, мы совместили оба чертежа по линии бедер, как показано на рисунке 5.4.

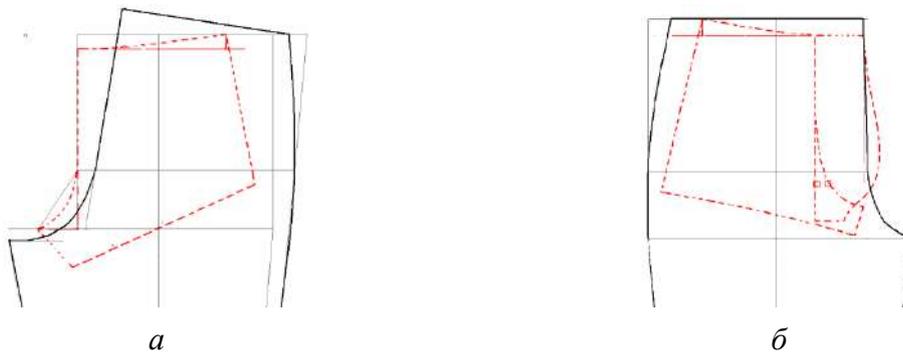


Рисунок 5.4 – Сравнение чертежей брюк и белья с боковым швом: *а*– задняя часть; *б*– передняя часть

Из сравнения видно, что структуры белья и брюк похожи, а основные отличия состоят в разном наклоне контурных линий. Средняя линия задней части белья вертикальная, а в брюках она наклонная для обеспечения необходимого прилегания к ягодицам из-за их конфигурации. Трикотажные материалы обладает большой растяжимостью, а потому для обеспечения прилегания нет необходимости удлинять эту линию. Ширина шага задней части белья короче на 0,5...1,5 см, вершина шаговой линии поднята вверх.

Структуры передних частей белья и брюк различны, как показано на рисунке 5.4, *б*. Средние линии идентичны, но из-за наличия переднего вставки в белье эта линия смещена к боковой линии. Вершина шаговой линии примерно на 3...4 см выше, чем у брюк, и находится примерно посередине уровнем линиями бедер и паха, чтобы обеспечить плотный контакт передней вставки с промежностью и удерживать половые органы.

На рисунке 5.5 показаны совмещенные по линии бедер схемы чертежа

брюк и белья без бокового шва.

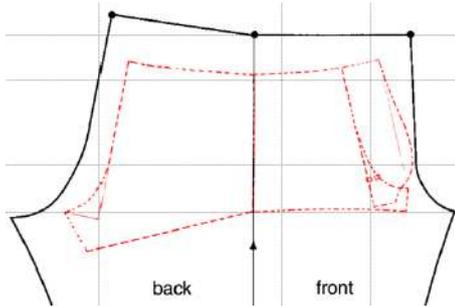


Рисунок 5.5– Совмещенные схемы чертежей брюк без бокового шва и нижнего белья

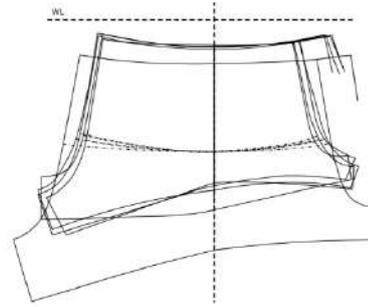


Рисунок 5.6– Совмещенные схемы чертежей мужского белья, построенных по разным методикам

Из рисунка 5.5 видно, что брюки и белье имеют одни и те же контуры средних линий спереди и сзади. Поэтому совмещение обеих схем еще и вдоль боковой линии показывает большее соответствие чертежей. Отличие существует между углами наклонов передних средних линий: угол передней линии белья больше, чем в брюках. Вершины шаговых линий белья выше, чем в брюках: сзади на 1...2 см, спереди на 3...4 см.

На рисунке 5.6 показаны совмещенные схемы чертежей белья для фигуры одного размера, но построенные по разным методикам. Например, схема чертежа с самыми большими габаритами пятую перекрывает все остальные средние линии. Между средними линиями передней части обличия очень незначительные, а вершина шаговой линии спереди выше на 1...4 см, чем сзади.

Таким образом, на основании сравнения чертежей белья и брюк можно увидеть следующие различия между ними:

1. Горизонтальный уровень паховой линии в брюках выше, чем в белье.
2. Вершина шаговой линии задней части в белье на 1 см выше, чем в брюках.
3. Вершина шаговой линии задней части в белье на 3...4 см выше, чем в брюках.
4. Верхняя линия в белье короче и ниже, чем в брюках.
5. Ширина шага составляет: в брюках $0,15H_G$, а белье - меньше $0,1H_G$.

Для разработки метода конструирования белья с различными функциональными эффектами мы выбрали базовый блок брюк без бокового шва из-за схожих методов изготовления. Таким образом, чертеж базовой конструкции белья может быть получен путем модификации БВ брюк с учетом соответствующих характеристик человеческого тела.

На рисунке 5.7 показаны три варианта проектирования передней вставки белья А, В, С: А – традиционный тип без эффекта *push-up* «пуш-ап», он имеет самую длинную вставку с минимальной шириной; В – тип с мягким эффектом «пуш-ап», он имеет такую же ширину и изогнутую нижнюю линию; С – тип с сильным эффектом пуш-ап, вставка имеет короткую длину и увеличенную ширину.

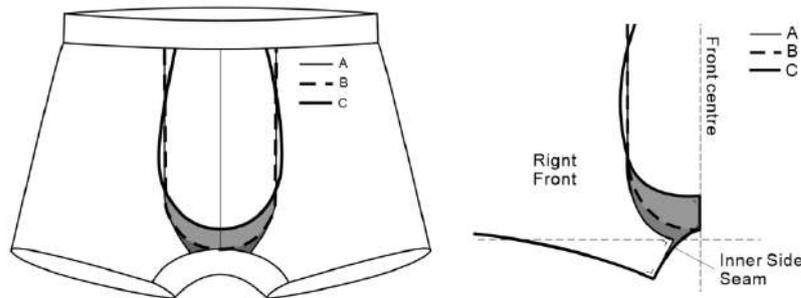


Рисунок 5.7– Варианты передних вставок

Что касается дизайна пояса, то существующие методы конструирования обычно используют следующие рекомендации: длина обычно составляет 63...68 см (для фигуры среднего размера), положение ниже натуральной талии - на 4...20 см, ширина обычно составляет 4...10 см.

Длину верхней линии ниже линии талии рассчитывают по формуле

$$WB_L = (H_G^* + 2...4) \cdot (10 / \Delta E) \quad (5.1)$$

где WB_L – длина верхней линии; H_G^* – обхват бедер без учета выступа живота; 10 - исходная длина пробы трикотажного материала, из которого будет изготовлено белье, см; ΔE - величина удлинения пробы после ее растяжения на величину разумного диапазона. Например, если $H_G^* = 90$ см, $a = 15$ см, то длина верхней линии составит

$$WB_L = (90 + 2 \dots 4) \cdot (10/15) = 61 \dots 63 \text{ см.}$$

Другой вариант расчета длины верхней линии имеет вид

$$WB_L = N_{WG} (1 + E) \quad (5.2)$$

где E – удлинение, %; N_{WG} – обхват нижней части торса ниже уровня талии на 8 см, см. Например, если $N_{WG} = 84$ см, $b = 25\%$, то $WB_L = 67$ см.

На рисунке 5.8 показано, как распределяется дуга через паховую область на передний, паховый и задний участки.

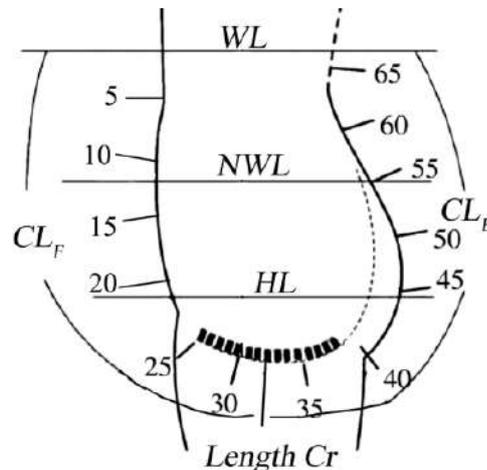


Рисунок 5.8– Участки дуги через паховую область (указаны в сантиметрах для базового размера) [229]

Из рисунка 5.8 видно, что полная длина дуги через паховую область составляет: для белья с высокой талией более 55 см; с заниженной талией 45...55 см; с очень низкой талией 35...45 см, а на паховый участок приходится около 13,5 см, но без учета объема гениталий.

Очевидно, что при такой ограниченной антропометрической базе данных невозможно конструировать белье с новыми функциональными особенностями. В практике российского и китайского конструирования белья обычно используют обхват талии, нечеткие методы и постоянные значения при конструировании других частей. Многие эмпирические выражения нельзя использовать для всех разновидностей нижнего белья.

5.2. Разработка нового метода конструирования белья

5.2.1. Базовая конструкция

Алгоритмы конструирования белья основаны на размерных признаках фигуры и измерений белья в готовом виде.

Мы расширили антропометрическую базу данных (глава 3) за счет введения новых размерных признаков:

N_{WG} – обхват торса ниже уровня талии на уровне пояса;

CL – дуга через паховую область;

NT_G – обхват бедра в наклонном направлении;

ΔF – разность между дугой через паховую область спереди и проекционным расстоянием между уровнем талии и паховой области для характеристики выпуклости лобковой части;

ΔB – разность между дугой через паховую область сзади и проекционным расстоянием между уровнем талии и паховой областью для характеристики выпуклости ягодич;

BR – проекционное расстояние между уровнем талии и паховой областью;

h_w – расстояние между уровнем талии и уровнем пояса, это расстояние составляет 4...10 см.

На рисунке 5.9 показана схема разработанной нами БК чертежа для «Боксеры I типа».

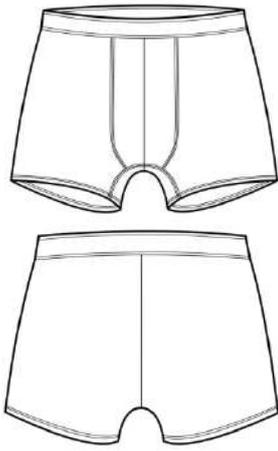


Рисунок 5.9 – Основной тип нижнего белья «Боксеры I типа»

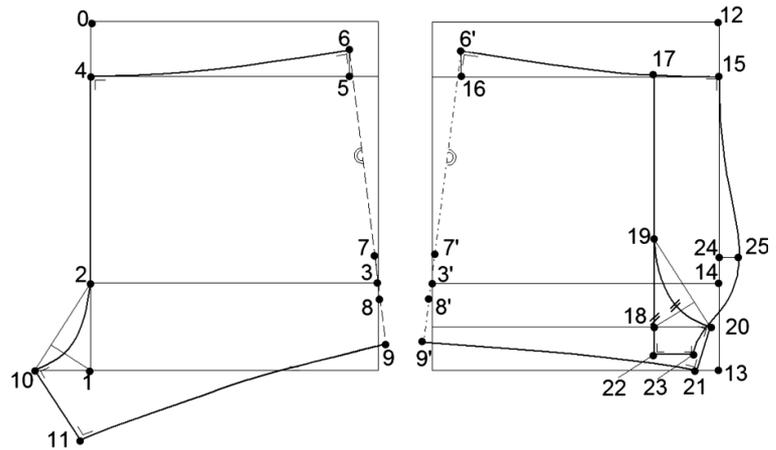


Рисунок 5.10 – Схема чертежа БК «Боксеры I типа»

Алгоритм построения чертежа включают следующие основные этапы (рисунок 5.10).

1. Построение базисной сетки из горизонтальных линий талии, бедер, паха.
2. Выбор трикотажного материала по показателям растяжимости и компрессионной способности «значения растяжимости материала (E) - давление сжатия (P)» (глава 4).
3. Выбор желаемого значения эффекта push-up (для передней и задней частей) и конструктивных способов их достижения, например, за счет конфигурации вставки.
4. Построение задней части.
5. Построение передней части.
6. Построение вставки.

Последовательность алгоритма и схемы построения линий для базового «Боксеры I типа» приведены в приложении V, таблица V.1.

5.2.2. Схема градации базовой конструкции боксеров I типа

Для типовых фигур S, M, L по нашей классификации мы разработали два варианта градации.

Первый вариант основан на использовании 6 размерных признаков и показан на рисунке 5.11, а исходные данные приведены в таблице 5.1.

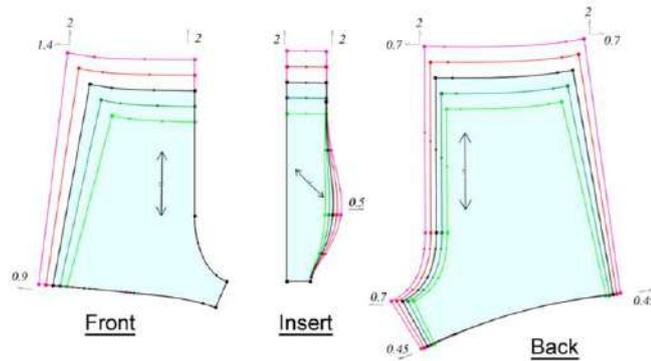


Рисунок 5.11 – Схема градации деталей БК боксеров I типа (передней части front, вставки insert, задней части back)

Таблица 5.1 – Межгрупповые интервалы для некоторых размерных признаков, см

| Деталь | Межгрупповые интервалы и величины приращений для размерных признаков | | | | | |
|----------------|--|---|----------------------------------|---|-------------------------------|---|
| | Вертикальное направление | | Горизонтальное направление | | | |
| | длина дуги через паховую область CL | проекционное расстояние между уровнем талии и паховой областью BR | глубина талии вторая ΔWH | обхват торса ниже уровня талии на уровне пояса NW_G | обхват бедра ниже паха NT_G | проекционная разница между выступающей точкой живота и пиковой точкой гениталий ΔGW |
| Разница, \pm | 4.60 | 2.0 | 1.46 | 5.76 | 1.71 | 0.86 |
| Передняя часть | 2.3 | 2.0 | Не изменяется | 1.4 | 0.9 | - |
| Задняя часть | 2.3 | 2.0 | 0.7 | 0.7/0.7 | 0.45/0.45 | - |
| Вставка | 2.3 | 2.0 | - | Не изменяется | - | 0.5 |

Вычисления межгрупповых интервалов основаны на нашей базе данных результатов измерений фигур, их ранжирования от малого до большого размера, выделения групп S, M, L по результатам кластеризации и вычисления различий между каждой группой (см. таблицу 5.1).

По вертикали межгрупповые интервалы для CrL и BR составляют 4,6 и 2,0 см, он разделяется пополам для передней и задней частей.

По горизонтали интервал для обхвата торса ниже уровня талии на уровне пояса N_{WG} составляет 5,76 см (1/4 составляет 1,44 см). Для передней части мы принимаем 1/4 изменения, равную 1,4 см, для верхней точки боковой линии; для задней части - по 0,7 см в обе стороны; переднюю вставку не градируем (рисунок 5.11).

Для глубины талии второй ΔWH интервал составляет 1,46 см, мы берем $\pm 0,7$ см в задней части.

Для обхвата бедра ниже паха NT_G (на 10 см ниже уровня CrL) линия низа на передней части должна быть удлинена на 0,9 см, а на задней - на 0,45 см в каждую сторону.

Второй вариант градации основан на новой классификации фигур и применении новых размерных признаков непосредственно при расчете чертежа конструкции. Мы добавили больше размерных признаков, чем в чем первый метод. Значения размерных признаков, используемых при построении чертежей на фигуры S, M, L приведены в таблице 5.2.

Если мы производим белье для 12 размеров фигур от S^- , S , S^+ ... L^{++} , то можно принять среднее значение обхвата бедер \underline{H}_G как 91, 95 и 98 см; обхвата талии \underline{W}_G соответственно 70, 73,5, 84 см. Значение NW_G можно рассчитать. Индексы в знаменателе «/SS, /MM, /LL» означают соответственно малый, средний и большой размеры и для конкретизируют морфологические особенности спереди и сзади. Например, если мы разработали конструкцию модели белья с $\Delta GW = 0,5$ см (малый размер /S) и $\Delta WH = 6,0$ см (большой размер /L), нам нужно отметить его как «/SL»,

это означает, что нижнее белье предназначено для мужчин с выступом гениталий малого объема и развитыми ягодицами большого объема. Поэтому маркировка белья имеет подробную морфологическую информацию, например, S^+/SM , M/ML , L^+/SL и т. д.

Таблица 5.2 – Значения размерных признаков для построения БК белья, см

| Размерный признак | Значения размерных признаков для типов фигур | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|
| | <i>S</i> | | | | <i>M</i> | | | | <i>L</i> | | | |
| H_G | < 92 | | | | 92...98 | | | | > 98 | | | |
| \underline{H}_G | <u>91</u> | | | | <u>95</u> | | | | <u>98</u> | | | |
| | <i>S</i> ⁻ | <i>S</i> | <i>S</i> ⁺ | <i>S</i> ^{+++*} | <i>M</i> | <i>M</i> | <i>M</i> ⁺ | <i>M</i> ⁺⁺ | <i>L</i> ⁻ | <i>L</i> | <i>L</i> ⁺ | <i>L</i> ⁺⁺ |
| W_G | < 71 | 71~84 | 84~98 | > 98 | < 71 | 71~84 | 84~98 | > 98 | < 71 | 71~84 | 84~98 | > 98 |
| \underline{W}_G | <u>70</u> | <u>73.5</u> | <u>84</u> | <u>91</u> | <u>74</u> | <u>77.5</u> | <u>88</u> | <u>99</u> | <u>77</u> | <u>80.5</u> | <u>91</u> | <u>102</u> |
| Доп. | /SS | | | | /MM | | | | /LL | | | |
| ΔGW | 0...0.5 | | | | 0.6...1.5 | | | | 1.6...3 | | | |
| ΔWH | 2.6 | | | | 4.1 | | | | 5.6 | | | |
| Рекомендации | | | | | | | | | | | | |
| BR^* | 29.7 | | | | 31.5 | | | | 32.7 | | | |
| h_H | $0.25BR^* - 1 = 6.43$ | | | | $0.25BR^* = 7.88$ | | | | $0.25BR^* + 1 = 9.18$ | | | |
| h_W | 0...20 (по модели) | | | | | | | | | | | |
| h_G | 0...9 (по модели, среднее значение 3.5) | | | | | | | | | | | |
| NW_G , ($<H_G$) | $NW_G = 0.02h_W^2 + 0.61h_W - 0.55 + W_G$ | | | | | | | | | | | |

“ \underline{H}_G , \underline{W}_G ” рекомендуемые величины.

“ S^{+++*} ” специальный размер, когда обхват талии существенно превышает обхват бедер.

“ BR^* ” параметр для контроля готового белья.

Значения ΔGW и ΔWH можно использовать при построении чертежа. В таблице 5.3 показано согласование новых размерных признаков с длиной конструктивных участков.

Таблица 5.3 – Использование новых размерных признаков для построения БК белья

| Схемы чертежей | Отрезок | Размерный признак | Тип фигуры | Справочные значения, см |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | /0-4/ = /12-15/ | h_w | <i>все</i> | по модели |
| | /1-2/ = /13-14/ | h_H | <i>S</i> | $0.25BR - 1$ |
| | | | <i>M</i> | $0.25BR$ |
| | | | <i>L</i> | $0.3BR + 1$ |
| | /4-6/ = /6'-15/ | NW_G | <i>все</i> | В зависимости от h_w |
| | /10-1/ = /20-18/ | ΔWH | <i>S</i> | 2.6 |
| | | | <i>M</i> | 4.1 |
| | | | <i>L</i> | 5.6 |
| | /24-25/ | ΔGW | <i>S</i> | 0 ... 0.5 |
| | | | <i>M</i> | 0.5 ... 1.5 |
| <i>L</i> | | | 1.5 ... 3 | |
| /14-24/ | h_G | <i>все</i> | 0...9 (середина 3.5), по модели | |
| /11-9/ + /9'-21/ | NT_G | <i>все</i> | По модели в зависимости от h_T | |

5.2.3. Базовая конструкция бюстеров II типа

В этом подразделе будет показано, как проектировать чережи белья с различными функциями, а именно с эффектом push-up спереди с использованием передней вставки (этот вариант конструкции в

дальнейшем будет называться «Боксеры II типа»). Изменение функциональных возможностей будет достигнуто за счет изменения длины и ширины вставки, а также ластовицы в паховой области. Такие решения обеспечат максимальный эффект коррекции спереди. Схема конструкции боксеров II типа показана на рисунке 5.12.

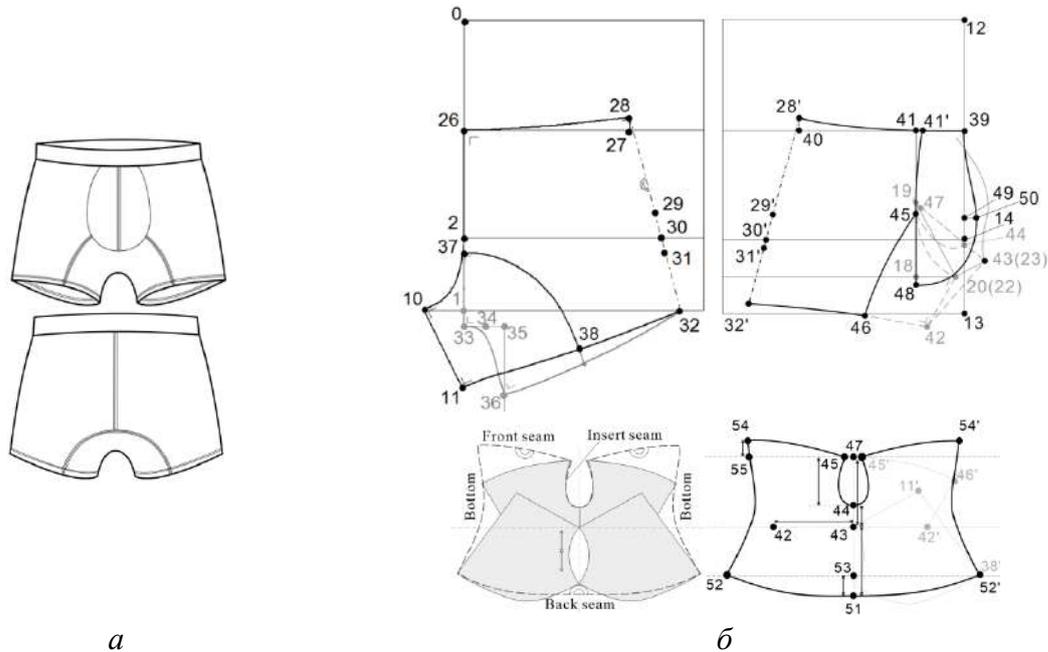


Рисунок 5.12– Схема чертежа боксеров II типа с ластовицей

Для проверки этой конструкции мы выбрали трикотажный материал с коэффициентом компрессионной способности $CP = 1,19$, или, другими словами, с возможностью проектировать конструктивную прибавку -19% . Для увеличения длины деталей по вертикали мы выбрали прибавку $+5\%$. Была выбрана мужская фигура (рост 170 см, обхват талии 72 см). Для проектирования были измерены следующие размерные признаки и выбраны конструктивные параметры: расстояние от талии до сиденья $BR = 27,3$ см, величина понижения пояса относительно уровня талии $h_w = 10,5$ см, ширина пояса 2,5 см, обхват бедер $H_G = 91,9$ см, обхват бедра $T_G = 56,6$ см, высота от талии до пола спереди $D_{FL} = 87,6$ см, расстояние от талии до пола сбоку $D_{SL} = 88,7$ см. Алгоритм проектирования боксеров II типа для выбранной фигуры приведен в приложении V, таблица V.1. Образец изготовленного белья показан на рисунке 5.13.

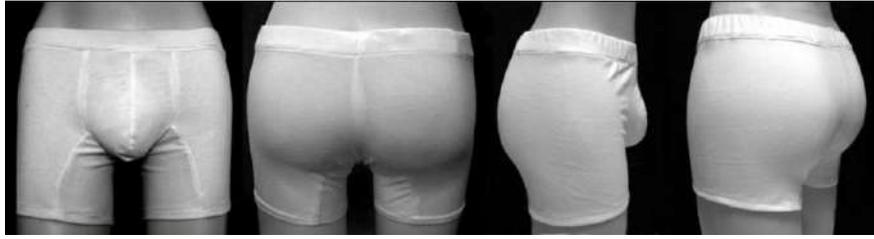
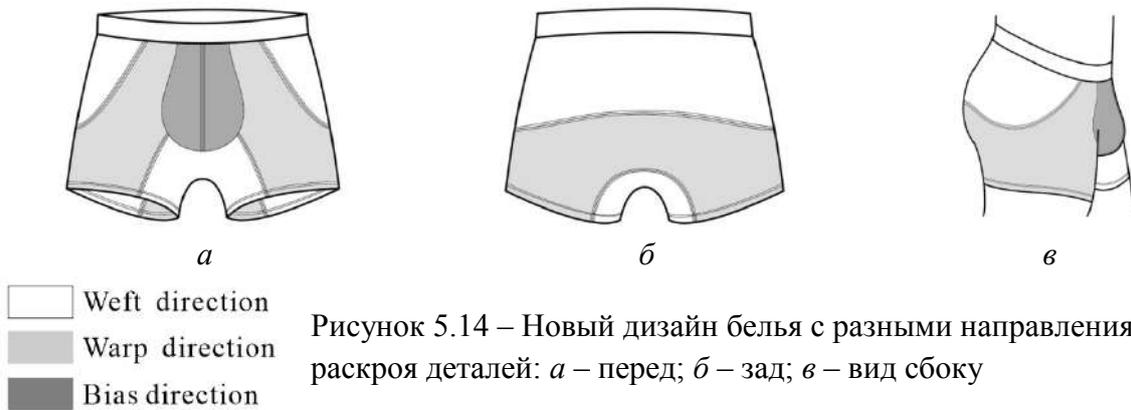


Рисунок 5.13 – Готовый образец боксеров II типа

5.2.4. Базовая конструкция боксеров III типа

Следующий вариант функционального нижнего белья имеет обеспечивает два эффекта «push-up» спереди и сзади (рисунок 5.14).

Рисунок 5.14 – Новый дизайн белья с разными направлениями раскроя деталей: *a* – перед; *б* – зад; *в* – вид сбоку

Боксеры имеют специальный шов на переднем и заднем участках, «грушевидную» небольшую переднюю вставку типа «U» спереди для более плотного облегания половых органов и ластовицу с новым дизайном.

Традиционно переднюю вставку выкраивают в направлении основы или утка, но из нашего анкетирования мы установили, что у нее есть недостатки при ношении. В нашем дизайне, как показано на рисунке 5.14, мы изменили направление раскроя и форму вставки за счет сужения вверху. Мы изменили направления раскроя остальных деталей, как показано в сером цвете, для уменьшения их растяжимости и получения устойчивых эффектов поддержки ягодиц и плотного прилегания. Схема чертежа боксеров III типа показана на рисунке 5.15.

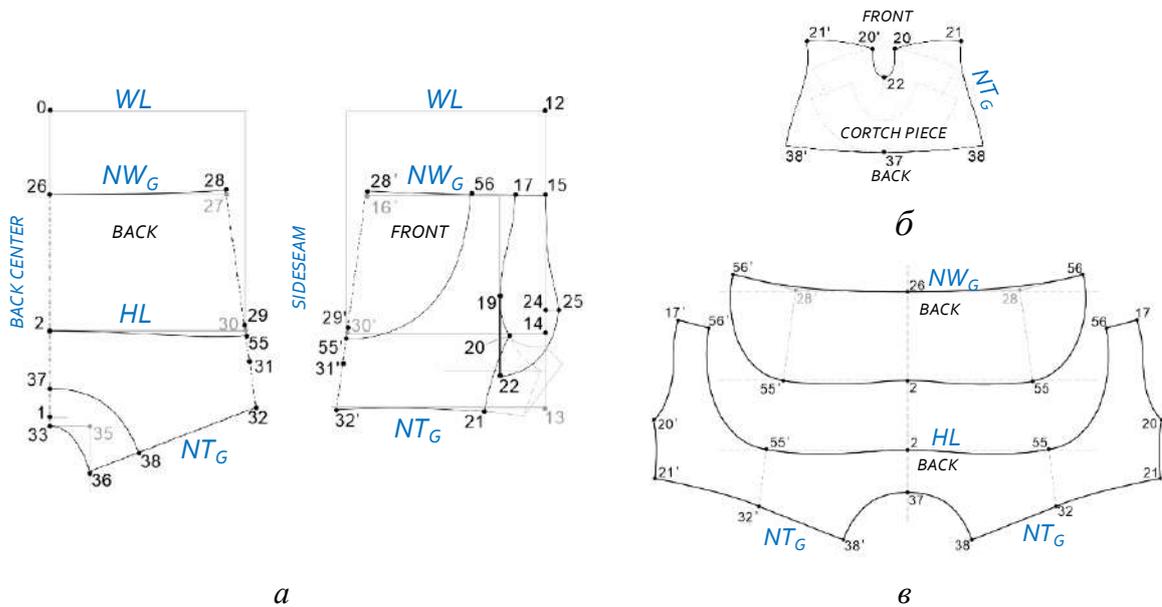


Рисунок 5.15 – Схема чертежа боксеров III типа: *а* – передняя и задняя части; *б* – ластовица; *в* – задняя часть

Для изготовления и сравнения боксеров III типа мы использовали четыре вида трикотажных материалов, фигуру *М/SM*, и следующие конструктивные параметры:

- 0-26** 10.5 см
- 2-33** прямая линия, как в базовом прототипе.
- 26-2** $11(1 - 0.055) = 11.6$ см, раскрой по основе. Конструктивная прибавка (по горизонтали) и усадка (по вертикали) для материалов T_1, T_4, T_6 и T_{18} составляют 19% и 5%.
- 2-37** $6 \cdot (1 - 0.055) = 6.4$ см
- 31-32** 4 см
- 28-55** $11.5 \cdot (1 - 0.055) = 12.2$ см
- 55-32** $5.6 \cdot (1 - 0.055) = 5.9$ см
- 33-36** 6.5 см
- 36-32** $13 \text{ см. } /36-38/ = 5.5$ см
- 15-17** 3.5см, половинаширинывставки.
- 20-21** Нарисуйте линию от **20** до **21** и сделайте прямой угол в точке **20**.
- 21-32'** 14.5см

14-24 2 см

24-25 $\Delta GW = 1.5$ см

56-56' Нарисовать точку пересечения кривой **26**.

5.3. Виртуальные двойники "мужская фигура - белье"

5.3.1 Создание цифрового двойника белья

В качестве объектов исследования были взяты три варианта мужских боксеров для повседневной носки из материала *T4*: боксеры I типа со слабо выраженной компрессионной способностью и боксеры III типа, обеспечивающие эффекты пуш-ап спереди и сзади. Таким образом мы хотели проследить возможность измерения компрессии белья и корректировки пластики фигуры, т.е. преобразования твердотельного аватара в мягкотельный.

Мы импортировали сканаватар мужской фигуры типа *M/SM* и разработанные чертежи деталей боксеров в программное обеспечение *CLO 3D*, как показано на рисунке 5.16.

После сшивания деталей обоих боксеров мы получили их 3D модели. Предварительно на основе ранее полученных значений переносимых значений мы разработали цветовую шкалу для отображения возникающего давления: красный индикатор означает недопустимое давление, желтый индикатор - переносимое давление, белый индикатор - минимальное давление. На рисунке 5.16 мы видим, что структура обоих боксеров была разработана правильно, поскольку на их поверхности отображается только белый цвет.

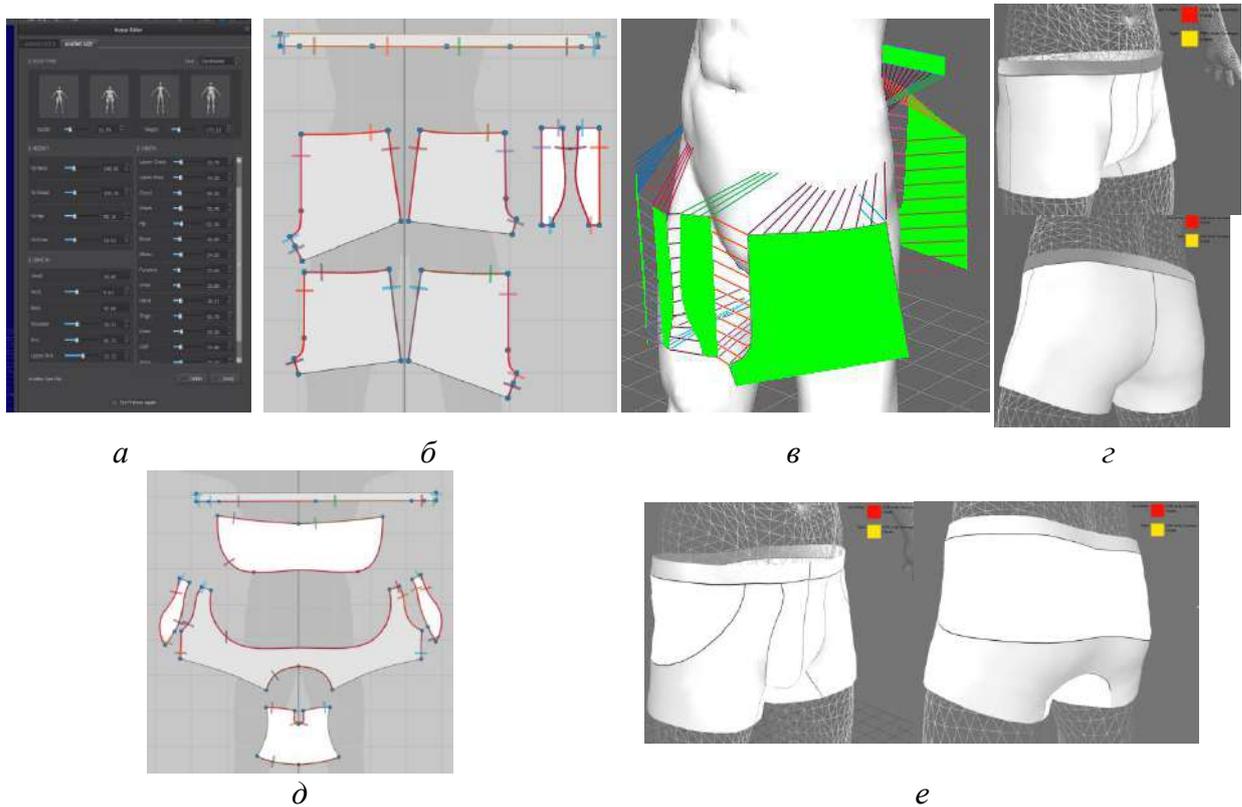


Рисунок 5.16 – 3D виртуальное моделирование: *a*– задание размерных признаков фигуры; *б* – 2D детали базовых боксеров I типа; *в* – процесс виртуального сшивания боксеров I типа; *г* – 3D виртуальный двойник боксеров I; *д* – 2D детали базовых боксеров III типа; *е*– 3D виртуальный двойник боксеров III типа

После получения таких цифровых двойников мы приступили к модификации размеров фигуры для проверки функциональных возможностей моделей.

5.3.2 Разработка цифровых двойников для сканаватаров

На основе разработанной классификации подкорпусной части мужских фигур мы выбрали для исследования три разных мужских профиля, показанные на рисунке 5.17 и маркированные согласно классификации. Сканаватары были экспортированы в программу *MakeHuman 1.1*.

Мы видим, что формы профиля разные даже при одном и том же размере М.

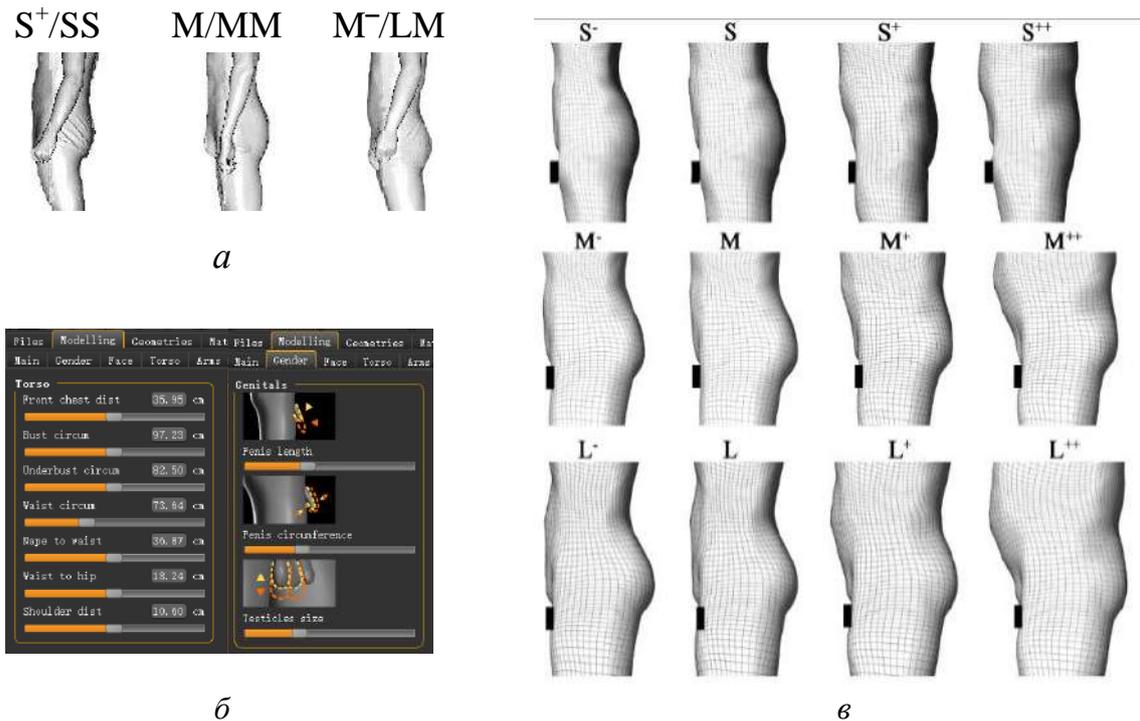


Рисунок 5.17– 3D человеческие модели нижнего торса: *а* – 3D сканаватары; *б* – скриншот функционала *MakeHuman 1.1* для изменения размерных признаков в соответствии с разработанной классификацией; *в* – виртуальные двойники условно-типовых фигур

С помощью программы мы разработали цифровые двойники выбранных сканаватаров размеров *S*, *M*, *L* (рисунок 5.17, *в*), которые соответствуют среднему размеру нашей классификации. Из профилей ясно видно, что с изменением обхвата талии происходит перераспределение обхватов между передней и задней частями при постоянном обхвате бедер.

Полученные цифровые двойники будут использованы для проверки разработанных конструкций боксеров. Файл фигуры человека в формате «obj» импортируется в программное обеспечение *CLO3D* для последующего моделирования. Программное обеспечение *CLO3D* часто используют для моделирования одежды свободной формы из неэластичных материалов (пальто, платья и т. д.).

5.3.3 Выбор цифровых двойников трикотажных материалов

Мы выбрали 14 трикотажных материалов, измерили на KES показатели физических свойств и занесли их в опцию *CLO3D* «*Fabrics*». После выполнения настроек параметров мы получили цифровые материалы с адекватными реальным материалам показателями для того, чтобы сравнить результаты измерения давления трикотажного материала на человеческом теле и сканаватаре. Например, с помощью опции «Деталь» мы выбирали параметры трикотажного материала G (жесткость сдвига), растяжения, толщину и поверхностную плотность. После настройки численных показателей свойств виртуальных трикотажных материалов мы проводили измерение давления. Скриншот программы и схема компрессии аватара показаны на рисунке 5.18).



Рисунок 5.18 – Моделирование показателей свойств материалов для виртуального симулирования давления (а) и внешний вид аватара с участками симуляции виртуального давления P_V (б)

Мы получили почти 5000 виртуальных данных о величине давления P_V под трикотажными материалами в двух направлениях на семи частях аватара.

Давление при укорочении материалов на -20,0 до -5% составило:

вдоль полотна - виртуальное давление $P_V = 0,14...2,13$ кПа, реальное давление $P = 0,05...2,31$ кПа;

поперек полотна виртуальное давление $P_V = 0,00...2,82$ кПа, реальное давление $P = 0,13 ... 2,02$ кПа.

На рис.5.19 показаны гистограммы для значений давления, которые являются переносимыми на разных участках фигуры: плеча (*upperarm*), предплечья (*forearm*), талии (*waist*), талии в области пояса (*waistband*), бедер (*hip*), бедра (*tight*), икры (*calf*).

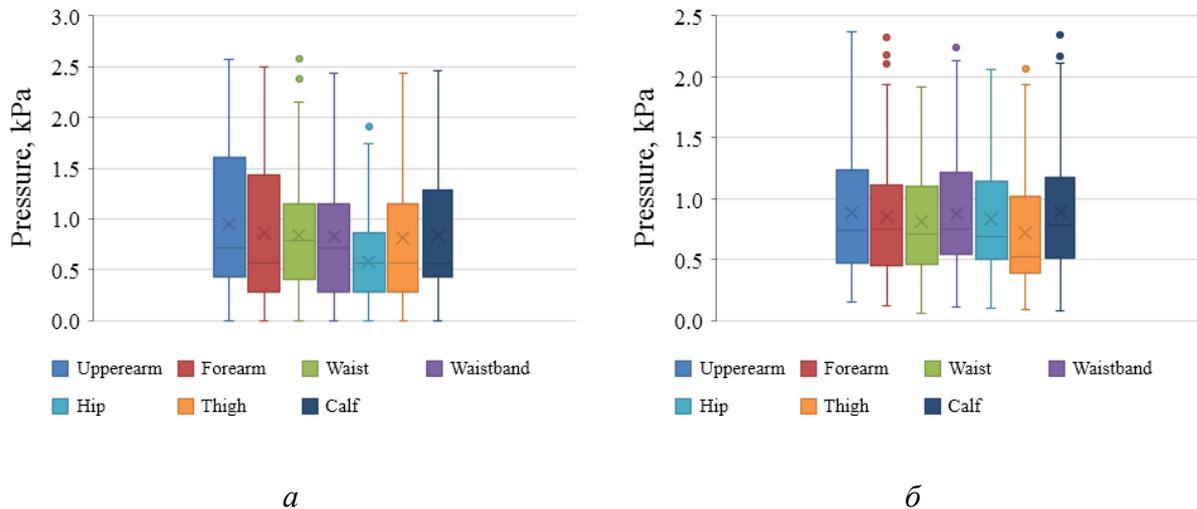


Рисунок 5.19 – Диаграммы измерения давления: *a* – на реальных мужских фигурах; *б* – на аватарах

Как видно из рисунка 5.19, *a*, в реальности разброс переносимого давления на разных участках тела достаточно велик, для виртуальных фигур (рисунок 5.19, *б*) разброс между участками несколько меньше.

Рисунок 5.20, *a* показывает корреляционные поля для значений P_B и P_V , полученных под разными трикотажными материалами, и иллюстрирует близость значений и возможность проведения виртуального моделирования с некоторыми корректировками.

На рисунке 5.20, *б* показаны зависимости изменения величин P_B и P_V в зависимости от растяжения трикотажных материалов.

Как видно из рисунка 5.20, *б*, графики изменения носят идентичный характер, могут быть аппроксимированы похожими уравнениями и пересекаются при величине удлинения -12,5%. Разность между значениями давлений от -0,26 до 0,24 кПа, а средняя погрешность $\pm 0,19$ кПа. Поэтому при генерировании виртуального белья с прибавками от -20,0 до -5,0% можно принять идентичность реального и виртуального давления.

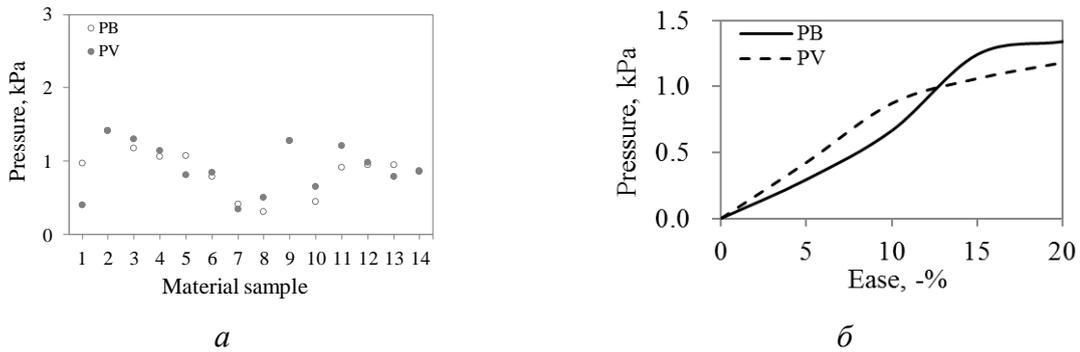


Рисунок 5.20 – Результаты измерения давления в реальной (P_B) и виртуальной (P_V) средах для 14 трикотажных материалов: *a* – корреляционное поле значений давления, *б* – график изменения давления в зависимости от растяжения материалов (конструктивной прибавки) в интервале -20...0 %

5.3.4. Тестирование цифровых двойников нижнего белья

На этом этапе мы поставили задачу проверки конструкций белья путем его тестирования на разных фигурах для установления границ виртуальной чувствительности аватаров к давлению и деформации белья на разных участках. На рисунке 5.21, *a* показано влияние корректировки виртуального нижнего белья, сделанного из материала *T4*, на компрессию за счет изменения конструкции передней и задней частей.

Из рисунка 5.21, *a, в* видно, что в области промежности и под поясом создано избыточное давление, которое индексирует красный цвет. Для уменьшения давления необходимо откорректировать шаблоны по схеме, показанной на рисунке 5.21, *a, в*, за счет удлинения среднего шва. После такой корректировки давление стало ниже, чем раньше, и деформация в паховой области уменьшилась на 32,8...41,2% (рисунок 5.21, *б* справа).

На рисунке 5.21, *д* показаны боксеры Штипа с функцией пуш-ап. Средняя деформация материала составила 32,5% при равномерном распределении давления на всех участках. На рисунке 5.6, *д* видно положительное действие боксеров на пластику фигуры.

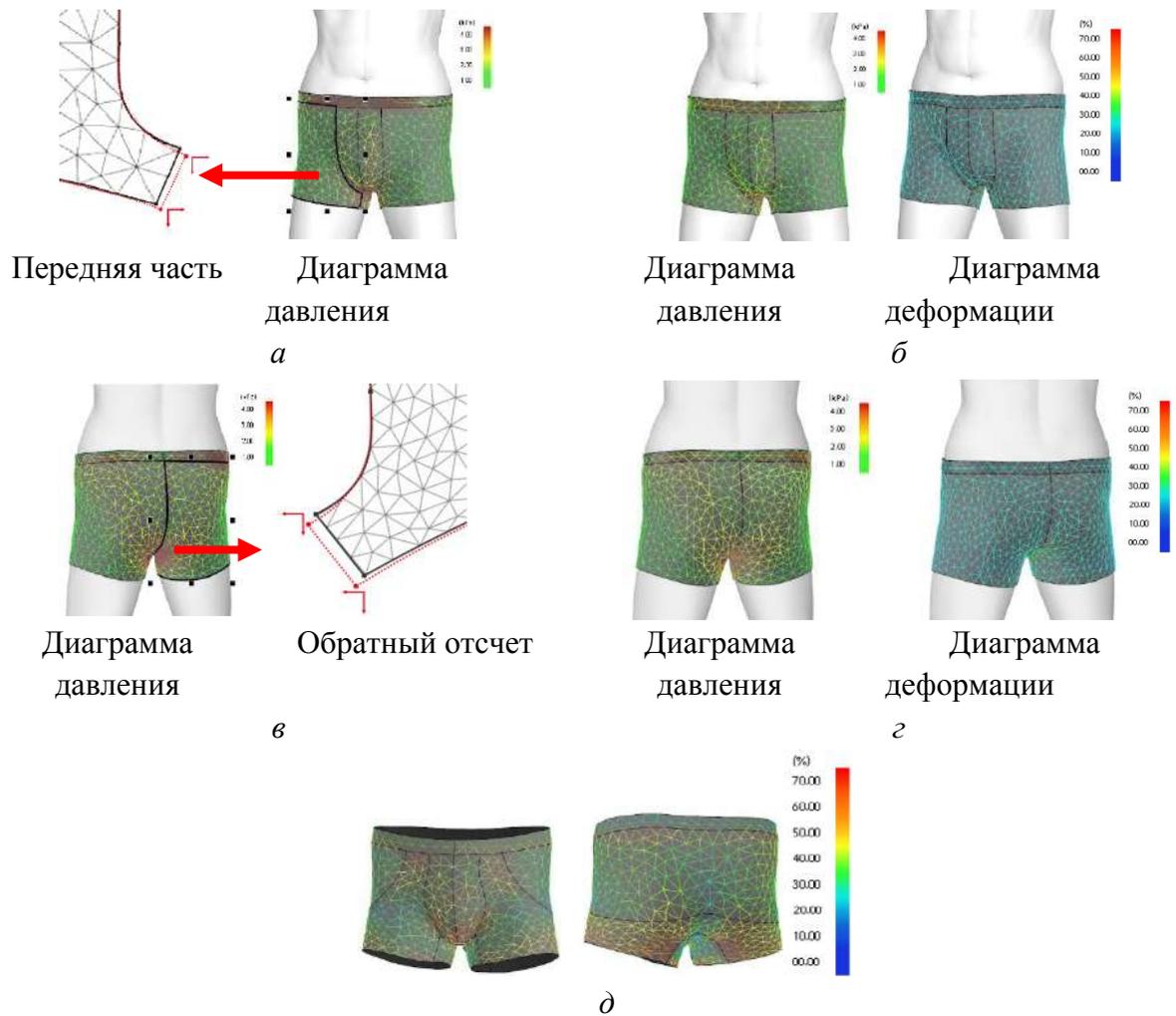


Рисунок 5.21 – Виртуальное моделирование боксеров для изменения растяжения и давления: *a* – изменение передней части БК боксеров I типа; *б* – распределение давления и растяжения материалов спереди в БК боксеров I типа; *в* – изменение задней части БК боксеров I типа; *г* – распределение давления и растяжения материалов сзади в БК боксеров I типа; *д*– распределение давления для боксеров III типа с эффектом push-up

Далее в качестве примера мы использовали фигуру *M* типа и ее модификации путем генерирования вариантов *M*, *M*, *M*⁺, и *M*⁺⁺. Мы оценили распределение давления под бельем для оценки компрессии от низкого давления до высокого по пятибалльной шкале: 1 (очень низкое давление / свободное / не соответствует морфологии ни одной части фигуры), 2 (низкое давление / облегает / частично соответствует морфологии), 3 (комфортное давление / плотно прилегающее / плотное), 4 (высокое давление / плотно), 5 (очень высокое давление / очень плотно). Окончательный результат должен быть получен после оценки шести

участков белья.

В таблице 5.4 приведена разработанная шкала.

Таблица 5.4 –Уровень объективной оценки нижнего белья

| Показатели | Оценки | | | | |
|--|---------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Отсутствие давления | Низкое давление | Комфортно | Высокое давление | Очень высокое давление |
| Субъективная шкала восприятия давления | | | | | |
| Фактическое давление, кПа | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 |

На рисунке 5.22 показаны несколько примеров распределения давления под бельем для разных фигур и шкала для оценки его комфортности. Путем перебора разных вариантов фигур и белья мы получили картину возникновения избыточного давления.

Можно видеть, что все виртуальное нижнее белье имеет разумное давление в комфортном диапазоне. Как показано на рисунке 5.22, *а,б*, мы можем видеть, что когда оценка меньше «2», под бельем отсутствует давление в верхней части бедер. Например, как показано на рисунке 5.7, *а*, боксеры размера M^{++} не подходят для фигуры M , но в трех других случаях с правой стороны, когда фигура M комбинируется с боксерами M или $M-$, оценки составляют «3-4», степень давления и посадка относительно хорошие. Это предварительно подтверждает правильность выбора конструктивных прибавок.

Как показано на рисунке 5.22, *б*, размер белья M на виртуальных телах с разными обхватами бедер и талии имеет аналогичные оценки

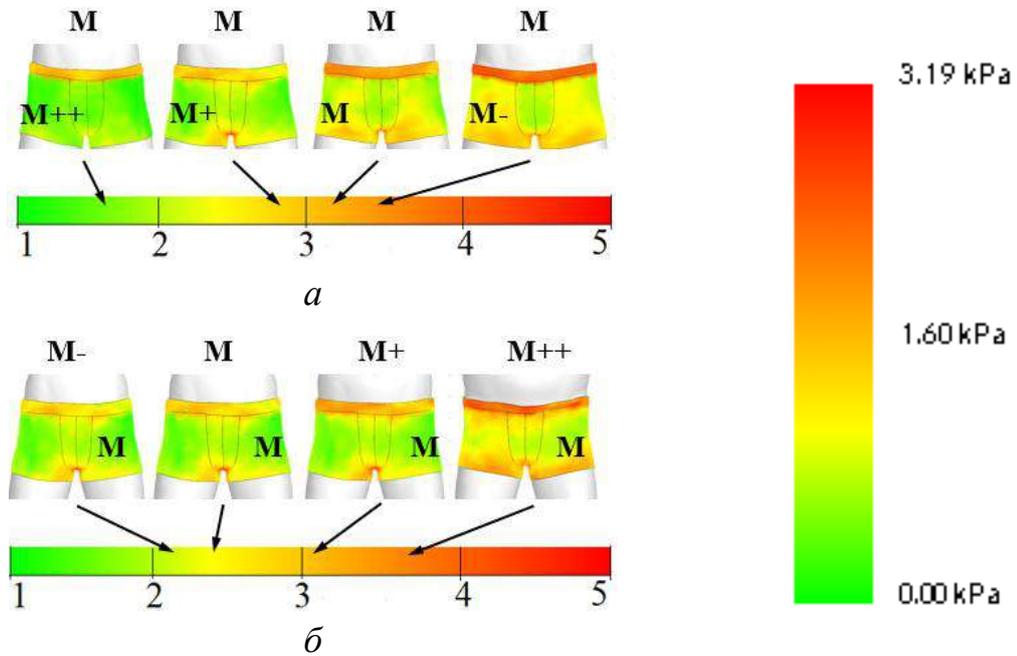


Рисунок 5.22 – Распределение виртуального давления под бельем с конструктивной прибавкой -19% : *a* – нижнее белье разных размеров для фигуры *M*; *b*– нижнее белье одного размера *M* на разных фигурах

Таблица 5.5 – Пример объективной оценки давления белья на примере системы "фигура размера *M* + белье *M*)

| Места измерения давления | | Давление, кПа | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------|---------------------|------------|-------------------|-------------------|
| | | ягодицы | бедро | боковая поверхность | линия низа | пояс | передняя вставка |
|  | вверху | 1.07 | 1.56 | 0.64 | 0.44 | 2.10 (спереди) | 0.85 (спереди) |
| | посередине | 1.06 | 1.02 | 0.36 | 0.34 | 2.70 (сбоку) | 0.64 (сбоку) |
| | внизу | 0.63 | 1.15 | 0.90 | 0.28 | 2.30 (сзади) | 1.02 (сзади) |
| | Среднее значение | 0.92 | 1.24 | 0.76 | 0.35 | 2.37 | 0.84 |
| | Дисперсия | 0.25 | 0.28 | 0.27 | 0.08 | 0.31 | 0.19 |

В таблице 5.5 приведены данные измерения давления для шести участков, среднее значения давления составляет 1,08 кПа, что соответствует уровню, чуть выше третьего (таблица 5.4).

Из рисунка 5.23 видно очень сильное влияние конструктивных

прибавок на неравномерное распределение давления: участки концентрации давления расположены под поясом, в паховой области, в верхней части ягодиц, а диапазон давлений составляет 0 - 3,19 кПа.

На рисунке 5.23 показано влияние конструктивных прибавок на возникновение давления на разных участках фигуры.



Рисунок 5.23 – Давление в системе «фигура M – боксеры I типа SM » при разных конструктивных прибавках, %: $a - 0$, $b - 10$, $e - 19$

Очевидно, что унифицированное измерение давления исключает влияния некоторых факторов, таких как разный состав мягких тканей, наличие костных образований, анизотропия показателей свойств трикотажных материалов, присутствие швов. Но практическую значимость значения давления должна быть проверена на следующем шаге.

Таким образом, функции и размеры виртуального белья могут быть адаптированы к размерам аватаров, и мы подтвердили, что разработанные методы дизайна белья и имитация трикотажного материала позволят получать хорошие виртуальные двойники.

5.3.5. Моделирование эффекта *push-up* белья в виртуальной среде

Дизайн структурных швов, показатели свойств материалов и морфология нижней части торса человеческих тел влияют на функциональный эффект белья. В настоящее время мы не можем точно спроектировать отжимание (или подтягивание мягких тканей нижним бельем) без реальной проверки. Таким образом, виртуальное обнаружение

может быть использовано параллельно с выводами реальной оценки людей.

Эта часть исследования посвящена исследованию эффектов подъема, которые были получены путем формирования двух виртуальных систем:

- 1) система «начальный аватар + функциональное нижнее белье»,
- 2) система «деформированный аватар + функциональное нижнее белье».

Такой подход поможет нам оценить эффективность функционального дизайна нижнего белья и проверить подъемный эффект на мягких ткани фигуры с позиций виртуального моделирования.

Мы использовали три программы *MakeHuman*, *3DS MAX* и *CLO*. *MakeHuman* для генерирования виртуальных аватаров с необходимыми измерениями, добавив геометрический образ «мужские гениталии». Мы создали начальный аватар с базовыми измерениями тела $WG = 77,5$ см, $HG = 95$ см, $TG = 50$ см. Критерии виртуальной модели были установлены в соответствии с размером M мужского тела (такого же размера, как и в разд. 5.3.4), чтобы обеспечить сопоставимость результатов.

Алгоритм первоначального создания аватара включал следующие этапы (рис. 24):

- 1) создание базовой трехмерной модели мужского тела с добавлением модели «гениталий» от *MakeHuman*;
- 2) корректировка некоторых основных размерных признаков (WG , HG , TG ...) в соответствии с размерами реальной фигурой и генерирование гениталий в отвесном состоянии, корректировка их размера и объема под национальный вариант фигур (средний объем 15 см^3) на основе средне статистических измерений (рисунок 5.24, *a*);
- 3) экспорт файл скана аватара в формате «obj».

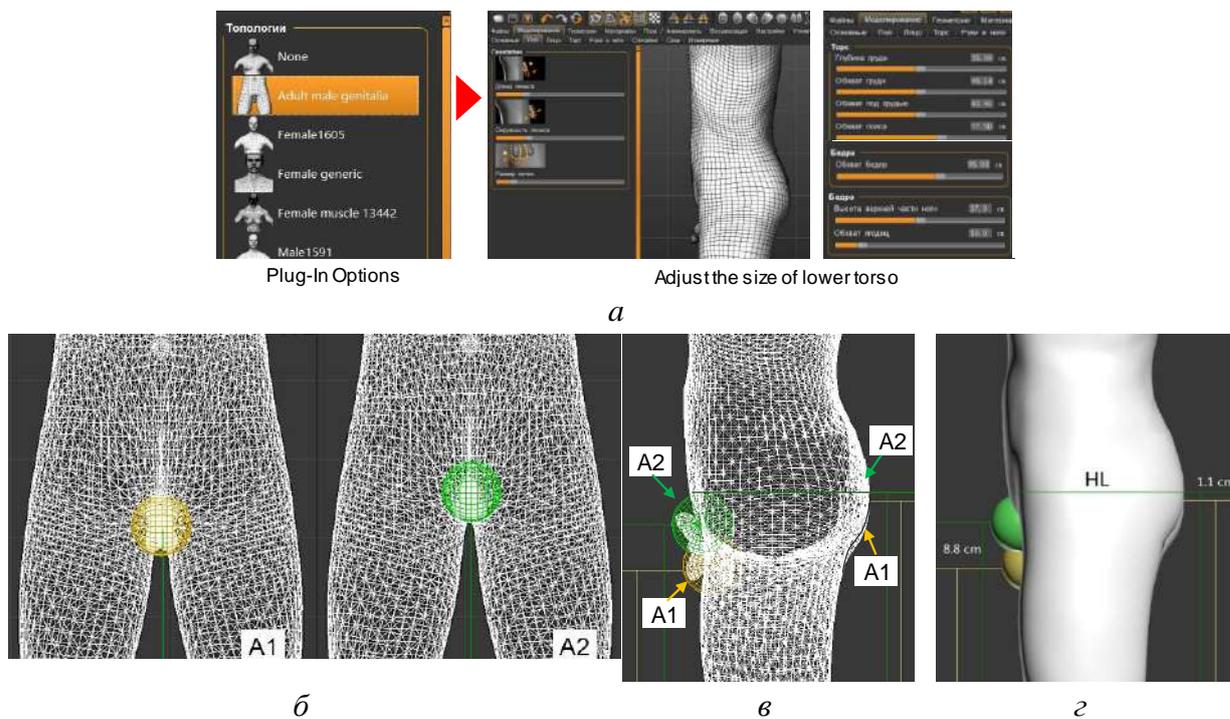


Рисунок 5.24 – Скриншоты из программы *MakeHuman* для проектирования начального жесткого сканаватара (а); вид обнаженных аватаров спереди с частями половых органов в виде сфер в начальном А1 (желтый) и деформированном А2 (зеленый) состояниях в программе *3DSMAX* (б); вид обнаженных аватаров сбоку до и после подъема (в); моделирование половых органов перекрывающимися сферами и значений push-up (г)

Из-за ограничений *MakeHuman* невозможно было моделировать подъемный эффект для мужских гениталий. Поэтому мы использовали программное обеспечение *3DS MAX* для настройки мужских половых органов и изменения его положения в результате моделирования эффекта подъема. Поскольку «генитальная часть» считается в программном обеспечении твердой и недеформируемой, то было невозможно моделировать эффект push-up под виртуальным нижним бельем. Чтобы избежать этой проблемы, мы рассматриваем виртуальные мужские гениталии как сферу, объем которой полностью покрывает всю часть «гениталий». Для этого ограничения мы выбрали результаты измерения в начале этого исследования и использовали *3DS MAX*. Мы строили два виртуальных тела в одном и том же пространстве: с желтой сферой без эффекта подъема и зеленой сферой после подталкивания вверх. Обе сферы имеют одинаковый размер, и мы можем видеть, что положение

«гениталий» изменяется с точки зрения желаемого эффекта (рисунок 5.24, б-г). Таким образом мы разработали деформируемый аватар с предсказуемым эффектом *push-up*, который должен быть получен с помощью функционального нижнего белья.

Алгоритм задания деформируемого аватара в программе *3DS MAX* включает этапы:

1) импорт модель начального сканаватара с поднятой «мягкой тканью» и добавлением эффектов *push-up* соответствии с фиксированными значениями.

2) изменение положения гениталий на восходящее состояние.

3) изменение высоты ягодиц.

На рисунке 5.24, б,в показано движение и поворот позиций «виртуального гениталий» перед экспортом деформированного аватара в *3DS MAX*.

Чтобы получить деформируемый аватар, мы скорректировали на рисунке 5.24, г самые большие значения отжимающих эффектов от *MakeHuman* в соответствии с предыдущим исследованиями (см. главу 3): спереди 8,8 см, сзади 1,1 см.

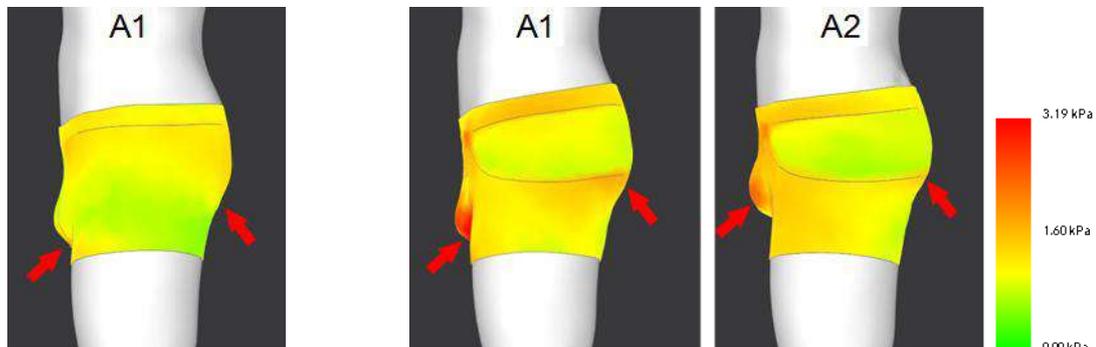
Как показано на рисунке 5.24, в,г мы можем видеть положение двух сфер, представляющих смещение половых органов, зеленая сфера после подъема выглядит более заметной из-за лобковых костей и удерживает всю половую часть, что делает их более плотными. Мы также можем видеть, что ягодицы выглядят более ровными. Таким образом, эффект подъема не только создает хорошую поддержку или комфорт для мужчин, но также дает хороший визуальный эффект, подчеркивая мужскую красоту.

Перед началом виртуального тестирования функционального белья - боксеров III типа - мы создали два аватара, как показано на рисунке 5.9, г: начальный аватар A1 с естественным положением гениталий и формой

ягодиц; деформированный аватар A2 с половыми органами, поднятыми на 8,8 см, и ягодицами, поднятыми на 1,1 см.

Впоследствии мы провели виртуальные эксперименты в *CLO* с базовыми боксерами I типа без сжатия и функциональными боксерами III типа. Мы выбрали трикотажный материал *T2* с хорошей эластичностью, большой толщиной и первым самым высоким уровнем *CP* для тестирования, чтобы обеспечить самый сильный эффект корректировки.

На рисунке 5.25 показаны виртуальные двойники в разных боксерах, одетые на два варианта одной и той же фигуры: начальной A1 и деформированной A2 по схеме рисунка 5.24, з.



Начальный жесткий аватар A1 + белье основного типа

a

Начальный жесткий аватар A1 + функциональное белье

б

Деформированный аватар A2 + функциональное белье

в

Рисунок 5.25 – Виртуальные двойники «аватар - боксеры» в программе *CLO*: *a* – начальный аватар A1 + боксеры I типа без эффекта *push-up*, *б* – начальный аватар A1 + боксеры III типа с эффектом *push-up*, *в* – деформированный аватар A2 + боксеры III типа с эффектом *push-up*

Рисунок 5.25, а показывает, что аватар A1, носящий базовые боксеры I типа без эффектов сжатия испытывает нормальное давление, а его значения ниже, чем среднее значение на шкале давления. Только под передней частью пояса, в области остисто-подвздошной точки, верхней части ягодиц и нижней части гениталий возникает более высокое давление 0,75 ... 1,26 кПа.

На рисунке 5.25, б показан начальный аватар A1, носящий

функциональные боксеры III типа, разработанные с эффектами поднятия спереди и сзади. Как мы видим, боксеры III типа производят толкающие эффекты под гениталиями и ягодицами ниже линии обхвата бедер. Но поскольку виртуальный аватар является фиксированным и жестким, все эти части находятся под большим давлением 1,78 ... 3,15 кПа, а сами эффекты не столько выражены. Таким образом, презентация на рисунке 5.25, в не отражает прогнозируемый эффект от белья.

На рисунке 5.25, в показаны результаты, когда мягкие детали аватара были предварительно подняты, и его размеры были адаптированы под максимальные эффекты *push-up*. Мы можем ясно видеть, что красная область, соответствующая большим по величине давлениям, переместилась спереди, а сзади практически исчезла. Благодаря подготовке аватара гениталии и мягкие ткани ягодиц не имеют гравитационного эффекта. На двух участках спереди все же есть повышенное давление, т.е. после поднятия гениталий на 8,8 см это давление материала обеспечивает хорошую поддержку. Что касается ягодиц, то значения давления изменились меньше структурной линии.

Таким образом, мы использовали три вида программного обеспечения для настройки виртуальных свойств человеческого тела и трикотажного материала, чтобы точно соответствовать их реальным параметрам. С помощью MakeHuman и 3DS MAX можно точно строить и настраивать модель мужского тела, а программное обеспечение CLO очень хорошо имитирует реальные свойства трикотажа.

Тем не менее, для получения более точных результатов комфортность при ношении нижнего белья не может быть точно проверена путем моделирования, и его можно оценить только на основании давления и степени деформации ткани. Кроме того, из-за твердотельных характеристик модели аватара результаты испытаний (величина *push-up*) функционального эффекта также неизвестна из моделирования.

5.4. Экспериментальная проверка в материале

5.4.1. Установление различий между боксерами разного типа

Мы изготовили два варианта боксеров I типа из материала T_4 со второй группой индекса CP (высокое давление) с прибавкой 0 % и минимальной прибавкой 19 % для двух типов фигур S^+/SS , и M/SM . Мы назвали их соответственно «B1» и «B2», и на рисунке 5.26 показаны фотографии боксеров I типа с прибавкой 0% (рисунок 5.26, а, б слева) и -19% (рисунок 5.26, в, г справа).



Рисунок 5.26 – Внешний вид готовых боксеров I типа с конструктивными прибавками 0 % (а, в) и -19% (б, г): а, б– “B1” размер S^+/SS ; в, г– “B2” M/SM

Два образца с прибавкой 0% имеют более слабый и менее поддерживающий эффект спереди и сзади. Вариант с прибавкой -19% более ощутим, он имеет хороший вид и несколько складок в передних вставках и ягодицах ниже.

В течение двух экспериментов оба эксперта предпочли боксеры с прибавкой -19 % и посоветовали несколько увеличить прибавку. Передняя вставка обеспечивала хорошую поддержку, но имела недостаточный объем.

5.4.2. Оценка эффекта *push-up*

Затем мы использовали четыре вида трикотажных материалов с разным уровнем компрессионной способности и индексом *CP* (T_1 - 2 уровень, T_2 - 1 уровень, T_6 - 3 уровень, T_{11} - 2 уровень вдоль и 3 уровень поперек). Были изготовлены боксеры III типа с одинаковой прибавкой -19%, мы назвали их «U1, U2, U3 и U4». Внешний вид изготовленных боксеров показан на рисунке 5.27.



Рисунок 5.27 – Внешний вид боксеров III типа из четырех видов материалов:
a–“U1” из T_1 ; *б*– “U2” из T_2 ; *в*– “U3” из T_6 ; *г*– “U4” из T_{11}

Из-за разности в толщине и плотности трикотажных материалов (Приложение III, таблица III.1 и Приложение IV, таблица IV.2) образцы «U1» и «U3» намного легче изгибаются под ягодицами. Материал «U2» имеет обладает наименьшим укорочением при растяжении, около 0,07% при растяжении на 1%; укорочение остальных материалов составляет 0,13...0,67 % при растяжении на 1%. Итак, мы можем видеть, что «U2» имеет вогнутый задний контур внизу. «U4» имеет большое укорочение усадку, поэтому нижнее белье выглядит короче.

После экспериментов в статическом состоянии эксперты отметили хорошие ощущения в целом. Высшую оценку получили «U2» и «U4» с

хорошей плотностью и сжатием.

Для сравнения эффектов компрессии белья фигуры были сканированы, как показано на рисунке 5.28. На рисунке 5.28, *a* показан сканаватар фигуры в собственном нефункциональном плотно облегающем белье, остальные варианты (B2, U2, U4) - наши разработанные боксеры. Расстояние по вертикали между уровнями наиболее выступающих точек спереди и сзади обозначено как "*a*".

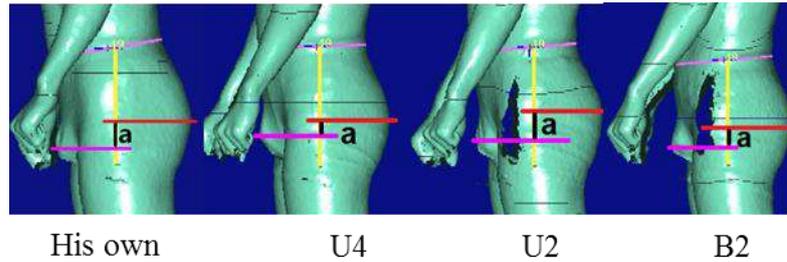


Рисунок 5.28 – Схемы коррекции мягких тканей спереди и сзади: Hisown - исходная фигура, U4 - коррекция спереди, U2 - коррекция сзади, B2 - коррекция спереди и сзади

Из рисунка 5.28 мы видим, что значения «а» существенно отличаются. U4 и U2 имеют самый высокий эффект корректировки. Из-за различий в свойствах трикотажных материалов и конструкции эффект push-уртакже различен.

5.4.3. Сенсорная оценка

Субъективная оценка была основана на пятибалльной шкале. Шкала включала следующие оценки: 5 - очень удобно (*verycomfortable*), 4 - удобно (*comfort*), 3 - удовлетворительно (*general*), 2 - некомфортно (*uncomfortable*), 1 - очень некомфортно (*veryuncomfortable*). Эксперты были проинструктированы о правилах выставления оценок. Количество экспертов - 7 человек в возрасте 25-27 лет.

Комфортность удобство боксеров проверяли при выполнении ежедневных движений: приседание на разную глубину, шаг, подъем ноги и короткую прогулку в течение 3-5 минут с чередованием длинных и

коротких шагов. Экспертов просили оценить возникающие ощущения: на следующих участках фигуры: общее (*overall*), талия (*waist*), в области половых органов (*frontinsert*), в паховой области (*crotch*), бедер (*hips*), ягодиц (*side*); от контакта с бельем: материал (*fabric*), структура белья (*structure*); от эффекта *push-up*: спереди (*push-upfront*), сзади (*push-upback*); в разных позах: приседание (*sitting*), ходьба (*walking*), подъем ноги (*liftingleg*), приседание на корточках (*squatting*).

Рисунок 5.29 показывает этапы эксперимента.

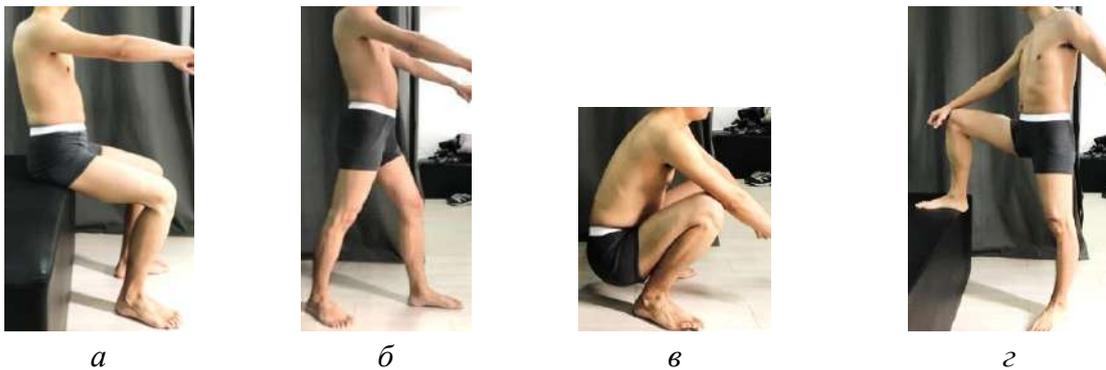
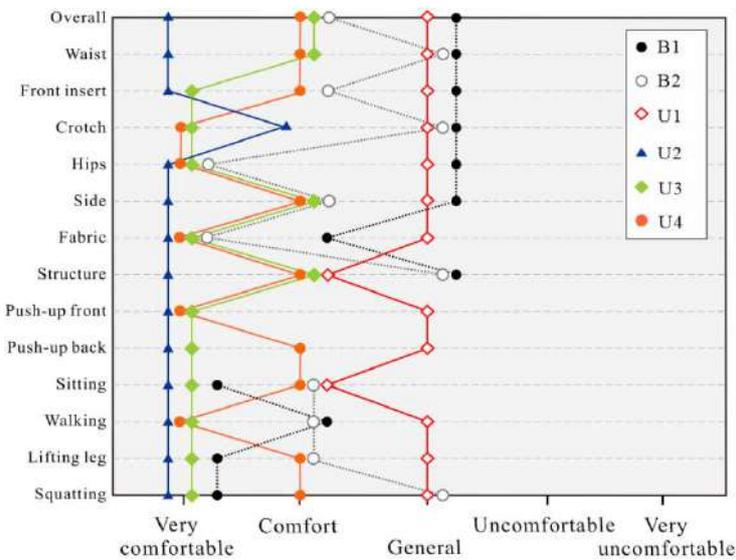


Рисунок 5.29 – Эргономическое тестирование белья новой конструкции: а– приседание; б– ходьба; в– приседание на корточках; г– подъем ноги

На рис.5.30 приведены результаты сенсорного анализа.



| Субъективная оценка | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| B1 | B2 | U1 | U2 | U3 | U4 |
| 3.7 | 3.8 | 3.1 | 4.9 | 4.7 | 4.4 |

Рисунок 5.30 – Диаграмма субъективной оценки: в целом (*overall*), на талии (*waist*), спереди под вставкой (*frontinsert*), в паху (*crotch*), на бедрах (*hips*), на боковой поверхности (*side*), от материала в целом (*fabric*), от структуры материала (*structure*), от ощущения эффекта *push-up* спереди (*push-upfront*), от ощущения эффекта *push-up* сзади (*push-upback*), при сидении (*sitting*), при ходьбе (*walking*), при поднятии ноги (*liftingleg*), при сидении на корточках (*squatting*)

В порядке снижения ощущений комфорта испытанные варианты образовали ряд

«U2» (4,9) – «U3» (4,3) – «U4» (4,4) – «B2» (3,8) – «B1» (3,7) – «U1» (3,1).

В целом, мы можем видеть, что, за исключением «B1» и «U1», «U2», остальные вызывают очень хорошее ощущение ношения и имеют высокие оценки в динамических и статических условиях. Ни один из образцов не вызывал неудобства. Когда трикотажный материал обладает плохой эластичностью, то ощущения при «подъеме ноги» и «приседании» хуже, чем в статике.

1. «B1» и «U1» не вызывают неприятного субъективного ощущения из-за нулевой конструктивной прибавки и свойства мягкого и тонкого трикотажа. Кроме того, материалы T_1 и T_4 имеют средние параметры WT (предел прочности на растяжение), но имеют низкую RT (устойчивость к растяжению) и низкую RC (сжимающую упругость), что означает, что они имеют высокую эластичность при растяжении, но плохая устойчивость.

2. «U4» вызывает ощущения из-за материала: плотного, жесткого, поэтому у этого Боксера III немного слабее чувство комфорта. На комфорт «B2» влияют конструкция и материал основной части вставки.

3. «U2» и «U3» имеют хорошие характеристики при тестировании в статическом и динамическом положениях. Кроме того, материалы T_2 и T_6 имеют хорошие параметры: наименьший WT , наибольший RT и самый большой RC . Это означает, что они обладают хорошей способностью к растяжению, упругостью (легко растягиваются и хорошо восстанавливаются), пушистые и не жесткие на ощупь. Материал T_4 имеет лучшие параметры EMT .

Поэтому при разработке конструкций нам необходимо учитывать свойства материалов: растяжимость, способность к восстановлению и толщину.

5.4.4. Измерение давления и верификация виртуального давления

Для объективной оценки датчики давления также располагали в контрольных точках, как показано на рисунке 5.31.

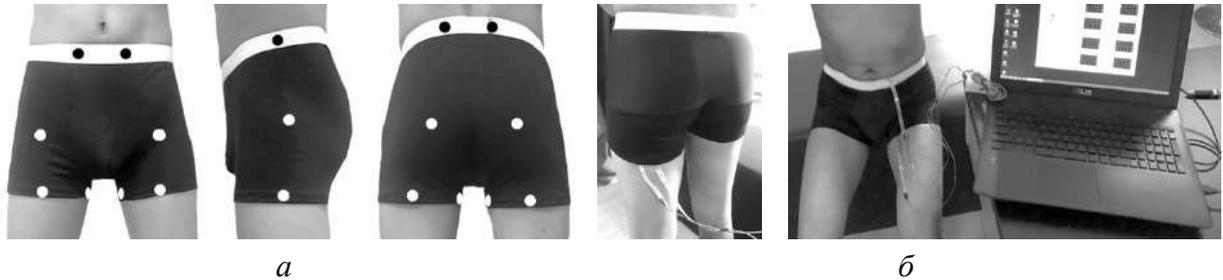


Рисунок 5.31 – Места измерения давления под боксерами: *a* – расположение датчика; *б*– схема установки

Результаты измерений показаны на рисунке 5.32 для боксеров В 1, 2 и U 1...4.

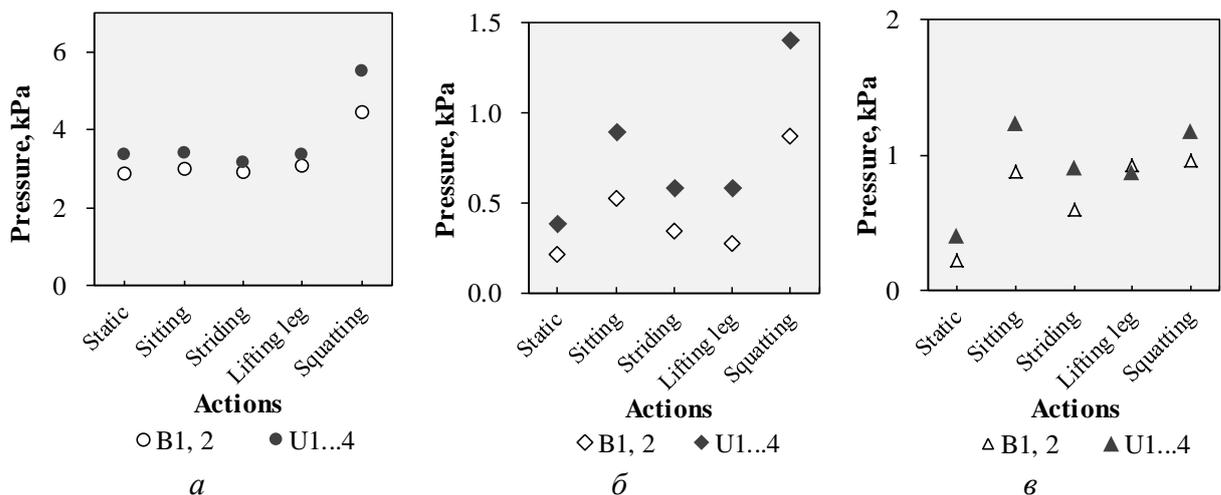


Рисунок 5.32 – Средние значения давления, измеренные под боксерами I и III типов: *a* – в области талии; *б* – в области ягодиц и передней части бедра; *в* – по линии низа. Позы: статическая (*static*), сидение (*sitting*), поднятие ноги (*lifting leg*), ходьба (*striding*), присаживание на корточки (*squatting*)

Из рисунка 5.32 видно, что боксеры I типа, сконструированные с прибавками -19...0%, но без функциональных эффектов обеспечивают меньшее по величине давление. Средние значения давления для некоторых частей тела в статическом (стоя) и динамическом состояниях, измеренные в материальном и виртуальном экспериментах, показаны в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Давление в реальном (*RR*) и виртуальном (*VR*) экспериментах

| Тип боксеров | Поза | Среда | Значения давления на разных участках, кПа | | |
|--------------|--------------|-----------|---|-------------|-------------|
| | | | пояс | бедра | низ |
| I | Стоя | <i>VR</i> | 1.36...2.57 | 0.73...1.38 | 0.85...1.77 |
| | Стоя | <i>RR</i> | 2.89...4.44 | 0.22...0.87 | 0.23...0.96 |
| | На корточках | <i>RR</i> | 5.14 | 1.41 | 1.63 |
| III | Стоя | <i>VR</i> | 1.76...2.84 | 1.84...2.13 | 1.15...2.28 |
| | Стоя | <i>RR</i> | 3.37...4.79 | 0.38...1.14 | 0.40...1.23 |
| | На корточках | <i>RR</i> | 5.98 | 2.19 | 1.52 |

На основе данных таблицы 5.6 видно, что значения реального и виртуального давления различны, но разница не очень большая. Необходимо отметить, функциональное белье во всех трех позициях обеспечивает более высокое давление. Виртуальное давление меньше реального под поясом, но больше реального на других участках из-за влияния мягких тканей.

5.4.5. Проверка теоретических и фактических значений давления

Для проверки ранее приведенных в главе 4 уравнений мы сравнили результаты теоретических расчетов со средними результатами, полученными для разных материалов (таблица 5.7).

Как видно из таблицы 5.7 среднее значение разности составляет 0,67 кПа, т.е. теоретические значения оказались более высокими. Для приведения в соответствие теоретических и фактических результатов значение должно быть введено в качестве корректирующего члена.

Таблица 5.7 - Среднее значения теоретических и экспериментальных значений давления, кПа

| Материал | Фактическое давление P | Теоретическое давление \hat{P} | | Усредненная разность |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|
| | | по уравнению(4.10) | по уравнению(4.8) | |
| T_1 | 1.18 | 1.88 | 1.86 | 0.69 |
| T_2 | 1.29 | 1.93 | 1.92 | 0.64 |
| T_4 | 1.11 | 1.81 | 1.82 | 0.71 |
| T_6 | 1.19 | 1.90 | 1.88 | 0.70 |
| T_{11} | 1.28 | 1.94 | 1.92 | 0.65 |
| <i>Среднее значение</i> | <i>1.21</i> | <i>1.89</i> | <i>1.88</i> | <i>0.67</i> |

В конечном виде уравнения примут вид:

| исходные уравнения | | уточненные уравнения | |
|---|--------|--|-------|
| $P_{\max} = e^{\left(0,750 - \frac{7,404}{F(E_{\max})_{\text{weft}}}\right)}$ | (4.10) | $P_{\max} = e^{\left(0,750 - \frac{7,404}{F(E_{\max})_{\text{weft}}}\right)} - 0,68$ | (5.3) |
| $P_{\max} = e^{\left(0,765 - \frac{3,886}{F(11)_{\text{weft}}}\right)}$ | (4.8) | $P_{\max} = e^{\left(0,765 - \frac{3,886}{F(11)_{\text{weft}}}\right)} - 0,67$ | (5.4) |

5.4.6. Сравнение разработанных конструкций с существующими

Мы сравнили шаблоны боксеров, разработанные по существующим и новому методам конструирования, без бокового шва для одной и той же фигуры.

Видно, что в известных методиках существует огромное многообразие в оформлении контурных и внутренних линий, не подкрепленных требованиями формы или особенностями фигур, Не касаясь положения верхней и нижней линий, поскольку их оформляют с учетом особенностей модели боксеров, рассмотрим остальные линии.

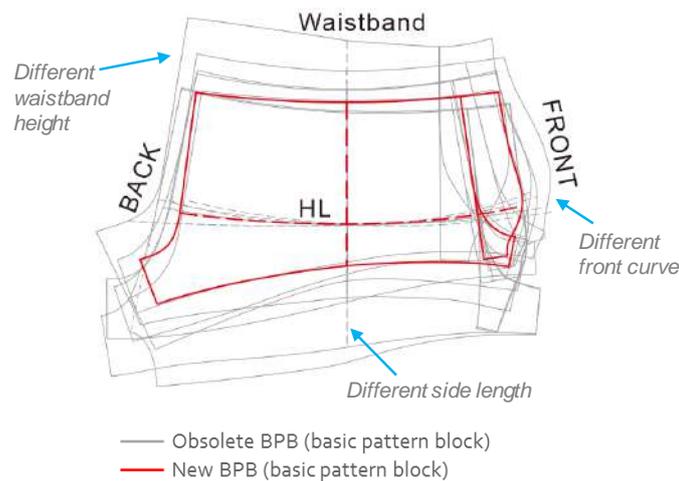


Рисунок 5.33 – Схемы чертежей, разработанные по существующим и новому методам конструирования

1. Средние линии задней части прототипов имеют разную длину, наклон и ширину шага. Очевидно, что короткая линия будет приводить к неприятным ощущениям в области промежности, а слишком длинная будет способствовать быстрой деформации боксеров при движениях. Но тем не менее можно говорить о подобии средних линий в известных чертежах и линии из разработанного ВРВ, их близости к аналогам из конструкций брюк.

2. Средняя линия передней части ВРВ и известных методов абсолютно различны. В прототипах их оформление не структурировано.

3. Конфигурация вставки в разработанной ВРВ не имеет аналогов среди известных прототипов.

Таким образом, визуальный анализ разработанного ВРВ и известных прототипов показал их абсолютную несхожесть.

5.4.7. Производственная проверка

Акт испытаний помещен в приложении VI.

Выводы по главе 5

1. Разработан метод проектирования и градации мужского белья, основанный на новых размерных признаках и разработанной схеме классификации подкорпусной части мужских фигур.

2. Экспериментальная проверка нового метода проектирования была проведена путем построения белья (боксеров) разного назначения - без деформации мягких тканей (боксеры I типа) и с деформацией мягких тканей, с их сжатием и перемещением вверх (боксеры III типа). Методом сенсорного анализа подтверждена правильность конструктивных решений.

3. Изучено влияние показателей физико-механических свойств трикотажных материалов на ощущения комфортности. Установлено, что наилучшие ощущения возникают при использовании материалов с невысокими значениями WT , и высокими значениями RT и RC . Это гарантирует хорошую эластичность при растяжении и упругость.

4. Показана и доказана возможность компьютерной симуляции для изменения морфологии подкорпусной части фигур и проведения примерок белья в компьютерных программах *MakeHuman*, *3DS MAX* и *3D CLO*. Классификация мужских фигур и размеров белья были протестированы с использованием технологии 3D моделирования. с позиций обеспечения необходимого давления на мягкие ткани и деформации материала и возможности корректировки исходных 2D чертежей.

5. Показано, что сходимость экспериментальных и теоретических результатов может быть максимально достигнута за счет введения корректирующего коэффициента.

6. Разработанная методика конструирования боксеров была передана предприятию ZOZH (г. Иваново) для выпуска опытной партии.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлены основные направления в изменении антропоморфных и эстетических особенностей подкорпусной части торса мужских фигур, достигаемые за счет художественно-конструктивных решений мужского белья, включающими положения контурных линий относительно антропометрических уровней фигуры, габаритные размеры, оформление линий внутреннего членения. Определены диапазоны положения контурных линий белья на поверхности мужских фигур.

2. На основании экспертного опроса большой группы потребителей из разных стран установлены их предпочтения относительно существующего ассортимента мужского белья и выявлены основные проблемы, возникающие при его покупке и эксплуатации, позволившие актуализировать содержание научных исследований.

3. Разработана новая номенклатура размерных признаков, необходимая и достаточная для описания антропоморфных особенностей мужских фигур с исходной пластикой и после её изменения под влиянием механического воздействия компрессионного белья, а также пригодная для расчета конструктивных параметров и построения чертежей деталей. Впервые получены типовые сечения условной линии сочленения правой и левой частей мужского торса в средней сагиттальной плоскости.

4. Экспериментально определены границы участков мужской фигуры, для которых можно проектировать максимальный уровень кратковременного компрессионного сжатия мягких тканей одеждой.

5. Разработан новый показатель компрессионной способности для трикотажных полотен, характеризующий их способность создавать максимальное давление на мягкие ткани фигуры в зависимости от степени заужения белья относительно обхватов фигуры.

6. Получены уравнения для прогнозирования компрессионного давления под растянутыми текстильными оболочками и проверки

достаточности выбранных конструктивных прибавок для достижения необходимого давления.

7. Экспериментально установлены границы коррекции мягких тканей мужских фигур спереди и сзади и разработан алгоритм компьютерной симуляции целенаправленного изменения пластики на цифровых двойниках фигур и белья.

8. Разработана новая методика конструирования мужского белья, основанная на новых размерных признаках и схеме градации, реализованная в традиционном и компьютерном проектировании.

РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлению «Конструирование изделий легкой промышленности», на предприятиях, выпускающих мужское бельё, в модернизации программного обеспечения САПР и повышения квалификации для развития новых компетенций, ориентированных на цифровизацию экономики.

2. Разработанная концепция проектирования компрессионного белья, включающая структурирование белья, целенаправленное распределение давления и изменение пластики фигур, может быть адаптирована к медицинской, корректирующей и спортивной областям.

3. Получение более точной антропометрической информации, описание морфологических различий и разработка схемы маркировки белья для более широких групп потребителей может быть достигнуто за счет усовершенствования технологии бодисканирования.

4. Процессы художественного и промышленного проектирования должны быть перемещены в виртуальную среду с выполнением всех работ на цифровых двойниках фигур, материалов и белья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aldrich, W. Metric pattern cutting for menswear, including unisex casual clothes and computer aided design / W. Aldrich // BSP Professional Books, 1990. – 144 p.
2. Altman, D. Statistics notes: the normal distribution / D. Altman, J. Bland // *Bmj*, 1995, 310(6975) pp. 298.
3. Anthony, S.W. Influence of fabric mechanical property on clothing dynamic pressure distribution and pressure comfort on tight-fit sportswear / S.W. Anthony // *Fiber*, 2004, 60(10), pp. 293-299.
4. AssystCAD, <http://assystbullmer.co.uk/> (дата обращения 2019-02-09).
5. Assyst-Bullmer Vidya, http://www.human-solutions.com/vidya/front_content.php
6. Behera, B.K. Comfort and handle behavior of linen-blended fabrics / B.K. Behera // *AUTEX Research Journal*, 2007, 7(1), pp. 33-47.
7. Backer, S. The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties: Part III: Textile geometry and abrasion-resistance / S. Backer, S. Tanenhaus // *Textile Research Journal*, 1951, 21(9), pp. 635-654.
8. Baraff, D. Large steps in cloth simulation / D. Baraff, A. Witkin // *Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. ACM, 1998, pp. 43-54.
9. Bartels, T. Physiological comfort of sportswear // *Textiles in Sport*, 2005(1), pp. 177-203.
10. Bassett, R.J. Experimental methods for measuring fabric mechanical properties: a review and analysis / R.J. Bassett, R. Postle, N. Pan // *Textile research journal*, 1999, 69(11), pp. 866-875.
11. Bhat, K.S. Estimating cloth simulation parameters from video, *ACM Siggraph/eurographics Symposium on Computer Animation* / K.S. Bhat, C.D. Twigg, J.K. Hodgins, et al // *Euro graphics Association*, 2003, pp. 37-51.
12. Bolshev, L. Tables of math statistics / L. Bolshev, N. Smirnov // *Publishing House Science (Наука)*, 1983, pp. 248
13. Cao, B. Research on the generation and validation of east china youth pants / *Suzhou University*, 2014, – 76 p.
14. Carignan, M. Dressing animated synthetic actors with complex deformable clothes / M. Carignan, Y. Yang, N.M. Thalmann, et al // *Acm Siggraph Computer Graphics*, 1992, 26(2), pp. 99-104.

15. Chai, L. Underwear structure design and pattern / L. Chai, C. Xu // Shanghai: Donghua University Press, 2013, – 125 p.
16. Chang, J. Underwear industry patterns and processes / J. Chang, J. Yin // Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2008, pp. 94-104.
17. Chatfield, F. Man's undergarment / F. Chatfield // U.S. Patent 2138481, 1938, 11, 29.
18. Chen, C. Design and implementation of 3D virtual fitting room / C, Chen, Z. Wu // Progress in Textile Science & Technology, 2010 (6), pp. 84-87.
19. Chen, M. Classification of special female figures and pattern black design based on the size waist-belly-hip / M. Chen, Y. Wang // Journal of Donghua University: Natural Science, 2010, 36 (2), pp. 129-135.
20. Chen, Y. A new method of ease allowance generation for personalization of garment design / Y. Chen, X. Zeng, M. Happiette, et al // International Journal of Clothing Science & Technology, 2008, 20(3), pp. 161-173.
21. Chen, Y. Study on the law of promoting the international trade between china and Japan based on growth curve algorithm and the promotion of international trade between China and Japan / Y. Chen // Logistics Technology, 2017, (02), pp. 122-125.
22. Cheng, J.C. Pressure therapy in the treatment of post-burn hypertrophic scar-a critical look into its usefulness and fallacies by pressure monitoring / J.C. Cheng, J.H. Evans, K.S. Leung, et al // Burns, 1984, 10(3), pp. 154-163.
23. Cheng, P. Analysis of male underwear design / P. Cheng, D. Chen // Advances in Textile Science and Technology, 2014, (1), pp. 58-61.
24. Cheng, Y. Garment structure drawing / Y. Cheng, Lianghong Wang // Chemical Industry Press, 2007. – 240p
25. China National Bureau of Statistics: China 2010 Census Data. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/pcsj/rkpc/6rp/indexch.htm>
26. Choi, K.J. Stable but responsive cloth / K.J. Choi, H.S. Ko // ACM SIGGRAPH 2005 Courses. ACM, 2005, pp. 1.
27. Chun, J.Y. Garment-sizing systems: an international comparison / J.Y. Chun, C.R. Jasper // International Journal of Clothing Science and Technology, 1993, 5(5), pp. 28-37.
28. Crowther, E.M. Comfort and fit in 100% cotton-denim jeans / E.M. Crowther // Journal of the Textile Institute, 1985, 76(5), pp. 323-338.
29. Cole, S. The story of men's underwear / Parkstone International, 2012, pp. 8.
30. Cordier, F. Real-time Animation of Dressed Virtual Humans / F. Cordier, N. Magnenat-Thalmann // Computer Graphics Forum, 2002, pp. 327-335.

31. Courtney, T.H. Mechanical behavior of materials // Waveland Press, 2005. – 733p.
32. Cugini, U. 3D design and simulation of men garments / U. Cugini, C. Rizzi // Journal of Wscg, 2002, 10, pp. 9-16.
33. Cullen, C. Man's undergarment / C. Cullen // U.S. 3207155 P, 1965, 9, 21.
34. Dai, H. Clothing number standard and its application / H. Dai // China Textile Press, 2009, pp.1-3.
35. Dean, S. Descriptive Statistics: Skewness and the Mean, Median, and Mode / S. Dean, B. Illowsky // Journal of Regulatory Economics, 2012, 43(1), pp. 31-59.
36. Decarlo L.T. On the meaning and use of kurtosis / L.T. Decarlo // Psychological Methods. 1997, 2, pp. 292-307.
37. Deng, P. Underwear design / P. Deng // Liaoning: Liaoning Science and Technology Press, 2009. – 186p.
38. Denton, M.J. Fit stretch and comfort / M.J. Denton // Textiles, 1972(3), pp. 12-17.
39. Ding, X. The Relationship between elasticity and clothing pressure of knitting girdles / X. Ding, N. Chen, X. Wu // Journal of Donghua University (Natural Science), 2010, 1, pp. 12.
40. Douichi, T. Sportswear and elastic woven, knitted fabrics / T. Douichi // Foreign Textile Technology, 1983(14), pp. 37-43.
41. Duan, X. Research methods and development of pressure comfort in plastic underwear / X. Duan, W. Yu // Journal of Textile Research, 2007, 28(11), pp. 144-148.
42. Durupynar, F. A virtual garment design and simulation system / F. Durupynar, U. Gudukbay // Information Visualization. 11th International Conference. IEEE, 2007, pp. 862-870.
43. Durupinar, F. A 3D garment design and simulation system // Bilkent university, 2004.
44. Enciso, M. Manual de patronaje básico e interpretación de diseños / M. Enciso // SENA Press, 2011, pp.88-89.
45. Eischen, J.W. Finite-element modeling and control of flexible fabric parts / J.W. Eischen, S. Deng, T.G. Clapp // IEEE Computer Graphics & Applications, 1996, 16(5), pp. 71-80.
46. Elliott, A. Statistical analysis quick reference guidebook: With SPSS examples / A. Elliott, W. Woodward // Sage Publications, 2007. – 259 p.
47. Fan, X. Analysis of China's underwear market development status / X. Fan, G. Zhou // Fujian Textile, 2000, 7(1), pp. 1-5.
48. Fan, Z. China's underwear market analysis and development trend / Z. Fan, Z. Jiang // International Textile Review, 2004, 2(1), pp. 79-81.

49. Fan, J. Physiological comfort of fabrics and garments / J. Fan, L. Hunter // *Engineering Apparel Fabrics and Garments*, 2009, 201-250.
50. Faust, M.E. Designing apparel for consumers the impact of body shape and size / M.E. Faust, S. Carrier // Woodhead Publishing Limited, 2014, – 324 p.
51. Feng, F. Analysis of the crotch structure of male knitted underwear / F. Feng // *Knitting industry*, 2010(12), pp. 50-51.
52. Feng, F. U-shaped crotch structure of male knitted panties / F. Feng // *Knitting Industry*, 2010(12), pp. 50-51
53. Field, A. Discovering statistics using SPSS. 3ed / A. Field // SAGE Publications Ltd, 2009. – 957 p.
54. Fontana, M. 3D virtual apparel design for industrial applications / M. Fontana, C. Rizzi, U. Cugini // *Computer-Aided Design*, 2005, 37(6), pp. 609-622.
55. Fu, J.K. 3D human modeling and dress simulation of theoretical research / J.K. Fu // Zhejiang University, 2004. – 110 p.
56. Gajdosik R. Pelvic tilt: Intratester reliability of measuring the standing position and range of motion / R. Gajdosik, R. Simpson, R. Smith, et al. // *Physical Therapy* 985, 65(2), pp. 169–174.
57. Gao L. Based on male physiological characteristics of the underwear structure comfort study / L. Gao // *Shanghai University of Engineering Science*, 2012, 12, pp. 69-77.
58. Gao, Y. Analysis of the structure of pants and crotch / Y. Gao // *Journal of Henan Institute of Engineering*, 2008, 20(1), pp. 12-14.
59. Giele, H.P. Direct measurement of cutaneous pressures generated by pressure garments / H.P. Giele, K.Liddiard, K. Currie, et al. // *Burns*, 1997, 23(2), pp. 137-141.
60. Guo, M. Pressure and comfort perception in the system female body-dress / M. Gou, V.E. Kuzmichev // *AUTEX Research Journal*, 2013, 13(3), pp. 71-78.
61. Güzel, S. Clothes preferences and problems of consumers aged 65 and above / S. Güzel // *The Macro theme Review*, 2013, 2(5), pp. 168-181.
62. Gurumurthy, B.R. Prediction of fabric compressive properties using artificial neural networks / B.R. Gurumurthy // *AUTEX Research Journal*, 2007, 7(1), pp. 19-31.
63. Hagggar, A. Pattern cutting, for lingerie, beachwear and leisurewear / A. Hagggar // Blackwell Publishing, 2004. – 253p.
64. Hale, R. Men's branded underwear an investigation of factors important to product choice / R. Hale, N. Hodges // *Qualitative Market Research: An International Journal* 2013, 16(2), pp. 180-196.

65. Harada, T. Pursuit of comfort in sportswear / T. Harada // JTN, 1982, 334, pp. 30-33.
66. Hatch, K.L. Textile science / K.L. Hatch // West Publishing Co, 1992.
67. Henry, G. Cup supporter for insertion into a garment / G. Henry // US: 4141357 P. 28913.
68. Hezhang, Z. 2011 China's men's underwear market research and the construction of high-end men's underwear brand strategy / Z. Hezhang, L. Chenghuan // Regional Economic Review, 2011(6)1, pp. 33-37.
69. Hart, C. An exploratory study of the consumer decision process for intimate apparel / C. Hart, B. Dewsnap // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, 2001, 5(2): 108-119.
70. Hinds, B.K. Interactive garment design / B.K. Hinds, L. McCartney // The Visual Computer, 1990, 6(2), pp. 53-61.
71. Hinds, B.K. 3D CAD for garment design / B.K. Hinds, J. McCartney, C. Hadden, J. Diamond // International Journal of Clothing Science and Technology, 1992, 4(4), 6-14.
72. Hong, S. Discussion on size standard of knitted underwear / S. Hong, L. Yonggui L, B. Airong, et al // Knitting Industry, 2006(9), pp. 58-59.
73. Horino, T. Simulation of garment pressure in wear by strip bi-axial extension of cylindrically sewn fabrics / T. Horino, S. Kawanishi, M. Toshimi // Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 1977, 23(2), pp. 41-46.
74. <http://mentalfloss.com/article/22897/boxers-briefs-or-loincloth-brief-history-mens-underwear> (дата обращения 2019-02-09).
75. <http://manualidadesya.com/ropa-interior-masculina-con-moldes/#.WHeYWTDcKFI>. Pinterest (дата обращения 2019-02-09).
76. <http://www.vrapparelsonline.com/evolution-male-underwear/>(дата обращения 2019-02-09).
77. <http://www.worldwidewords.org/qa/qa-lon2.htm> (дата обращения 2019-02-09).
78. https://en.wikipedia.org/wiki/Union_suit (дата обращения 2019-02-09).
79. <https://www.larp.com/midgard/braies.htm> (дата обращения 2019-02-09).
80. Hu, J. A psychophysical model for objective fabric hand evaluation: an application of Stevens's law / J. Hu, W. Chen, A. Newton // Journal of the Textile Institute, 1993, 84(3), pp. 354-363.
81. Hu, X. Preliminary study on the structural design of seamless riding sports wears / X. Hu, Y. Yan, H. Chen // Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2010, 27(1), pp. 74-78.

82. Igarashi, T. Clothing manipulation / T. Igarashi, J.F. Hughes // *Acm Transactions on Graphics*, 2003, 22(3), pp. 697-697.
83. Inamura, A. Relationship between wearing comfort and physical properties of girdles / A. Inamura, M. Nakanishi, M. Niwa // *Journal-Japan Research Association For Textile End Uses*, 1995, 36, pp. 109.
84. Ito, N. The relation among the biaxial extension properties of girdle cloths and wearing comfort and clothing pressure of girdles / N. Ito, M. Inoue, M. Nakanishi, et al. // *Journal-Japan Research Association for Textile End Uses*, 1995, 36, pp. 102.
85. Jenkins, M.C. Consumer types based on evaluative criteria underlying clothing decisions / M.C. Jenkins, L.E. Dickey // *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 1976, Vol 4 (3), pp. 150-162.
86. Jenny, Z. Formability of textile preforms for composite applications / Z. Jenny, Z. Cai, F.K. Ko // *Characterization experiments Composites Manufacturing*, 1994, 5(2), 113-122.
87. Jiang, Erfan. Study on the fit of young male pants // *Journal of Xi'an University of Technology*, 2013, pp. 51-62.
88. Jianrong, Y. Underwear pattern making: Underwear pattern design principles and examples / Y. Jianrong, C. Jianliang // *Shanghai Science and Technology Publishing House*, 2007, 100-107, 130-133, 148-151.
89. Jiao, Z. Research and structural optimization of pressure comfort of body-fitted yoga tie / Z. Jiao // *Shanghai University of Engineering and Technology*, 2016, – 94 p.
90. Jin, Z. Effect of seamless underwear on static pressure comfort of men under lower body / Z. Jin, X. Luo // *Journal of Textile Research*, 2009 (30), pp. 99-103.
91. Jin, Z. Men's seamless coat pressure distribution law and comfort pressure range / J. Zimin, L. Xiaoju // *Journal of Textile Science*, 2010 (31), pp. 104-109.
92. John, S.A. Men's underwear / S.A. John // *U.S. Patent 3517666*, 1970, 6, 30.
93. Joseph, M.L. Introductory textile science / M.L. Joseph, P.B. Hudson, A.C. Clapp, et al. // 1981, – 417 p.
94. Kabul, I.K. Animation of Dressed Virtual Humans / *Bilkent University*, 2004.
95. Kawabata, S. Characterization method of the physical property of fabrics and the measuring system for hand-feeling evaluation / S. Kawabata // *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 1973(10), pp. 721-728.
96. Kang, D. 4 billion annual sales of cheap underwear a local growth wonderful work / D. Kang // *Successful marketing*, 2015(6), pp. 64-67.

97. Kawabata, H. Comparison of clothing purchase behavior between US and Japanese female university students / H. Kawabata, J. Rabolt // *Journal of Consumer Studies & Home Economics*, 1999, 23(4), pp. 213-223.
98. Kayseri, G. Sensorial comfort of textile materials, Woven fabrics / G. Kayseri, N.zdil, G. Mengü // *InTech*, 2012, 235-266.
99. Kim, T.G. Technical design of tight upper sportswear based on 3d scanning technology and stretch property of knitted fabric / T.G. Kim, S.J. Park, J.W. Park, et al. // *Fashion & Textile Research Journal*, 2012, 14(2), pp. 277-285.
100. Kirstein, T. Pattern construction for close-fitting garments made of knitted fabrics / T. Kirstein, S. Kszywinski, H. Roedel // *Melliand textilberichte international textile reports*, 1999, 80, pp. e46-e48.
101. Klti, J. Conservative treatment using compression suits for second and third degree burns in children / J. Klti, J.P. Pochon // *Burns*, 1982, 8(3), pp. 180-187.
102. Kobayashi, T. Analysis of clothing pressure on the human body / T. Kobayashi, S. Oi, M. Sato, et al. // *SIMULIA Customer Conference*, 2011, 5, pp. 1-15.
103. Koike, C. Clothing modeling theory / C. Koike // *Bunka Publishing House*, 1981, – 216 p.
104. Koszewska, M. Outsourcing as a modern management strategy prospects for its development in the protective clothing market / M. Koszewska // *AUTEX Research Journal*, 2014, 4(4), pp. 228-231.
105. Kotha, S. Mass customization implementing the emerging paradigm for competitive advantage / S. Kotha // *Strategic Management International* 1995, (16), pp. 21-42.
106. Flerova, L.N. Materials science / L.N. Flerova, G.I. Surikova // *Light Industry*, 1972, 182.
107. LabVIEW 4.0 and LabWindows/CVI 4. Expand Virtual Instrumentation, Technical news from national instruments, Austin, TX, 1996, 8, pp. 1-23.
108. Lee, H. Effects of knit fabric layering and flat seam direction on stretchability and clothing pressure / H. Lee, R. Eom, S. Park, et al. // *Korean Journal of Living Environment*, 2017, 24(4), pp. 533-540.
109. Lee, W.S. Generating animatable 3D virtual humans from photographs / W.S. Lee, G. Jin, N. Magnenat-Thalmann // *Computer Graphics Forum*, 2000, 19(3), pp. 1-10.
110. Li, F. Analysis of the development trend of Chinese men's underwear / F. Li // *Value Engineering*, 2014, 33 (22), pp. 322-323.

111. Li, F. The development trend of men's underwear in China / F. Li // Value engineering, 2014, 33-22
112. Li, J. Fitting 3D garment models onto individual human models / J. Li, J. Ye, Y. Wang, et al // Computers & Graphics, 2010, 34(6), pp. 742-755.
113. Li, M. Research fitting example of driving mechanism based on realistic personalize virtual / M. Li // Shanxi University of Science and Technology, 2007, pp. 14-18.
114. Li, Y. Status and Development Trend of Garment CAD Technology J. / Y. Li, W. Li, R. Zhang, et al. // Journal of Industrial Computer, 2012, 25 (6), pp. 80-81.
115. Lifang, C. Underwear pattern design examples / C. Lifang, X. Chunmei // Donghua University Publishing House, pp. 63-77.
116. Lili, C. Shaoxing seamless underwear industry role orientation and its development // Textile Industry and Technology, 2016, 6, pp. 40-42.
117. Liu, D. Factors affecting the crotch position of shorts and structural analysis / D. Liu // Journal of Donghua University (Social Science Edition), 2010, 10(1), pp. 74-76.
118. Liu, K. Study on dynamic parameters of human body and quantity of clothing / K. Liu // Shanghai Textile Technology, 2001(6), pp. 54-56.
119. Liu, X. The Development trend of CAD Technology and mainstream software products / X. Liu, T. Gao // China Manufacturing Informatization, 2003, pp. 41-45.
120. Liu, Y. Strategy analysis and performance design of shaping underwear / Y. Liu // Suzhou University, 2013 pp. 40-44.
121. Liu, Y. The relationship between body sculpting effect and pressure comfort of seamless body sculpting underwear / Y. Liu, Y. Yan // Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2012(29), pp. 48-52.
122. Liyang, D. Some Basic Problems of Biomechanics of Human Lumbar / D. Liyang // Progress in Mechanics, 1990, 20(3), pp. 352-366.
123. Lu, H. Effect of apparel pressure on muscle fatigue of lower limbs in running exercise / H. L, Y. Yan, M. Li // Journal of Textile Research, 2017, 38(7), pp. 118-123.
124. Lu, L. Study on the structure of pants based on the shape of young women's buttocks / L. Lu // Donghua University, 2013, – 103 p.
125. Lu, P. Women's pants fit based on the classification of the lower body half body / P. Lu // Tianjin Polytechnic University, 2011, – 114 p.
126. Luo, M. Experimental testing and analysis of underwear loading pressure / M. Luo, Y. Wang // Knitting Industry, 2009(1), pp. 42-45.

127. Lyle, D.S. Performance of textiles / D.S. Lyle // New York: John Wiley & Sons Inc, 1st ed, 1977. – 608p.
128. Niwa, M. Prediction of the appearance of men's suit from fabric mechanical properties and fabric hand Part 1: analysis of men's summer suit using fabric mechanical properties / M. Niwa, S. Kawabata // Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 1981(1), pp. 12-24.
129. Mae, R. Supporter attachment for bifurcated underwear / R. Mae // U.S. Patent 2033551, 1936, 3, 10.
130. Magnenat, T.N. 3D Web-based virtual try on of physically simulated clothes / T.N. Magnenat, B. Kevelham, P. Volino // Computer-Aided Design and Applications, 2013, 8(2), pp. 163-174.
131. Makabe, H. Effect of covered area at the waist on clothing pressure / H. Makabe, H. Momotal // Sen'i Gakkaishi, 1993, 49(10), pp. 513-521.
132. Matsudaira, M. Fabric handle and its basic mechanical properties / M. Matsudaira // Journal of textile engineering, 2006, 52(1), pp. 1-8.
133. Mpampa, M. A new methodology for the development of sizing systems for the mass customization of garments / M. Mpampa, P. Azariadis, N. Sapidis // International Journal of Clothing Science and Technology, 2010, 22(1), pp. 49-68.
134. Mu, S. CLO 3D-based virtual clothing design / S. Mu, W. Cao // Industrial Technology Innovation, 2015, 2(3), pp. 366-371.
135. Murthyguru, I. Novel approach to study compression properties in textiles / I. Murthyguru // AUTEX Research Journal, 2005, 5(4), pp. 176-193.
136. Nagayama, Y. Cardiovascular responses in wearing girdle-power spectral analysis of heart rate variability / Y. Nagayam, T. Nakamura // Journal-Japan research association for textile end uses, 1995, 36, pp. 68.
137. Nakahashi, M. An analysis of waist-nipper factors that affect subjective feeling and physiological response - for the design of comfortable women's foundation garments / M. Nakahashi, H. Morooka // Sen'i Gakkaishi, 2005, 61(1), pp. 6-12.
138. Nakahashi, M. An effect of a compressed region on a lower leg on the peripheral skin blood flow / M. Nakahashi // Journal of the Japan Research Association for textile end-uses, 1998, 39(6), pp. 64-69.
139. Nakazawa, Y. Human and clothing / Y. Nakazawa // Beijing: China Textile Publishing House, 2000. – 255p.

140. Shizue, O. Studies on the hygiene of underwear clothing / O. Shizue // *Japanese Journal of Hygiene*, 1968, 22(6), pp. 581-589.
141. Pallant, J. SPSS Survival manual, a step by step guide to data analysis using SPSS for windows: SPSS student version 11 for windows / J. Pallant // Open University Press, 2001. – 354p.
142. Pan, N. An alternative approach to the objective measurement of fabrics / N. Pan, Zeronian Haig, N. Pan, H.S. Ryu // *Textile Research Journal*, 1993, 63(1), 33-43.
143. Pengju, D. Men's underwear pattern design // Liaoning Science and Technology Publishing House, 2009. – 186p.
144. China national standard clothing type man: clothing type man // P.R. China General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, China Standard Press, 2009. – 38p.
145. Percoco, G. Digital close range photogrammetry for 3D body scanning for custom-made garments / G. Percoco // *Photogrammetric Record*, 2011, 26(133), pp. 73-90.
146. Peirce F.T. The Handle of cloth as a measurable quantity / F.T. Peirce // *Journal of the Textile Institute Transactions*, 1930(9), pp. 377-416
147. Petrova, A. Three-dimensional body scan data analysis: Body size and shape dependence of ease values for pants' fit / A. Petrova, S.P. Ashdown // *Clothing and Textiles Research Journal*, 2008, 26(3), pp 227-252.
148. Phau, I. A brief affair with underwear: Uniqueness and innovativeness in male underwear brand purchases / I. Phau, M. Teah, A. Lim, et al // *Journal of Global Fashion Marketing* 2015, 6(3), pp. 222–235.
149. Protopsaltou, D. A body and garment creation method for an internet based virtual fitting room / D. Protopsaltou, C. Luible, M Arevalo-Poizat, et al // *Advances in Modelling, Animation and Rendering*. Springer, London, 2002, pp. 105-122.
150. Qi, C. Analysis of comfort and movement function of riding pants / C. Qi, D. Yiying, W. Jianping, et al // *Knitting Industry*, 2017(4), pp. 56-59.
151. Qiming, W. Research on men's prototype theory and technology based on human body characteristics in Zhejiang province – Men's prototype structure design principle and technology / W. Qiming // *Journal of Donghua University (Natural Science Edition)*, 2003, 29(6), pp. 30-34.
152. Qingjuan, Z. Calvin Klein men's underwear not to take the unusual way / Z. Qingjuan // *Tianjin Textile Technology*, 2015, 2, pp. 45-48

153. Rahman, O. Evaluative criteria for sleepwear, a study of privately consumed product in the People's Republic of China / Y. Jiang, O. Rahman, L. Wingsun // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 2009, 2(3), pp. 81-90.
154. Ramgulam, R.B. 'Measurement of fabric roughness by a non-contact method / R.B. Ramgulam, J. Amirbayat, I. Porat // *Text Inst*, 1993, 84(1), pp. 99-106.
155. Razali, N. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests / N. Razali // *Journal of statistical modeling and analytics* 2011, 2(1), pp. 21-33.
156. Renbourn, E.T. The psychology of clothing with materials in mind / E.T. Renbourn // *Third Shirley International Seminar: Textiles for comfort New Century Hall, Manchester, Shirley Institute* 1971, – 496 p.
157. Ridel, H. Links between design, pattern development and fabric behaviours for cloths and technical textiles / H. RIDel, A. Schenk, C. Herzberg, et al. // *International Journal of Clothing Science & Technology*, 2001, 13(3-4), pp. 217-227.
158. Ronald, S.C. Men's underwear / S.C. Ronald // *US7676853 P.* 2010, 3, 1.
159. Russian standard 858-6166-2010 / Knitted underwear for military men.
160. Sabina, O. Applied 3D virtual try-on for bodies with atypical characteristics / O. Sabina, F. Emilia, A. Manuela, et al. // *Procedia Engineering*, 2015, 100, pp. 672-681.
161. Salleh, M.N. Pressure distribution model for pressure garments and its verification // *Modeling / M.N. Salleh, M. Acar, N.D. Burns // Simulation and Applied Optimization (ICMSAO), 2011 4th International Conference on IEEE*, 2011, pp. 1-6.
162. Sang, J.S. Structural effect of polyester SCY knitted fabric on fabric size, stretch properties, and clothing pressure / J.S. Sang, M.S. Lee, M.K. Park // *Fashion and Textiles*, 2015, 2(1), pp. 22.
163. Sang J.S. Knit structure and properties of high stretch compression garments / J.S. Sang, M.J. Park // *Textile Science and Engineering*, 2013, 50(6), pp. 359-365.
164. Sang, J.S. Physical properties of knitted fabrics on knitting structure for medical compression garments / J.S. Sang, M.J. Park // *The Research Journal of the Costume Culture*, 2011, 19(2), 334–345.
165. Sato, M. Effects of clothing pressure around the trunk on sweating in the face / M. Sato, R. Kuwabara // *The Fourth International Conference on Human-Environment System* 2011, pp. 125-130.
166. Shen, W. Application and development prospect of garment CAD technology / W. Shen // *Silk Technology*, 1999, 7 (3), pp. 23-26.

167. Shouli, R. Exploring the decision-making process of men's branded underwear consumers / R. Shouli // The University of North Carolina at Greensboro, 2007, pp. 43, 103.
168. Solomon, E.P. Study guide for introduction to human anatomy and physiology / E.P. Solomon, K. Solomon // WB Saunders Co, 2008. – 236 p.
169. Song, H.K. Categorization of lower body shapes for adult females based on multiple view analysis / H.K. Song, S.P. Ashdown // Textile Research Journal, 2011, 81(9), pp. 914-931.
170. Song, H.K. Development of automated custom-made pants driven by body shape / H.K. Song, S.P. Ashdown // Clothing and Textiles Research Journal, 2012, 30(4), pp. 315-329.
171. Song, HK. Categorization of lower body shapes for adult females based on multiple view analysis / H.K. Song, S.P. Ashdown // Textile Research Journal, 2011, 81(9), 914-931.
172. Song, X. The relationship between the pressure of knitwear and the comfort of human body / X. Song // Knitting Industry, 2007(4), pp. 33-37.
173. Song, G. Improving comfort in clothing / G. Song // Elsevier, 2011, pp. 250.
174. Staley, M.J. Use of pressure to treat hypertrophic burn scars / M.J. Staley, R.L. Richard // Advances in Skin & Wound Care, 1997, 10(3), pp. 44-46.
175. Steinskog, D.J. A cautionary note on the use of the Kolmogorov–Smirnov test for normality / D.J. Steinskog, D.B. Tjøstheim, N.G. Kvamstø // Monthly Weather Review 2007, 135(3), pp. 1151–1157.
176. Su, S. Pants of the base type cutting method and the new design / S, Sn, X. Jiang // Shanghai, Science and Technology Press, 1995, pp. 12-21, 115-117, 223-230.
177. Su, Z. On shaping design and structure improvement of men's underwear / Z. Su // Nanning Vocational and Technical College, 2013(1), pp. 24-26.
178. Sumiko Y. Clothes body style study / Y. Sumiko, H. Hikari // Tokyo: Otsuma Women's University, 1976, pp. 122-126.
179. Sun J.J. Body measurement based on 3-D scanning technology / J.J. Sun, J.B. Wang, Y. Guan // Journal of Tianjin Polytechnic University, 2012, 5, pp. 32-38.
180. Tamura T. A basic study for design functional sportswear: effect of clothing pressure on the human body / T. Tamura // Bunka women's University Journal, 2010, pp. 94-107.
181. Tanaka, D. Effect of the peripheral pressure at groin region immediately after the wear of girdle on the rate of blood flow in the skin at the bottom of feet and surface humidity on the skin / D. Tanaka, M. Yoshida, K. Hirata // Journal-Japan Research Association For Textile End Uses, 1999, 40, pp. 46-53.
182. Tao, J. Discussion on the change of body movement and the setting of garment structure relaxation / J. Tao // Jiangsu Textile, 2003, 7, pp.54-59

183. Tekscan. FlexiForce Sensors User Manual // Boston, 2009. – 12p.
184. Terzopoulos, D. Modeling inelastic deformation / D. Terzopoulos, K. Fleischer // *Acm Siggraph Computer Graphics*, 1988, 22(4), pp. 269-278.
185. Terzopoulos, D. Elastically deformable models / D. Terzopoulos, J. Platt, A. Barr, et al. // *Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques 1987*, pp. 205-214.
186. The clothing department of japan ergonomics research society. A new clothing and body // *Japan Publishing Bureau*, 1981, pp. 95-111.
187. Thode, H. Testing for normality / H. Thode // *CRC Press*, 2002, 164, pp. 143.
188. Tian, B. Youth college students' underwear version and its comfort study / B. Tian // *Xi'an University of Engineering*, 2015, 2, pp. 18.
189. Tian, H. Analysis of the current situation of male underwear market and design and development / H. Tian, S. Man, K. Li // *Shandong Textile Economy*, 2010(4), pp. 61-63.
190. Tian, H. A Study of the culture and influence of men's underwear in china and abroad / H. Tian // *Journal of Nanning Polytechnic*, 2011, 16(2), pp. 30-33.
191. Toshiyuki, T. Influence of the compression position and the strength on the wearing comfort of high socks / T. Toshiyuki // *Research Report of Nara Prefecture Industry Promotion Center*, 2013, 39, pp. 14.
192. Tu, H. Study on the influence of ancient male underwear on modern underwear design / H. Tu // *Liaoning Silk*, 2010(4), pp. 3-5.
193. Turquin, E. A sketch-based interface for clothing virtual characters / E. Turquin, J. Wither, L. Boissieux, et al // *IEEE Computer Graphics & Applications*, 2007, 27(1), pp. 72-81.
194. Vassilev, T.I. Efficient cloth model for dressing animated virtual people / T.I. Vassilev, B. Spanlang // *Learning to Behave Workshop*, 2000, pp. 90-100.
195. Volino, P. Versatile and efficient techniques for simulating cloth and other deformable objects / P. Volino, M. Courchesne, N. Magnenat-Thalmann // *Annual Conference Series*, 2000, pp. 137-144.
196. Vuruskan, A. Fit analyses of bicycle clothing in active body poses / A. Vuruskan, S.P. Ashdown // *International Textile and Apparel Association*, 2016, 1-2.
197. Wang, C.C.L. Pattern computation for compression garment by a physical geometric approach / C.C.L. Wang, K. Tang // *Computer-Aided Design*, 2010, 42(2), pp. 78-86.
198. Wang, C.C.L. Feature based 3D garment design through 2D sketches / C.C.L. Wang, Y. Wang, M.M.F. Yuen // *Computer-Aided Design*, 2003, 35(7), pp. 659-672.
199. Wang, C. Men's panties structure parameterization model and the establishment of information database / C. Wang // *Donghua University*, 2012. – 97p.

200. Wang, C.F. Application of transfer split line to solve the problem of boxer crotch fall // *China Clothes*, 2005, 5, pp. 72-73.
201. Wang, G. Comparison between low stress mechanical properties of kes and fast systems / G. Wang // *Journal of Textile Science*, 2002(6), pp. 30-31.
202. Wang, H.B. Design of intelligent 3D virtual clothing model simulation system / H.B. Wang, X. Huang, G.P. Zeng, et al. // *Application Research of Computers*, 2009, 26(4), pp. 1405-1408.
203. Wang, J. Study on small sample of female underwear pressure comfort / J. Wang // *Beijing Institute of Clothing*, 2005, 3, pp. 36-57.
204. Wang, L. Study on the relationship between the tensile properties of elastic knitted fabric and garment pressure / L. Wang // *Beijing Institute of Clothing Technology*, 2013, 2, pp. 12-19.
205. Wang, Q. The present situation and prospect of the impact of clothing pressure on human body / Q. Wang // *Journal of Textile Research*, 2009(30), pp. 139-144.
206. Wang, W. Study on Structure of Professional Women's Body Pants in Shanghai / W. Wang // *Donghua University*, 2007. – 89 p.
207. Wang, X. Unity 3D fitting room technology-based design and implementation of / X. Wang // *Beijing University of Technology*, 2014, pp. 53-61.
208. Wang, Y. Study of skin stretching based on running sports status / Y. Wang, J. Wang, Y. Zhang // *Journal of Textile Research*, 2013, 34(8), pp. 115-119.
209. Wang, Z. Application of eon studio to 3d clothing exhibition / Z. Wang, H. Zhang // *Journal of Beijing Institute of Clothing Technology*, 2006, 2, pp. 7.
210. Wang, Z. Research on the variation of transverse crotch structure design of adult women's pants / Z. Wang // *Journal of Tianjin Polytechnic University*, 2011, 30(1), pp. 39-42.
211. Watanuki, S. Improvements on a design of girdle by using cardiac output and pressure sensation // *The Annals of physiological anthropology*, 1994, 13(4), pp. 157-165.
212. Wei, O. Clothing CAD / O. Wei, C. Hongyan // *China Light Industry*, 2001. – 209 p.
213. Wen, X. Underwear electric business compound annual growth rate of 17 to 25% / X. Wen // *Textile and clothing Weekly*, 2016, 24, pp. 50-50.
214. William, B. Men's underwear brief / B. William // U.S. Patent 5461729, 1995-10-31.
215. William, T.K. Underwear garment for a male / T.K. William // U.S. Patent 7958571P, 2011-6-14.
216. Winifred, A. Metric pattern cutting for menswear / A. Winifred // *West Sussex, Wiley Publishing House*, 2009, – 198 p.

217. Wioletta, S. Analysis of body measurements using a 3D contactless scanning method / S. Wioletta, L. Napieralska // Autex Research Journal, 2010(10), pp. 77-79.
218. Wu, T. On dynamic measurement of female's lower limb based on running actions / T. Wu, J. Wang, Y. Wang // Journal of Zhejiang Textile Institute of Garment Technology, 2013, 12 (4), pp. 45-49.
219. Wu, Y. Study on compatibility between elastic and skin deformation rate of running skinny pants / Y. Wu // Donghua University, 2014, –124 p.
220. Xiao, H. Mechanical properties of uniforms fabric under low load on the formability of the garment / H. Xiao, L. Liu, M. Shi // Wool spinning technology, 2012(1), pp. 1-6.
221. Xiao, P. The effect of lower body motion on men 's underwear design / P. Xiao, Z. Yang, W. Zhang // China Cup-An International Underwear Proceedings, 2004, 1-6.
222. Xu, J. Research and development of virtual 3D clothing / J. Xu // Shanghai Textile Science and Technology, 2002, 30(3), pp. 56-58.
223. Xu, M. Pantyhose comfort study / M. Xu // Donghua University, 2011, 12, pp. 32-35.
224. Xue, F. Analysis of structural design and optimization the damage reason of crotch bottom / F. Xue // Shanghai Textile Science and Technology, 2008, 36(8), pp. 37-39.
225. Yang, N. Physical fitness shorts plate type research and structural optimization / N. Yang // Donghua University, 2007.
226. Yang, P. Study on static and dynamic pressure analysis of tight-fitting underwear / P. Yang, S. Ren // Advances in Textile Science and Technology, 2012(6), pp.46-49.
227. Yao, Y. Study on the elastic properties of knitted fabrics and clothing pressure / Y. Yao // Donghua University, 2010, pp. 20-26.
228. Yildiz, N. A novel technique to determine pressure in pressure garments for hypertrophic burn scars and comfort properties / N. Yildiz // Burns, 2007, 33(1), pp. 59-64.
229. Yin, J. Principle and example of underwear pattern design / J. Yin, J. Chang // Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2007. – 225 p.
230. Yin, J. Underwear design principles and techniques / J. Yin, J. Chang // Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2005. – 294 p.
231. Yin, J. Design of underwear structure design / J. Yin // Beijing, China Textile Publishing House, 2006. – 138 p.
232. Ying, K. Kinect motion capture of 3D virtual fitting / K. Ying // South China University of Technology, 2012. – 6 p.

233. Yokoi R. Effects of clothing pressure in wearing girdles on physiological functions / R. Yokoi, M. Yosida, et al. // Journal-Japan Research Association For Textile End Uses, 2006, 47(9), pp. 51.
234. Yoshio, A. Shin and exhibition presentation of new clothing materials / A. Yoshio // Fiber Society, 1983, pp. 27.
235. Yoshio, A. Lingerie clothing overseas textile technology / A. Yoshio, M. Makoto // 1983(14), pp. 38-42.
236. Yu, S. Women's seamless underwear pressure comfort and its size optimization / S. Yu // Zhejiang University of Technology, 2008, 12, pp.39-45.
237. Yuan, F. Relationship between upper extremity movement and garment structure / F Yuan, G. Yuan, C. Wang // Journal of Textile Research, 2006, 27(7), pp. 40-43.
238. Yue, W. Effect of clothing pressure on human body and its testing method / W. Yue, G. Wang // Journal of Xi'an Engineering University, 2012, 26(4), pp. 452-456.
239. Yue, W. The research on the relationship between clothing pressure and elongation performance of knitted fabrics for tights / W. Yue // Donghua University, 2012, 1, pp.12.
240. Zhang, C. The relationship between anthropometric value and clothing pattern / C. Zhang // Textile Standards and Quality, 2008(2), pp. 8-11.
241. Zhou, Y. Research on the thermal and moisture comfort of men's underwear with different fabrics / Z. Yongkai, H. Chunyan, Z. Hua. // Tianjin Textile Technology, 2013(1), pp. 40-43.
242. Zhang, R. Soccer work ergonomics research / R. Zhang // Technology and Enterprise, 2014, 2, pp. 195.
243. Zhang, T. Research on the crotch type of male underwear / T. Zhang, T. Ren // Advances in Textile Science and Technology, 2009(4), pp. 70-72.
244. Zhang, T. Crotch-type research on male knitted panties / T. Zhang, T. Ren // Advances in Textile Science, 2009(4), pp. 70-72.
245. Zhang, W. Clothing comfort and function / W. Zhang // Beijing, China Textile Press, 2011. – 230 p.
246. Zhang, W. Clothing Ergonomics / W. Zhang, F. Fang // Clothing Ergonomics Shanghai: Donghua University Press, 2008. – 306 p.
247. Zhang, W. Garment technology (structural design) / W. Zhang // Beijing: China Textile Publishing House, 1997. – 160 p.
248. Zhang, X. Design of men's underwear from the development trend / X. Zhang // Science and Technology Consulting Herald, 2012, 18, pp. 231-231.

249. Zhang, X. The development trend of men's underwear design / X. Zhang // Technology innovation guide, 2012(18), pp. 231-231.
250. Zhang, Y. Structural design of pants crotch / Y. Zhang // Journal of Henan Institute of Engineering (Natural Science Edition), 2010, 22 (3), pp. 9-12.
251. Zhang, Y. Research on the garment measurements for mtm journal of zhejiang university of technology / Y. Zhang, F. Zou // 2003, 20 (4), pp. 310-314.
252. Zhang, Y. Application Research of TC2. Non-contact Three-dimensional Measurement System / Y. Zhang, J. Li // Journal of Donghua University (Natural Science Edition), 2004, 30(3), pp. 93-96.
253. Zhang, Z. Study on the prototype of jeans based on the body characteristics of mid-west male college students / Z. Zhang // Xi'an Engineering University, 2009. – 104 p.
254. Zhang, Z. Analysis on underwear consumption of male undergraduates in shandong / Z. Zhang // Knitting Industry, 2011 (6): 55-58.
255. Zhao, L. Study on the relationship between fabric design and fabric structure of men's pants based on skin tension / L. Zhao, D. Chen, J. Wang // Journal of Wuhan Textile University, 2016, 29 (4), pp. 3-7.
256. Zhi, X. Research on the dynamic change of men's lower body and the structure of body-pants / X. Zhi // Donghua University, 2005. – 124 p.
257. Zhixi, Z. The role of sagittal anatomical parameters in the treatment of hip arthroplasty / Z. Zhixi, G. Minghui, L. Weiming // Chinese Journal of Medicine, 2013, 93 (15), pp. 1190-1191.
258. Zhou, J. Research on the design of fashion design and adaptability of human body / J. Zhou // Thesis Northwest Textile Institute, 2001, 5, pp. 24-30.
259. Zhou, J. KES fabric style instrument test indicators analysis and application of modern textile technology / J. Zhou, S. Chen // 2005(6), pp. 37-40.
260. Zhou, S. Pants crotch structure pattern design parameters / S. Zhou, S. Ying, Y. Yawen, et al // Shanghai Textile Science and Technology, 2011, 39(10), pp. 38-39.
261. Zhu, G. Study on the comfort of women's pants structure // Journal of China Textile University, 1996, 22 (6), pp 57-63.
262. Zhu, G. Research status of computer-aided human body measurement technology (CAT) / G. Zhu // International Textile Review, 2006, 34 (4), pp.72-74.
263. Zhuang, L. Discussion on the split structure and morphology of male underwear / L. Zhuang // Journal of Textile Research, 2013, 34 (9), pp. 113-119.

264. Zhuang, L. The basic pattern of knitted underwear / L. Zhuang // Jiangnan University, 2009, pp. 3-4.
265. Zhuang, Q. Research on the structure design of pants crotch based on the difference of female hips shape / Q. Zhuang // Hunan Normal University, 2016. – 75 p.
266. Ziqi, Q. Domestic men's brand underwear market analysis / Q. Ziqi // China Fiber Inspection, 2007 (10), pp. 54-55.
267. Zimin, J. A Study on the dynamic pressure comfort of tight seamless sportswear / J. Zimin, Y. Yuxiu, L. Xiaojun // Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, 2008(3), pp. 217-224.
268. Ziqi, Q. Analysis of the current situation of domestic men's underwear market. China Fiber Inspection / Q. Ziqi / Analysis of the current situation of domestic men's underwear market, 2007(10), pp. 54-55.
269. Zou, P. Plastic flat structure mapping principle and technology / P. Zou, X. Wu, J. Pu // Shanghai: Donghua University press, 2010, pp. 103-125.
270. Zou, P. Structure of suitable trousers: Parameter adjustment and design law / P. Zou // Journal of Liaodong University (Natural Science), 2006, 13(1), pp. 37-41.
271. Мужское белье и мужская пижама-техника кроя. // Ателье, 2011, 7, с. 34-40.
272. Тисленко, И.В. Разработка метода проектирования компрессионной трикотажной одежды: 05.19.04; защита 03.03.2018; науч. рук. В.Е.Кузьмичев. - Иваново, Ивановск. гос. политех. ун-т, 2018. - 204 с. - Библиогр.: с. 156-169.
273. Чэн, Ч. Художественно-конструктивная база данных для проектирования мужского нижнего белья (часть 1) / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // Швейная промышленность, 2013, № 6. с. 26-29.
274. Чэн, Ч. Изучение предпочтений потребителей мужского белья / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // Информационная среда вуза: материалы XXII международной науч.-техн. конф. 23-25 ноября 2016. ИВГПУ, Иваново, с. 192-195.
275. Cheng, Z. Discussion and research on the crotch width of pants (Обсуждение и исследование структуры ширины промежности брюк) / Z. Cheng, Y. Li // Melliandchina, 2013, 41(9), pp. 70-72.
276. Kuzmichev, V. Men underwear design – main problems and solutions (Проектирование мужского белья – основные проблемы и решения) / В.Е. Кузьмичев, Ч. Чэн // 45th International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE45) 2015, 4(1), pp. 256-263.

277. Чэн, Ч. Разработка антропометрической программы для проектирования мужского белья / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // Новое в технике и технологии текстильной и легкой пром-сти: материалы межд. науч.-техн.конф, Витебск, ВГТУ, 2015, с. 164-165

278. Cheng, Z. Analysis of the static body shape and underwear style of male lower body (Анализ мужской структуры нижнего торса и нижнего белья) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Journal of Wuhan Textile University, 2015, 28(3), pp. 49-52.

279. Kuzmichev, V. New data bases for men's underwear design (Новая база данных для проектирования мужского белья) / V. Kuzmichev, Z. Cheng // Book of abstracts: 16th AUTECH World Textile Conference, 2016, с. 46 (0,06 п.л./0,03 п.л.) .

280. Cheng, Z. Classification of male lower torso for underwear design (Новая классификация подкорпусной части мужских фигур) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2017, (254)17, pp. 172007.

281. Cheng, Z. Research of male lower torso for improving underwear design (Исследование подкорпусной части мужских фигур для улучшения проектирования белья) // Z.Cheng, V.E.Kuzmichev // Textile Research Journal, 2018, pp. 1-19.

282. Cheng, Z. Analysis of pressure distribution in system "body- men's underwear" (Исследование распределения давления в системе "мужская фигура - белье") / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // 14th AUTECH World Textile Conference. Book of abstracts, Bursa, Turkey, 2014, p. 45. (0,06 п.л. / 0,03 п.л.)

283. Чэн, Ч. Разработка методики выбора трикотажных материалов для мужского компрессионного белья (часть 2) / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // Швейная промышленность, 2014, 4, с.27-31.

284. Cheng, Z. Evaluation and analysis of pressure and tensile properties of men's knitted underwear fabrics (Анализ свойств давления и растяжения мужских трикотажных нижних белья) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Journal of Wuhan Textile University, 2014, 27(6), pp. 32-35.

285. Cheng, Z. Pressure analysis of men's underwear (Давление под давлением для мужчин) / Z. Cheng, Y. Li // Journal of Zhejiang Textile and Apparel Technology College, 2014, 13(1), pp. 42-45.

286. Cheng, Z. Testing and analysis of men's underwear fabric characteristics (Испытание и анализ свойств тканей мужского белья) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Modern Textile Technology, 2014, 6, pp. 72-74.

287. Cheng, Z. KES testing and evaluation of men's underwear knit fabrics currently used in the market (Исследования по отношению и прогнозированию свойств ткани на основе КЭС) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // *Advanced textile technology*, 2015(2), pp. 11-16.

288. Кузьмичев, В.Е. Исследование компрессионной способности трикотажных материалов / В.Е. Кузьмичев, И.В. Тисленко, Ч. Чэн, Д.С. Адольф // *Вестник технологического университета*, 2015, (18)20, с. 179-181.

289. Cheng, Z. Development of male underwear compression designing (Совершенствование процесса проектирования мужского компрессионного белья) / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев, Д. Адольф // *Book of abstracts: 15th Autex World Textile Conference*, Bucharest, Romania, 2015, p. 100 (0,06 п.л. / 0,03 п.л.)

290. Чжэ, Ч. Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под одеждой свободной формы / Ч. Чжэ, М. Го, В.Е. Кузьмичев, И.В. Тисленко // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2016, № 2, с. 165-172.

291. Чжэ, Ч. Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под плотнооблегающей одеждой / Ч. Чжэ, М. Го, В. Е. Кузьмичев, И.В. Тисленко. // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2016, № 4, с.91-95.

292. Чэн, Ч. Методика оценки компрессионной способности материалов для корректирующей одежды / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // *Всероссийской научной студенческой конференции. МГУДТ. Москва*, 2016, с. 5-6.

293. Cheng, Z. Prediction of pressure and looseness of underwear knitted fabrics (Прогнозирование давления и конструктивного увеличения значение для трикотажного нижнего белья материал) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // *Knitting Industry*, 2016(3), pp. 62-64.

294. Kuzmichev, V. Men's underwear knitted material properties test and analysis (Исследование трикотажных материалов для мужского белья) / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев, D.C. Adolphe // *2016 International Conference on Advanced Materials Science and Technology AMST*, 2016, pp. 134-138.

295. Cheng, Z. Development of knitted materials selection for compression underwear (Совершенствование выбора трикотажных материалов для компрессионного белья) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev, D.C. Adolph // *Autex Research Journal*, 2017, (17)2, pp. 177-187.

296. Чэн, Ч. Разработка методики проектирования нижнего белья / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // *Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС*

2015): сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции. МГУДТ. Москва, 2015, с.79-82.

297. Чэн, Ч. Методика конструирования мужского компрессионного белья (часть 3) / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // Швейная промышленность, 2015, № 1-2. с.45-49.

298. Cheng, Z. Analysis of the design of men's underwear based on 3D anthropometric techniques (Технология 3D-сканирования тела для дизайна мужского белья) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Journal of Jiangsu Engineering Vocational and Technical College, 2016, 16(2), pp. 8-10.

299. Кузьмичев, В.Е. Improving men's underwear design by 3D body scanning technology (Совершенствование процесса проектирования мужского белья с использованием технологий 3D-сканирования) / В.Е. Кузьмичев, Ч. Чэн // Proceedings of the 7th International conference on 3D Body scanning technologies. Lugano, 2016, pp. 16-20.

300. Cheng, Z. Research on new prototype design method for men's underwear (Исследование и исследование метода изготовления трикотажного облока нижнего белья для мужчин) / Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // Knitting Industry, 2016 (7): pp. 65-68.

301. Чжэ, Ч. Усовершенствованная технология проектирования мужского белья / Ч. Чжэ, В.Е. Кузьмичев // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. Иваново, ИВГПУ, 2017, с.154-159.

302. Чэн, Ч. Современные решения для конструирования многофункционального мужского белья / Ч. Чэн, В.Е. Кузьмичев // «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года). Том 1.–М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017, с.143-147.

303. Cheng, Z. Digital twin and men's underwear design (Дизайн цифрового двойника и мужского нижнего белья) // Z. Cheng, V. E. Kuzmichev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 459(1), p. 012075.

304. Cheng, Z. Development and optimization of men's underwear design based on 3D technology (Разработка и оптимизация дизайна мужского белья на основе 3D-технологий) // Z. Cheng, V.E. Kuzmichev // DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, 2018, p. 26591.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Результаты аналитических обзоров, экспертных оценок и статистических обработок для главы 2

Таблица I.1 – Результаты статистической обработки мнений экспертов относительно 12 переменных (KMO and Bartlett's Test and Total Variance Explained)

| <i>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.</i> | | | | | | 0.89 | | |
|---|----------------------------|--------------------|----------------------|--|--------------------|---------------------------|--|--------|
| <i>Bartlett's Test of Sphericity</i> | | | | | | <i>Approx. Chi-Square</i> | | 900.59 |
| | | | | | | <i>df</i> | | 66 |
| | | | | | | <i>Sig.</i> | | 0.00 |
| <i>No.</i> | <i>Initial Eigenvalues</i> | | | <i>Extraction Sums of Squared Loadings</i> | | | | |
| | <i>Total</i> | <i>Вариация, %</i> | <i>Cumulative, %</i> | <i>Total</i> | <i>Вариация, %</i> | <i>Cumulative, %</i> | | |
| X_1 | 5.08 | 42.29 | 42.29 | 5.08 | 42.29 | 42.29 | | |
| X_2 | 1.32 | 10.99 | 53.28 | 1.32 | 10.99 | 53.28 | | |
| X_3 | 1.02 | 8.47 | 61.75 | 1.02 | 8.47 | 61.75 | | |
| X_4 | 0.76 | 6.31 | 68.05 | 0.76 | 6.31 | 68.05 | | |
| X_5 | 0.67 | 5.61 | 73.67 | 0.67 | 5.61 | 73.67 | | |
| X_6 | 0.59 | 4.87 | 78.54 | 0.59 | 4.87 | 78.54 | | |
| X_7 | 0.57 | 4.71 | 83.24 | 0.57 | 4.71 | 83.24 | | |
| X_8 | 0.51 | 4.27 | 87.51 | Extraction Method: Principal Component Analysis. | | | | |
| X_9 | 0.46 | 3.81 | 91.32 | | | | | |
| X_{10} | 0.42 | 3.46 | 94.78 | | | | | |
| X_{11} | 0.36 | 3.03 | 97.81 | | | | | |
| X_{12} | 0.26 | 2.19 | 100.00 | | | | | |

Таблица I.2– Корреляционная матрица^a

| <i>No.</i> | Факторы, скомпонованные из переменных $X_1...X_{12}$ | | | | | | |
|------------|--|------------------------|---------------------|------------------------|-------------|-------------|----------------|
| | 1 (X_5, X_1, X_4) | 2 (X_{12} и X_2) | 3 (X_8 и X_9) | 4 (X_{11} и X_3) | 5 (X_6) | 6 (X_7) | 7 (X_{10}) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| X_1 | 0.84 | 0.14 | 0.13 | 0.26 | 0.09 | 0.05 | 0.07 |
| X_2 | 0.31 | 0.79 | 0.08 | 0.01 | 0.19 | 0.16 | 0.07 |
| X_3 | 0.43 | 0.08 | 0.28 | 0.58 | 0.26 | -0.07 | 0.17 |
| X_4 | 0.59 | 0.13 | 0.13 | 0.18 | 0.36 | 0.31 | 0.20 |
| X_5 | 0.87 | 0.14 | 0.09 | 0.12 | 0.11 | 0.05 | 0.17 |
| X_6 | 0.22 | 0.08 | 0.18 | 0.19 | 0.90 | 0.02 | 0.09 |
| X_7 | 0.11 | 0.22 | 0.23 | 0.09 | 0.02 | 0.91 | 0.03 |
| X_8 | 0.09 | 0.07 | 0.91 | 0.01 | 0.14 | 0.13 | 0.06 |
| X_9 | 0.22 | 0.24 | 0.67 | 0.32 | 0.09 | 0.20 | 0.15 |
| X_{10} | 0.25 | 0.12 | 0.14 | 0.20 | 0.11 | 0.04 | 0.92 |
| X_{11} | 0.24 | 0.22 | 0.07 | 0.83 | 0.14 | 0.16 | 0.16 |
| X_{12} | 0.03 | 0.84 | 0.14 | 0.24 | -0.05 | 0.11 | 0.07 |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 6 iterations.

Таблица I.3 – Предпочтения потребителей относительно типов и формы белья, %

| Типы белья | Возрастные группы | | | | Всего |
|------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Моложе 25 | 25...35 | 35...55 | Старше 55 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Briefs | 18.5 | 20.7 | 18.4 | 30.4 | 16.7 |
| Trunks | 21.4 | 26.4 | 23.0 | 16.1 | 28.1 |
| Boxers | 19.4 | 20.2 | 19.5 | 17.9 | 17.5 |
| Boxers (loose-fitting) | 21.0 | 24.4 | 24.1 | 23.2 | 18.7 |
| Jockstraps | 14.5 | 7.3 | 9.2 | 14.3 | 5.2 |
| Bikinis | 11.7 | 10.3 | 13.8 | 8.9 | 3.3 |
| Thongs | 14.9 | 17.1 | 14.9 | 5.4 | 10.4 |
| Very close-fitting | 12.6 | 19.8 | 5.3 | 16.1 | 26.7 |
| Close-fitting | 33.3 | 36.7 | 26.3 | 11.3 | 38.5 |
| Regular | 32.2 | 25.1 | 34.6 | 24.2 | 24.6 |
| Loose-fitting | 21.8 | 18.4 | 33.8 | 48.4 | 11.1 |

Таблица I.4 – Сравнение предпочтений и собственного гардероба, %

| Типы белья | Китайцы | | Французы | | Русские | | Бангладешцы | |
|----------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|-------------|------------------|
| | Нравится | Есть в гардеробе | Нравится | Есть в гардеробе | Нравится | Есть в гардеробе | Нравится | Есть в гардеробе |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Briefs | 15.8 | 20.1 | 8.1 | 24.7 | 5.7 | 20.3 | 16.7 | 18.2 |
| Trunks | 25.3 | 22.2 | 5.4 | 16.0 | 71.4 | 37.5 | 50.0 | 27.3 |
| Boxers tightly | 12.4 | 17.6 | 78.4 | 29.2 | 11.4 | 12.5 | 16.7 | 18.2 |
| Boxers loosely | 17.9 | 13.5 | 6.8 | 12.8 | 8.6 | 18.8 | 0.0 | 9.1 |
| Bikinis | 3.2 | 4.4 | 0.0 | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Jockstraps | 5.0 | 5.5 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.2 |
| Thongs | 10.3 | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Others | 7.0 | - | 0.0 | - | 0.0 | - | 0.0 | - |
| Do not wear | 3.0 | - | 0.0 | - | 2.9 | - | 16.7 | - |
| Swimwear | - | 8.7 | - | 15.1 | - | 10.9 | - | 9.1 |

Таблица I.5 – Перекрестная табуляция предпочтений китайских респондентов (Boxer-briefs/Boxer-shorts), %

| Возрастная группа | Предпочтение | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | Очень не нравится | Не нравится | Нормально | Нравится | Очень нравится |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Подростки | <u>20.0</u> | <u>0.0</u> | <u>0.0</u> | <u>60.0</u> | <u>20.0</u> |
| | 20.0 | 40.0 | 20.0 | 20.0 | 0.0 |
| 20...25 | <u>1.6</u> | <u>14.5</u> | <u>25.8</u> | <u>50.0</u> | <u>8.1</u> |
| | 1.6 | 6.5 | 32.3 | 43.5 | 16.1 |
| 26...35 | <u>0.0</u> | <u>12.1</u> | <u>27.6</u> | <u>50.0</u> | <u>10.3</u> |
| | 6.9 | 10.3 | 29.3 | 43.1 | 10.3 |
| 36...55 | <u>0.0</u> | <u>5.3</u> | <u>29.3</u> | <u>53.3</u> | <u>12.0</u> |
| | 1.3 | 6.7 | 41.3 | 37.3 | 13.3 |
| >55 | <u>0.0</u> | <u>0.0</u> | <u>0.0</u> | <u>75.0</u> | <u>25.0</u> |
| | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 50.0 | 25.0 |
| Итого | <u>1.0</u> | <u>1.0</u> | <u>9.8</u> | <u>26.5</u> | <u>52.0</u> |
| | 3.4 | 3.4 | 8.8 | 33.8 | 40.7 |

Таблица I.6 - Предпочтения потребителей относительно объемности и структуры белья, %

| Особенности | Китайцы | Французы | Русские | Бангладешцы |
|----------------|---------|----------|---------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Очень плотное | 31.3 | 8.1 | 0.0 | 0.0 |
| Плотное | 34.5 | 52.7 | 56.7 | 60.0 |
| Обычное | 21.5 | 35.1 | 43.3 | 20.0 |
| Свободное | 12.8 | 4.1 | 0.0 | 20.0 |
| Бесшовное | 27.9 | 12.2 | 26.7 | 20.0 |
| Несколько швов | 38.3 | 20.3 | 36.7 | 80.0 |
| Многошовное | 16.2 | 0.0 | 3.3 | 0.0 |
| Не определены | 17.7 | 67.6 | 33.3 | 0.0 |

Таблица I.7 – Результаты исследования давления другими учеными

| No. | Диапазон давления на разных частях тела, кПа | | Приемлемое давление, кПа | Исследователь |
|-----|--|----------------------------|--------------------------|---------------|
| | 2 | 3 | | |
| 1 | Торс | 1,19...3,19 | 2,68 | M.J. Denton |
| 2 | Торс | 1,99...4,39 | - | H.P. Giele |
| 3 | Талия | 3,18...6,37 | - | O. Shizue |
| 4 | Талия, бедро | 4,00...5,33 | 2,46 (Waist) | H. Makabe |
| 5 | Талия, бедра, бедро | 0,80...1,30 | - | N. Ito |
| 6 | Торс | 1,99...3,33 | - | D. Tanaka |
| 7 | Бедра, бедро, икра | 2,40...3,09 | 1,08 | T. Tamura |
| 8 | Торс, бицепс | - | 2,26 | T. Kobayashi |
| 9 | Грудь, талия, бедра | 4,95...4,98 | - | M. Sato |
| 10 | Икры | 2,10...3,70 | Менее4,50 | T. Toshiyuki |
| 11 | Талия, бедро, колено | 1,73...5,93 1,65...3,93 | 2,22...3,00 | L. Mingxia |
| 12 | Торс | 0,32...1,46 | - | J. Ziming |
| 13 | Ноги | 0,04...0,17 | - | X. Meiling |
| 14 | Ноги | 0,40...2,50 | - | Y. Pei |
| 15 | Живот, бедра | 0,72...1,27 | 0,72...1,75 | L. Yaping |
| 16 | Живот | 0,88...1,07 | - | L. lulu |
| 17 | Живот, бедра, бедро, икра | 0,96...1,84 | - | L. Yao |
| 18 | Талия, бедра, бедро | 2,30...3,89 | 3,89 | G. Lei |
| 19 | Талия, бедра, пах, ноги | 2,00...3,70 | - | J. Erfan |
| 20 | Торс | 0,29 ... 1,49 | - | J. Zhennan |
| 21 | Руки | - | 2,29...3,41 | Z. Lin |
| 22 | Бедра, бедро | 0,40...1,29 | - | L. Huashan |
| 23 | Грудь, талия, бедра, плечевой пояс | 0,28...1,21 | - | G. Mengna |
| 24 | Под грудью, талия, бедра, бедро, колена | 1,10...3,55 | - | И.Тисленко |

Приложение II

Результаты статистического и графоаналитического анализа мужских фигур

Таблица II.1 Коэффициент корреляции между новыми первичными и дополнительными измерениями и традиционными размерными признаками

| Дополнительное измерение | Коэффициент корреляции r / sig. | | | | | | | | | | Количество значимых коэффициентов корреляции |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|
| | Традиционные измерения | | | Первичные измерения | | | | | | | |
| | W_G | H_G | CL | WB_D | HB_D | GF_D | $Abd.D$ | $\Delta(W_H - H_H)$ | H_{SL} | T_{SL} | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ΔGW | <u>0.05</u> 0.67 | <u>0.11</u> 0.28 | <u>0.09</u> 0.39 | <u>0.08</u> 0.46 | <u>0.15</u> 0.14 | <u>0.30</u> 0.00 | <u>-0.06</u> 0.55 | <u>0.13</u> 0.23 | <u>-0.03</u> 0.51 | <u>0.24</u> 0.88 | <u>0</u> 0 |
| ΔWH | <u>0.07</u> 0.51 | <u>0.08</u> 0.48 | <u>-0.1</u> 0.19 | <u>0.50</u> 0.00 | <u>-0.4</u> 0.00 | <u>-0.24</u> 0.02 | <u>-0.22</u> 0.03 | <u>-0.21</u> 0.05 | <u>-0.12</u> 0.49 | <u>-0.26</u> 0.11 | <u>2</u> 2 |
| $\Delta(H_G - W_G)$ | <u>-0.2</u> 0.01 | <u>-0.0</u> 0.89 | <u>0.03</u> 0.81 | <u>0.26</u> 0.01 | <u>0.26</u> 0.01 | <u>0.16</u> 0.13 | <u>0.13</u> 0.22 | <u>0.24</u> 0.01 | <u>0.16</u> 0.03 | <u>-0.02</u> 0.38 | <u>0</u> 0 |
| ΔF | <u>0.09</u> 0.41 | <u>0.17</u> 0.09 | <u>0.57</u> 0.00 | <u>-0.13</u> 0.20 | <u>0.13</u> 0.74 | <u>0.42</u> 0.00 | <u>0.36</u> 0.00 | <u>-0.03</u> 0.78 | <u>-0.22</u> 0.22 | <u>-0.43</u> 0.01 | <u>4</u> 3 |
| ΔB | <u>0.23</u> 0.09 | <u>0.24</u> 0.17 | <u>0.52</u> 0.00 | <u>0.13</u> 0.01 | <u>0.37</u> 0.00 | <u>0.40</u> 0.00 | <u>0.36</u> 0.00 | <u>-0.11</u> 0.28 | <u>0.19</u> 0.28 | <u>-0.20</u> 0.26 | <u>4</u> 4 |
| BR | <u>0.32</u> 0.00 | <u>0.49</u> 0.00 | <u>0.22</u> 0.00 | <u>0.14</u> 0.23 | <u>0.29</u> 0.22 | <u>0.28</u> 0.00 | <u>0.25</u> 0.00 | <u>0.34</u> 0.00 | <u>0.29</u> 0.34 | <u>0.14</u> 0.15 | <u>2</u> 6 |
| $Nav.H$ | <u>-0.0</u> 0.59 | <u>0.16</u> 0.09 | <u>0.41</u> 0.00 | <u>0.22</u> 0.21 | <u>0.36</u> 0.00 | <u>0.14</u> 0.00 | <u>0.13</u> 0.00 | <u>0.40</u> 0.00 | <u>0.19</u> 0.29 | <u>0.32</u> 0.07 | <u>3</u> 5 |
| GF_H | <u>-0.0</u> 0.52 | <u>0.12</u> 0.37 | <u>0.22</u> 0.08 | <u>0.14</u> 0.27 | <u>0.29</u> 0.02 | <u>0.28</u> 0.03 | <u>0.25</u> 0.05 | <u>0.34</u> 0.01 | <u>-0.07</u> 0.00 | <u>0.16</u> 0.10 | <u>1</u> 1 |
| Cr_H | <u>-0.0</u> 0.59 | <u>0.16</u> 0.09 | <u>0.20</u> 0.56 | <u>-0.16</u> 0.04 | <u>-0.0</u> 0.00 | <u>0.19</u> 0.18 | <u>0.15</u> 0.23 | <u>-0.13</u> 0.00 | <u>-0.03</u> 0.12 | <u>0.51</u> 0.04 | <u>0</u> 2 |
| h_G | <u>0.03</u> 0.84 | <u>0.16</u> 0.23 | <u>0.57</u> 0.05 | <u>-0.14</u> 0.17 | <u>-0.0</u> 0.10 | <u>0.46</u> 0.01 | <u>0.47</u> 0.03 | <u>-0.03</u> 0.17 | <u>-0.46</u> 0.07 | <u>0.25</u> 0.69 | <u>4</u> 0 |
| h_H | <u>0.29</u> 0.00 | <u>0.21</u> 0.02 | <u>0.52</u> 0.04 | <u>-0.27</u> 0.14 | <u>-0.4</u> 0.73 | <u>0.39</u> 0.07 | <u>0.42</u> 0.15 | <u>-0.11</u> 0.17 | <u>-0.20</u> 0.07 | <u>-0.21</u> 0.86 | <u>4</u> 1 |
| CL_F | <u>0.06</u> 0.57 | <u>0.20</u> 0.05 | <u>0.94</u> 0.00 | <u>-0.08</u> 0.44 | <u>0.12</u> 0.25 | <u>0.65</u> 0.00 | <u>0.64</u> 0.00 | <u>0.31</u> 0.00 | <u>-0.05</u> 0.94 | <u>0.05</u> 0.78 | <u>3</u> 4 |
| CL_B | <u>0.17</u> 0.10 | <u>0.26</u> 0.01 | <u>0.94</u> 0.00 | <u>-0.17</u> 0.10 | <u>-0.1</u> 0.16 | <u>0.63</u> 0.00 | <u>0.63</u> 0.00 | <u>0.26</u> 0.01 | <u>0.09</u> 0.11 | <u>0.09</u> 0.64 | <u>3</u> 3 |
| $NW_G(-8)$ | <u>0.50</u> 0.00 | <u>0.46</u> 0.00 | <u>0.13</u> 0.24 | <u>-0.16</u> 0.29 | <u>-0.2</u> 0.02 | <u>0.25</u> 0.01 | <u>0.23</u> 0.02 | <u>-0.06</u> 0.85 | <u>-0.21</u> 0.90 | <u>0.12</u> 0.39 | <u>2</u> 2 |
| $NT_G(CrL, 0^\circ)$ | <u>0.02</u> 0.86 | <u>0.06</u> 0.52 | <u>0.04</u> 0.71 | <u>-0.09</u> 0.38 | <u>-0.1</u> 0.33 | <u>0.02</u> 0.86 | <u>-0.05</u> 0.66 | <u>0.07</u> 0.46 | <u>0.03</u> 0.26 | <u>0.10</u> 0.89 | <u>0</u> 0 |

Таблица II.2 - Графики нормального распределения для разных размерных признаков

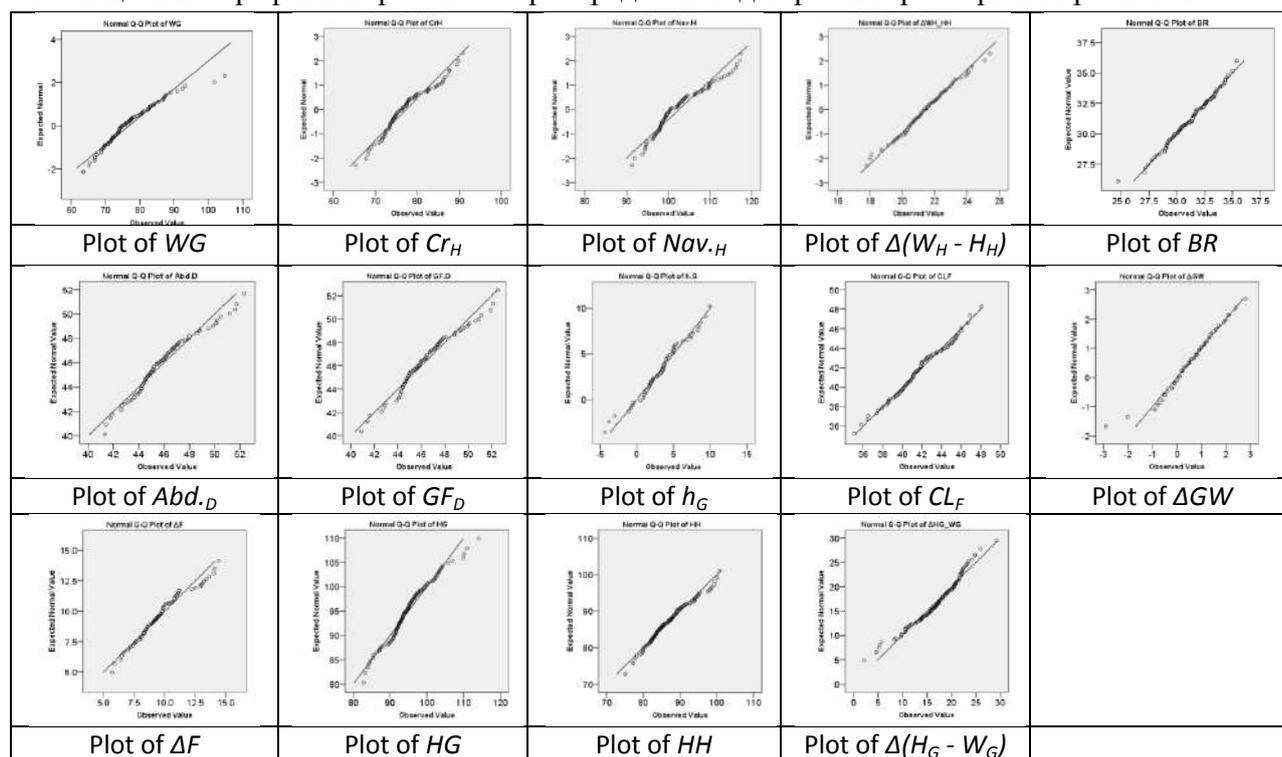


Таблица II.3- Статистика талии, см

| | | Традиционное измерение | Дополнительные новые измерения | | |
|---|---------|------------------------|--------------------------------|---------|---------------------|
| | | W_G | Cr_H | $Nav.H$ | $\Delta(W_H - H_H)$ |
| Статистики | Мин. | 63.5 | 65.3 | 91.4 | 17.8 |
| | Мак. | 93.3 | 90.9 | 117.4 | 26 |
| | Среднее | 76.24 | 77.5 | 102.57 | 21.51 |
| | S.D., ± | 6.81 | 5.26 | 6.27 | 1.66 |
| Процентили | Q_1 | 72.7 | 73.5 | 98.2 | 20.3 |
| | Q_2 | 76.1 | 76.8 | 100.5 | 21.5 |
| | Q_3 | 82.8 | 80.8 | 106.7 | 22.7 |
| Статистика для контроля нормального распределения | | 0.13 | 0.42 | 0.12 | 0.99 |

Таблица II.4 – Статистика для передней части фигуры, см

| | | Первичные измерения | | | Дополнительные измерения | | | |
|--|-------------|---------------------|---------|--------|--------------------------|--------|-------------|------------|
| | | BR | $Abd.D$ | GF_D | h_G | CL_F | ΔGW | ΔF |
| Статистики | Мин. | 24.7 | 41.3 | 40.9 | -4.4 | 35.1 | -2.9 | 5.7 |
| | Мак. | 35.4 | 52.3 | 52.7 | 8.7 | 48.1 | 2.8 | 13.6 |
| | Среднее | 31.51 | 46.01 | 46.82 | 3.13 | 40.51 | 0.49 | 9.41 |
| | S.D., \pm | 1.94 | 2.41 | 4.36 | 2.86 | 2.57 | 0.68 | 1.52 |
| Процентили | Q_1 | 29.7 | 44.4 | 44.7 | 1.65 | 40.2 | 0 | 8.3 |
| | Q_2 | 31.4 | 45.4 | 46 | 3.5 | 41.6 | 0.5 | 9.5 |
| | Q_3 | 32.7 | 47.1 | 47.6 | 4.95 | 43.5 | 1.1 | 10.7 |
| Статистика для нормального распределения | | 0.12 | 0.08 | 0.45 | 0.09 | 0.41 | 0.18 | 0.54 |

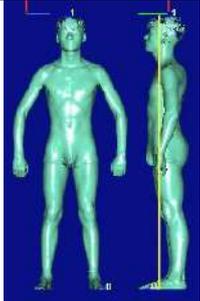
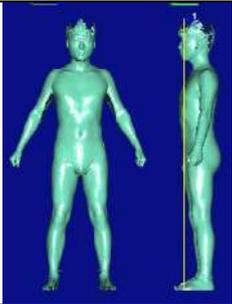
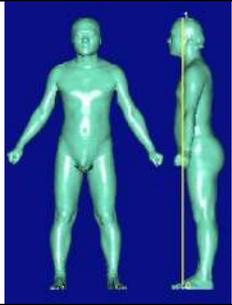
Таблица II.5 – Статистика для ягодич, см

| Традиционные и первичные измерения | | | | | | |
|--|-------------|--------|--------|-------------|------------|---------------------|
| | | H_G | WB_D | HB_D | H_H | |
| Статистики | Мин. | 82.8 | 22.4 | 20 | 75.1 | |
| | Мак. | 114.1 | 31 | 25.8 | 99.4 | |
| | Среднее | 94.24 | 25.08 | 21.24 | 86.56 | |
| | S.D., \pm | 5.5 | 1.57 | 1.53 | 4.86 | |
| Процентили | Q_1 | 91.8 | 24.05 | 20.1 | 82.95 | |
| | Q_2 | 94.5 | 25 | 20.5 | 86.9 | |
| | Q_3 | 97.9 | 26 | 21.75 | 89.95 | |
| Статистика для нормального распределения | | 0.11 | 0.05 | 0.05 | 0.24 | |
| Дополнительные измерения | | | | | | |
| | | CL_B | h_H | ΔWH | ΔB | $\Delta(H_G - W_G)$ |
| Статистики | Мин. | 34.1 | 4 | 1.1 | 3.6 | 8.4 |
| | Мак. | 45.8 | 13.2 | 8.8 | 14.5 | 28.5 |
| | Среднее | 38.69 | 9.59 | 3.88 | 7.59 | 18 |
| | S.D., \pm | 2.2 | 1.73 | 1.15 | 1.46 | 4.26 |
| Процентили | Q_1 | 37.9 | 8.3 | 2.7 | 6.4 | 14.35 |
| | Q_2 | 39.9 | 9.6 | 4.1 | 7.5 | 17.65 |
| | Q_3 | 41.7 | 10.75 | 4.85 | 8.6 | 20.8 |
| Статистика для нормального распределения | | 0.81 | 0.13 | 0.15 | 0.1 | 0.4 |

Таблица II.6 – Статистика для нижней части, см

| | | Традиционные и первичные измерения | | | Дополнительные измерения |
|---|-------------|------------------------------------|----------|----------|--------------------------|
| | | T_G | H_{SL} | T_{SL} | Cr_{SL} |
| Статистики | Мин. | 44.6 | 19.8 | 30.3 | 27.95 |
| | Мак. | 66.7 | 26 | 40.6 | 35.95 |
| | Среднее | 54.18 | 22.52 | 35.1 | 32.33 |
| | S.D., \pm | 4.01 | 1.6 | 2.52 | 2.1 |
| Процентили | Q_1 | 53.13 | 21 | 32.08 | 28.4 |
| | Q_2 | 55.25 | 22.05 | 36.3 | 33.8 |
| | Q_3 | 58.03 | 23.4 | 40.2 | 34 |
| Статистика для контроля нормального распределения | | 0.15 | 0.4 | 0.85 | 0.77 |

Таблица II.7 - Примеры мужских фигурот малого до большого размеров

| | | |
|--|--|--|
| <p style="text-align: center;"><i>S⁻/SS</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>S⁻/MM</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>S⁻/LS</i></p>  |
| <p style="text-align: center;"><i>S⁺/SS</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>S⁺/MM</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>M/LS</i></p>  |
| <p style="text-align: center;"><i>M/MM</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>L/SL</i></p>  | <p style="text-align: center;"><i>L/ML</i></p>  |

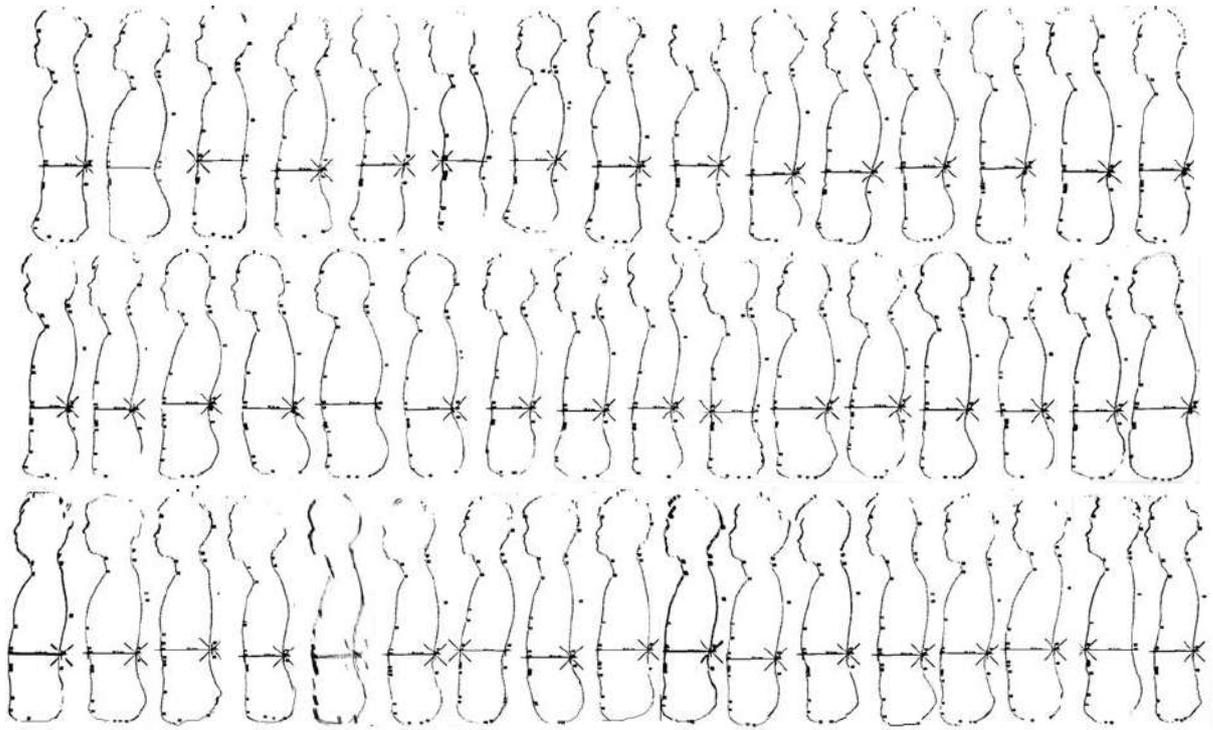


Рисунок II.1 – Профильные сечения туловищ

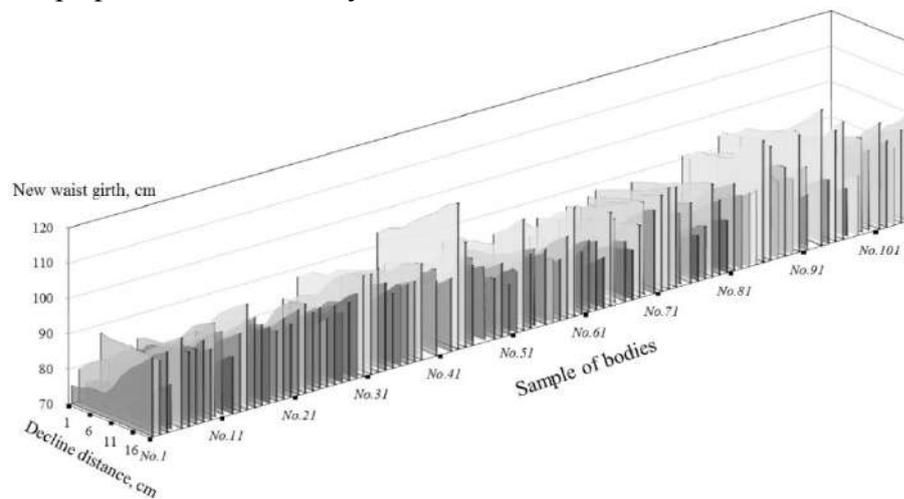


Рисунок II.2 – Изменение обхват талии NWG, измеренного от 0 до 20 см ниже уровня

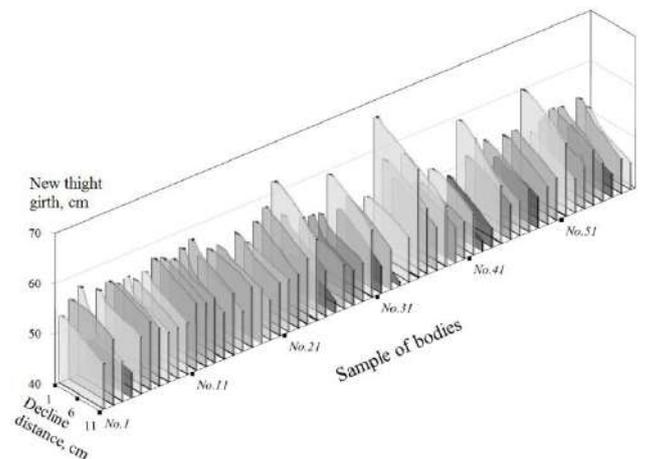
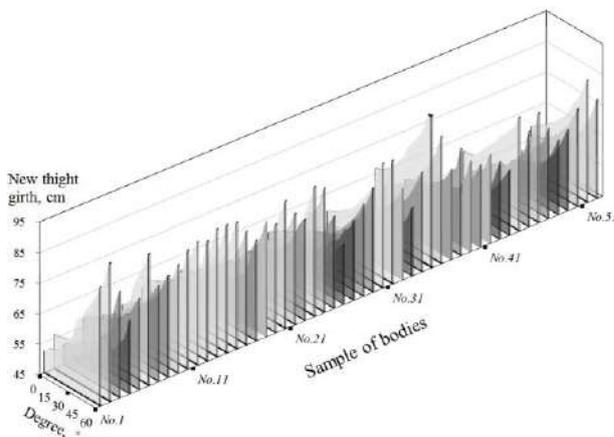
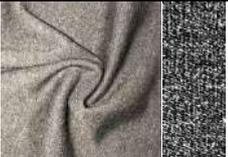


Рисунок II.2 – Измерение нового размерного признака NT_G , измеренного под углом 0-60 градусов и ниже традиционного измерения на -1 до -10 см

ПРИЛОЖЕНИЕ III

Результаты испытаний трикотажных материалов

Таблица III.1 – Трикотажные материалы для исследований

| No. | Нормальный / увеличенный вид | Состав, % | Сооружение | Поверхностная плотность, г/см ² |
|-----|---|--|---------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| T1 |  | 40 Комбинированный длиноволокнистый хлопок (40s) 30 Расчесанный лен 25 Лиоцелл 5 Спандекс (20D) | Ластик (Pique) | 170...180 |
| T2 |  | 50 Acrylic (32s/1) 45 Lenzing Вискоза® 5 Спандекс (30D) mixed | Интерлок | 350...360 |
| T3 |  | 92 Комбинированный Lenzing-Модал® (80s/1) 8 Asahi Kasei® Спандекс (20D) | Интерлок, гладь, двухслойное плетение | 300 |
| T4 |  | 30 Расчесанный лен (70s/2) 65 Длинноволокнистый хлопок 5 Спандекс (20D) | Интерлок | 170...180 |
| T5 |  | 45 Lenzing Модал® 10 Расчесанный хлопок (40s), 45 Хлопок (32s) | Ластик (Pique) | 170...180 |
| T6 |  | 47 Расчесанный хлопок (40s) 47 Lenzing Модал® 6 Спандекс (20D) | Интерлок, Гладь | 110...120 |
| T7 |  | 93 Lenzing микро Модал® (50s) 7 Лайкра® (20D) | Интерлок, Гладь | 165...170 |
| T8 |  | 65 Lenzing микро Модал® (60s) 35 Asahi Kasei® Спандекс (20D) | Интерлок, Гладь | 170...180 |
| T9 |  | Coolmax® (60s)/расчесывание ионов серебра (100D/144F draw textured yarn) | Гладь ячейка | 150...160 |
| T10 |  | 75 Lenzing микро Модал® (60s) 20 длиноволокнистый хлопок (80s) 5 Спандекс (20D) | Интерлок, Гладь | 200...210 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|---|--|-----------|
| T11 |  | 97 Полиэстр 3 Спандекс | Интерлок, гладь, двухслойное плетение | 170...180 |
| T12 |  | 60 Вискоза® 35 Полиамид 5 Спандекс | Интерлок | 200...210 |
| T13 |  | 90 Полиэстр 10 Спандекс | Интерлок, двухслойное плетение | 260...270 |
| T14 |  | 60 Вискоза® 35 Полиамид 5 Спандекс | Интерлок | 170...180 |
| T15 |  | 95 Вискоза® 5 Спандекс | Интерлок | 160...170 |
| T16 |  | 100 Хлопок | Интерлок | 200...210 |
| T17 |  | 82 Хлопок 15 Полиэстр 3 Спандекс | Интерлок | 200...210 |
| T18 |  | 95 Полиэстр 5 Спандекс | Интерлок | 260...270 |

Таблица III.2 –Номенклатура показателей, измеряемых с помощью системы KES-F

| Прибор | Показатель | Символ, единица измерения |
|-------------------------|---|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| KES-FB1 (сдвиг) | Жесткость при сдвиге (жесткость), наклон кривой сдвигового напряжения между углами сдвига 0,5 ... 2,5 ° и -0,5 ... -2,5 ° | G , сН/см·° |
| | Эластичность для минутного сдвига, начальное различие между напряжением сдвига при деформации и восстановлении при 0,5 ... -0,5 ° | $2HG$, сН/см |
| | Эластичность при большом сдвиге при 5 ... -5 ° | $2HG5$, сН/см |
| KES-FB1 (растяжение) | Линейность кривой напряжений / деформаций, площадь под кривой растяжения при деформации по сравнению с площадью треугольника, определяемой максимальной силой растяжения и максимальным растяжением | LT , - |
| | Растяжимая энергия (работа по растяжению ткани), площадь под кривой растяжения при деформации | WT , сН см/см ² |
| | Восстанавливаемость ткани, площадь под кривой расширения во время восстановления в процентах от работы расширения | RT , % |
| | Процентное удлинение при заданной нагрузке, макс. удлинение при 500 gf / см в процентах от первоначальной длины образца | EMT , % |
| KES-FB3 (сжатие) | Линейность кривой «сжатие-релаксация» | LC , - |
| | Работа сжатия | WC , сН см/см ² |
| | Сжимающая упругость ткани | RC , % |
| | Толщина под нагрузкой 0,5 г / см ² | T_0 , мм |
| | Толщина под нагрузкой 50 г / см ² | T_M , мм |
| KES-FB4 (трение) | Коэффициент трения | MIU , - |
| | Колебание коэффициента трения | MMD , - |
| | Неровнота (шероховатость) поверхности | SMD , μ |

Таблица III.3 –Среднее значение давления на манекен, кПа

| Место измерения давления (рис.4.1) | Давление, кПа, под растянутым материалом, % | | | | | | | Среднее значение |
|------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | |
| P1, P1' | 0.215 | 0.761 | 1.471 | 1.671 | 2.162 | 3.923 | 4.728 | 2.133 |
| P3, P3' | 0.611 | 1.198 | 1.834 | 2.588 | 2.746 | 3.124 | 4.500 | 2.372 |
| P5, P5' | 0.180 | 0.696 | 1.942 | 2.256 | 3.128 | 3.696 | 5.604 | 2.500 |
| P2, P2' | 0.583 | 0.771 | 0.998 | 1.062 | 1.400 | 1.513 | 1.716 | 1.149 |
| P4, P4' | 0.162 | 0.718 | 1.227 | 1.920 | 2.228 | 3.180 | 3.377 | 1.830 |
| P6, P6' | 0.231 | 0.678 | 1.023 | 1.583 | 1.696 | 2.382 | 2.802 | 1.485 |
| Среднее значение | 0.330 | 0.804 | 1.416 | 1.847 | 2.227 | 2.970 | 3.788 | - |

Таблица III.4 –Среднее значение давления на фигурах под разными материалами, кПа

| №. | P_{max} . основа/уток,кПа | | | | | | |
|-----|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Плечо | Предплечье | Талия | Пояс | Ягодица | Бедро | Икра |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| T1 | <u>2.00</u> | <u>2.10</u> | <u>2.15</u> | <u>2.00</u> | <u>1.72</u> | <u>2.05</u> | <u>2.10</u> |
| | 2.05 | 1.91 | 2.19 | 2.10 | 1.74 | 2.15 | 2.05 |
| T2 | <u>2.38</u> | <u>2.59</u> | <u>2.38</u> | <u>2.43</u> | <u>1.91</u> | <u>2.43</u> | <u>2.24</u> |
| | 2.34 | 2.34 | 2.57 | 2.53 | 1.92 | 2.24 | 2.29 |
| T3 | <u>2.29</u> | <u>2.24</u> | <u>2.29</u> | <u>2.19</u> | <u>1.53</u> | <u>2.33</u> | <u>2.34</u> |
| | 1.72 | 1.76 | 2.10 | 2.15 | 0.93 | 1.95 | 2.10 |
| T4 | <u>1.91</u> | <u>2.05</u> | <u>1.91</u> | <u>1.86</u> | <u>0.92</u> | <u>1.86</u> | <u>2.19</u> |
| | 1.95 | 1.72 | 1.76 | 2.10 | 0.90 | 2.05 | 1.95 |
| T5 | <u>2.05</u> | <u>2.00</u> | <u>1.86</u> | <u>1.91</u> | <u>0.88</u> | <u>1.86</u> | <u>1.91</u> |
| | 2.10 | 1.95 | 1.15 | 1.97 | 1.01 | 1.72 | 1.45 |
| T6 | <u>2.24</u> | <u>2.10</u> | <u>1.05</u> | <u>2.10</u> | <u>0.97</u> | <u>1.11</u> | <u>1.43</u> |
| | 2.10 | 1.95 | 1.15 | 1.97 | 1.01 | 1.72 | 1.45 |
| T7 | <u>0.72</u> | <u>0.43</u> | <u>0.86</u> | <u>0.97</u> | <u>0.57</u> | <u>0.57</u> | <u>0.29</u> |
| | 0.96 | 0.68 | 1.11 | 0.82 | 1.22 | 0.53 | 0.82 |
| T8 | <u>0.43</u> | <u>0.29</u> | <u>1.00</u> | <u>0.72</u> | <u>0.36</u> | <u>0.57</u> | <u>0.43</u> |
| | 1.14 | 0.43 | 0.57 | 0.86 | 0.50 | 0.57 | 0.71 |
| T9 | <u>2.59</u> | <u>2.16</u> | <u>2.14</u> | <u>2.25</u> | <u>1.49</u> | <u>2.07</u> | <u>2.46</u> |
| | 2.30 | 2.04 | 2.08 | 2.19 | 1.40 | 1.85 | 2.35 |
| T10 | <u>0.57</u> | <u>0.57</u> | <u>0.72</u> | <u>1.42</u> | <u>0.72</u> | <u>1.00</u> | <u>0.43</u> |
| | 1.27 | 1.07 | 1.22 | 1.16 | 0.72 | 1.00 | 1.42 |
| T11 | <u>2.14</u> | <u>2.19</u> | <u>1.96</u> | <u>1.64</u> | <u>1.64</u> | <u>1.96</u> | <u>2.19</u> |
| | 1.83 | 2.39 | 1.68 | 1.73 | 1.21 | 1.73 | 2.15 |
| T12 | <u>2.57</u> | <u>2.57</u> | <u>1.86</u> | <u>1.86</u> | <u>1.72</u> | <u>1.89</u> | <u>1.72</u> |
| | 2.25 | 2.41 | 1.65 | 1.55 | 1.64 | 1.69 | 1.70 |
| T13 | <u>2.24</u> | <u>2.50</u> | <u>1.55</u> | <u>1.42</u> | <u>1.14</u> | <u>1.24</u> | <u>1.66</u> |
| | 2.12 | 2.14 | 1.29 | 1.23 | 1.72 | 1.43 | 1.92 |
| T14 | <u>1.91</u> | <u>1.86</u> | <u>2.00</u> | <u>1.86</u> | <u>1.43</u> | <u>1.86</u> | <u>2.19</u> |
| | 1.95 | 1.70 | 1.75 | 1.29 | 1.20 | 1.82 | 2.19 |

Таблица III.5 –Среднее значение (удлинение) материалов, %

| №. | E_{max} основа/уток, % | | | | | | |
|-----|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Плечо | Предплечье | Талия | Пояс | Ягодица | Бедро | Икра |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| T1 | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-18.3</u> | <u>-16.7</u> | <u>-18.3</u> |
| | -16.7 | -16.7 | -16.7 | -18.3 | -16.7 | -18.3 | -17.2 |
| T2 | <u>-13.3</u> | <u>-13.3</u> | <u>-13.3</u> | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-13.3</u> | <u>-15.0</u> |
| | -15.0 | -15.0 | -16.7 | -16.7 | -15.0 | -15.0 | -15.6 |
| T3 | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-18.3</u> | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-20.0</u> |
| | -16.7 | -18.3 | -18.3 | -20.0 | -18.3 | -16.7 | -18.1 |
| T4 | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-15.0</u> | <u>-18.3</u> |
| | -16.7 | -16.7 | -18.3 | -20.0 | -20.0 | -18.3 | -18.3 |
| T5 | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> |
| | -18.3 | -15.0 | -20.0 | -20.0 | -16.7 | -16.7 | -17.8 |
| T6 | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-16.7</u> | <u>-25.0</u> | <u>-30.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-16.7</u> |
| | -18.3 | -16.7 | -16.7 | -18.3 | -30.0 | -18.3 | -17.8 |
| T7 | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> |
| | -25.0 | -20.0 | -20.0 | -25.0 | -30.0 | -20.0 | -20.0 |
| T8 | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> |
| | -25.0 | -20.0 | -20.0 | -20.0 | -30.0 | -25.0 | -18.3 |
| T9 | <u>-16.7</u> | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-15.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-16.7</u> | <u>-15.0</u> |
| | -16.7 | -16.7 | -18.3 | -18.3 | -20.0 | -20.0 | -15.0 |
| T10 | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-30.0</u> | <u>-20.0</u> |
| | -25.0 | -25.0 | -30.0 | -30.0 | -30.0 | 30.0 | -35.0 |
| T11 | <u>-18.3</u> | <u>-16.7</u> | <u>-18.3</u> | <u>-25.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> |
| | -20.0 | -20.0 | -20.0 | -20.0 | -30.0 | -25.0 | -20.0 |
| T12 | <u>-20.0</u> | <u>-16.7</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> |
| | -25.0 | -25.0 | -25.0 | -20.0 | -25.0 | -25.0 | -20.0 |
| T13 | <u>-18.3</u> | <u>-15.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-18.3</u> | <u>-18.3</u> |
| | -25.0 | -20.0 | -25.0 | -20.0 | -25.0 | -25.0 | -20.0 |
| T14 | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-25.0</u> | <u>-20.0</u> | <u>-20.0</u> |
| | -20.0 | -20.0 | -20.0 | -25.0 | -25.0 | -25.0 | -20.0 |

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

Результаты испытаний трикотажных материалов на комплексе KES и моделирования

Таблица IV. – Химические составы трикотажных материалов для белья международных и китайских брендов

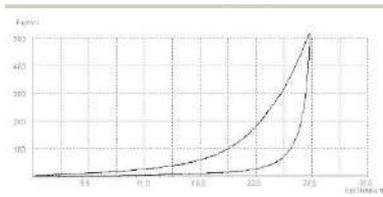
| Марка | Состав, % | Марка | Состав, % |
|----------------|--|------------|--|
| Unico | 93 Хлопок / Нейлон, 7 Спандекс; 46 Хлопок, 45 Нейлон, 9 Спандекс | I'd | 47 Хлопок, 47 Модал, 6 Спандекс; 95 Модал, 5 Спандекс |
| 2(x)ist | 90...95 Хлопок, 5...10 Спандекс; 96 Модал, 4 Спандекс | Septwolves | 95 Хлопок / Модал, 5 Спандекс |
| BOSS | 95 Хлопок, 5 Спандекс | Miiow | 95 Хлопок / Вискоза, 5 Спандекс |
| PUMP! | 94...96 Хлопок, 4...6 Спандекс | Threegun | 93...95 Хлопок / Вискоза, 5...7 Спандекс |
| Diesel | 94...97 Хлопок, 3...6 Спандекс; 57 Хлопок, 38 Нейлон, 5 Спандекс | Your Sun | 100 Хлопок; 95 Вискоза, 5 Спандекс |
| Jockey | 90...95 Модал, 5 То 10 Спандекс; 48 Хлопок, 48 Модал, 4 Спандекс | Jianjiang | 47 Хлопок, 46 Вискоза; 7 Спандекс 93 Вискоза; 7 Спандекс; 100 Хлопок |
| НОМ | 45 Модал, 44 Хлопок, 11 Спандекс; 95 Хлопок, 5 Спандекс | Langsha | 95 Вискоза, 5 Спандекс; 100 Хлопок |
| Calvin Klein | 49 Хлопок, 43 Нейлон, 8 Спандекс; 82 Polyester, 18 Спандекс | Nanjiren | 95 Хлопок, 5 Спандекс |
| Emporio Armani | 49 Хлопок, 41 Нейлон, 11 Спандекс 95 Хлопок, 5 Спандекс | Aimu | 95 Модал, 5 Спандекс |
| C-IN2 | 94...100 Хлопок, 0...6 Спандекс; 90...95 Модал / Вискоза, 5 То 10 Спандекс | Hongdou | 95 Хлопок / Вискоза, 5 Спандекс |

Таблица IV.2– Показатели свойств материалов, испытанных на комплексе KES-F (основа/уток)

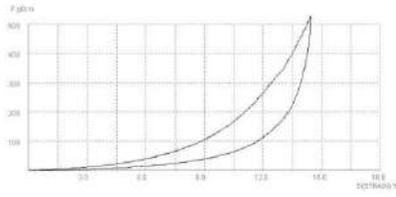
| Показатель | Вид материала | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | T18 |
| G | 0.550 | 0.498 | 0.796 | 0.488 | 0.436 | 0.350 | 0.147 | 0.121 | 0.192 | 0.230 | 0.265 | 0.030 | 0.240 | 0.120 | 0.270 | 0.265 | 0.480 | 0.030 |
| | 0.548 | 0.424 | 0.906 | 0.502 | 0.476 | 0.350 | 0.103 | 0.112 | 0.186 | 0.280 | 0.235 | 0.080 | 0.240 | 0.100 | 0.340 | 0.235 | 0.390 | 0.080 |
| 2HG | 1.522 | 0.866 | 1.392 | 1.372 | 1.532 | 0.656 | 0.357 | 0.283 | 0.429 | 0.030 | -0.388 | 0.550 | 0.250 | 0.250 | 0.600 | 0.388 | 1.150 | 0.550 |
| | 1.664 | 0.848 | 1.970 | 1.246 | 1.698 | 0.622 | 0.328 | 0.275 | 0.364 | 0.130 | 0.050 | 0.350 | 0.110 | 0.150 | 1.000 | 0.050 | 0.980 | 0.350 |
| 2HG5 | 1.502 | 0.988 | 1.574 | 1.432 | 1.488 | 0.644 | 0.307 | 0.282 | 0.429 | 0.200 | 0.050 | 0.550 | 0.400 | 0.200 | 0.630 | 0.050 | 1.230 | 0.550 |
| | 1.598 | 0.906 | 1.710 | 1.282 | 1.698 | 0.614 | 0.295 | 0.269 | 0.401 | 0.300 | 0.205 | 0.380 | 0.280 | 0.130 | 0.980 | 0.205 | 1.030 | 0.380 |
| LT | 0.411 | 0.501 | 0.493 | 0.460 | 0.451 | 0.430 | 0.953 | 1.165 | 1.202 | 0.775 | 0.775 | 0.662 | 0.713 | 0.687 | 1.074 | 0.775 | 0.611 | 0.662 |
| | 0.423 | 0.457 | 0.657 | 0.445 | 0.406 | 0.433 | 0.963 | 1.092 | 1.129 | 0.795 | 0.784 | 0.570 | 0.742 | 0.584 | 1.250 | 0.784 | 0.567 | 0.570 |
| WT | 28.05 | 18.33 | 23.34 | 28.90 | 28.05 | 27.39 | 3.650 | 2.250 | 2.370 | 199.7 | 184.3 | 104.3 | 185.0 | 178.4 | 7.600 | 184.3 | 24.66 | 104.3 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | | 00 | 3 | 00 |
| | 23.73 | 32.81 | 30.23 | 38.96 | 29.18 | 34.63 | 4.100 | 5.350 | 5.520 | 142.0 | 137.5 | 112.3 | 192.7 | 165.7 | 8.100 | 137.5 | 43.52 | 112.3 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | | 00 | 5 | 00 |
| RT | 27.27 | 48.44 | 38.51 | 27.85 | 31.47 | 41.91 | 72.60 | 64.44 | 61.18 | 36.25 | 38.25 | 39.73 | 50.76 | 78.45 | 69.74 | 38.25 | 45.55 | 39.73 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 23.56 | 45.07 | 49.87 | 21.02 | 20.17 | 34.20 | 68.29 | 60.75 | 63.01 | 37.89 | 39.64 | 41.59 | 46.19 | 72.97 | 64.56 | 39.64 | 43.85 | 41.59 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| EMT | 27.28 | 23.08 | 40.80 | 25.11 | 31.38 | 25.37 | 145.6 | 104.4 | 15.77 | 106.0 | 96.92 | 105.0 | 103.7 | 141.2 | 28.30 | 96.92 | 16.14 | 63.05 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 70 | 0 | 50 | 50 | 00 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| | 31.65 | 27.83 | 52.84 | 40.93 | 32.64 | 32.08 | 195.0 | 127.6 | 38.95 | 125.4 | 70.71 | 102.8 | 103.9 | 165.7 | 46.84 | 70.17 | 30.74 | 78.86 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 20 | 0 | 40 | 0 | 60 | 40 | 00 | 0 | 0 | 3 | 0 |

Окончание таблицы IV.2

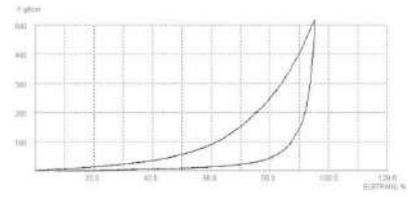
| Показатель | $T1$ | $T2$ | $T3$ | $T4$ | $T5$ | $T6$ | $T7$ | $T8$ | $T9$ | $T10$ |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| LC | 0.336 | 0.389 | 0.309 | 0.327 | 0.354 | 0.331 | 0.298 | 0.317 | 0.399 | 0.286 |
| WC | 0.272 | 0.309 | 0.170 | 0.213 | 0.256 | 0.232 | 0.277 | 0.249 | 0.256 | 0.250 |
| RC | 42.40 | 54.01 | 56.96 | 33.95 | 39.56 | 51.23 | 50.699 | 56.341 | 50.931 | 47.581 |
| T_0 | 0.861 | 1.151 | 0.872 | 0.783 | 0.840 | 0.761 | 0.708 | 0.701 | 0.891 | 0.616 |
| T_M | 0.538 | 0.834 | 0.648 | 0.510 | 0.550 | 0.480 | 0.433 | 0.477 | 0.591 | 0.4179 |
| MIU | <u>0.194</u> | <u>0.252</u> | <u>0.206</u> | <u>0.194</u> | <u>0.334</u> | <u>0.247</u> | <u>0.249</u> | <u>0.233</u> | <u>0.243</u> | <u>0.232</u> |
| | 0.205 | 0.217 | 0.191 | 0.325 | 0.224 | 0.210 | 0.255 | 0.286 | 0.282 | 0.159 |
| MMD | <u>0.009</u> | <u>0.011</u> | <u>0.014</u> | <u>0.012</u> | <u>0.023</u> | <u>0.014</u> | <u>0.011</u> | <u>0.007</u> | <u>0.015</u> | <u>0.016</u> |
| | 0.012 | 0.008 | 0.007 | 0.027 | 0.012 | 0.008 | 0.008 | 0.015 | 0.020 | 0.007 |
| SMD | <u>4.388</u> | <u>3.258</u> | <u>2.516</u> | <u>1.957</u> | <u>8.479</u> | <u>2.503</u> | <u>1.185</u> | <u>0.958</u> | <u>4.666</u> | <u>1.112</u> |
| | 4.275 | 1.576 | 1.540 | 3.808 | 6.006 | 2.488 | 2.003 | 2.758 | 4.823 | 0.853 |



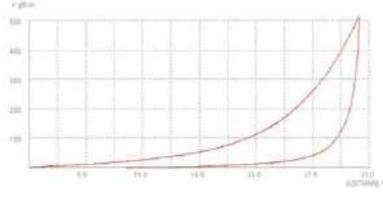
T1



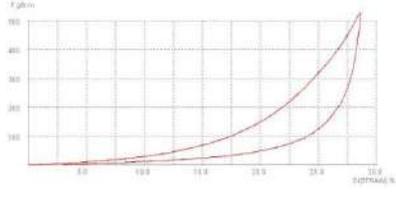
T2



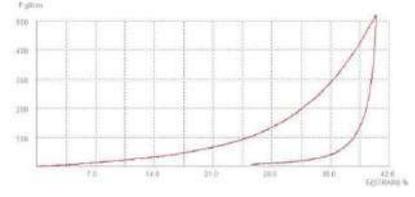
T3



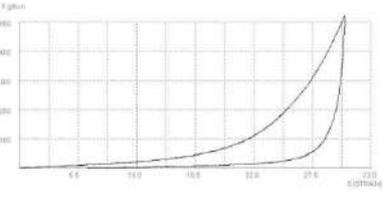
T4



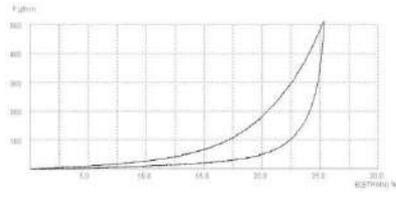
T5



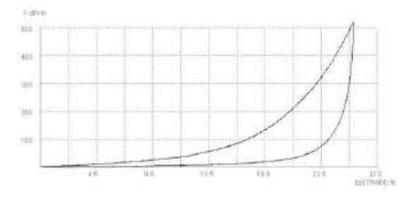
T6



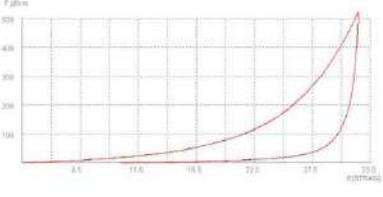
T7



T8



T9



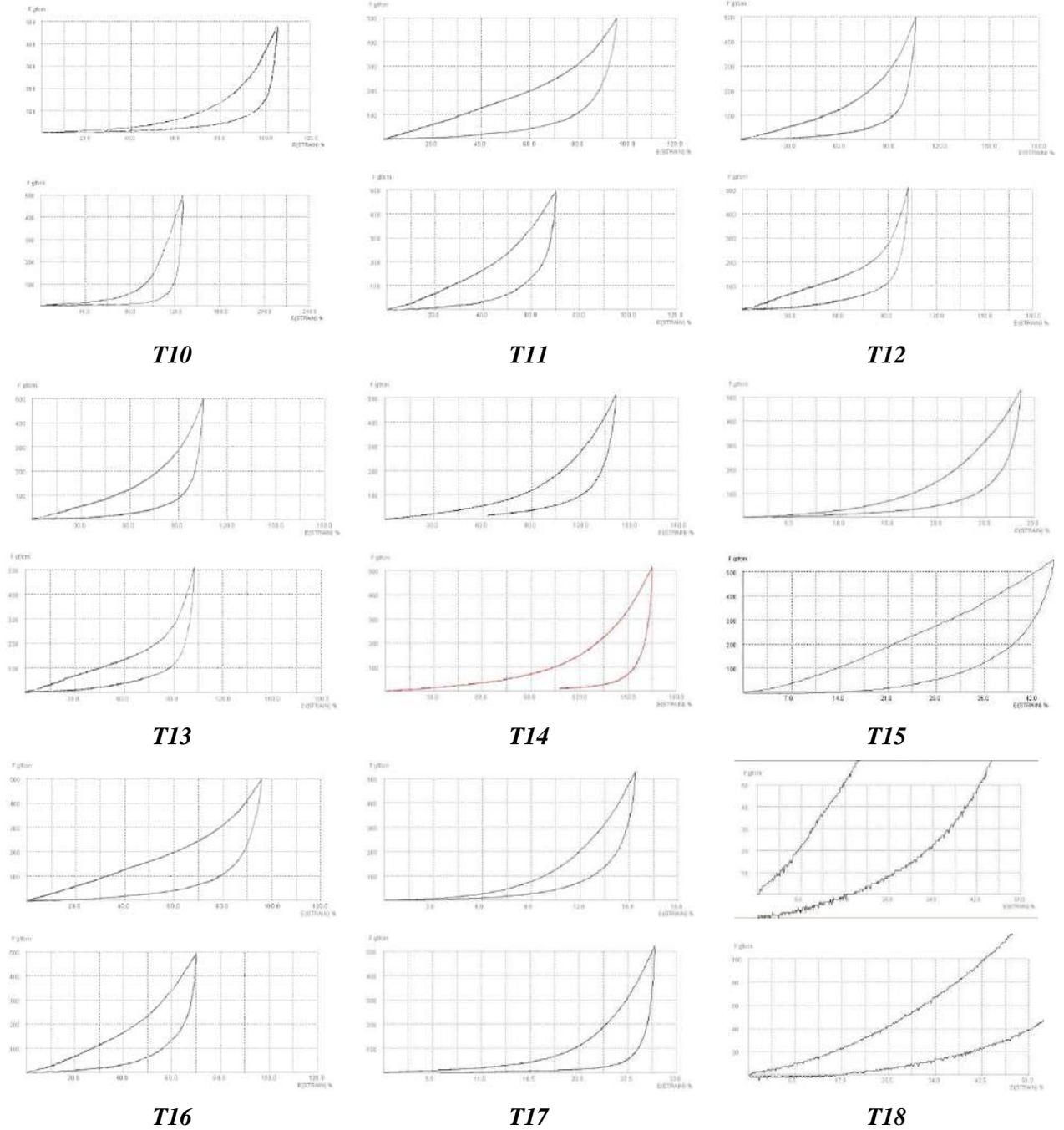


Рисунок IV.1 - Графики испытаний материалов при одноосном растяжении на приборе KES (скриншоты графических зависимостей «усилие растяжения F - относительное удлинение E » для материалов $T1-T18$ в направлениях вдоль и поперек петельных столбиков) (верхняя вдоль / нижний поперек)

Таблица IV.3 – Зависимости между усилием растяжения материалов, их относительным удлинением и создаваемым давлением

| No. | Значения давления, кПа, создаваемого при приложении усилия растяжения F, сН, для удлинения материалов на 5, 8, 11, 14, 17, 20 % | | | | | | |
|-----|---|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | F(5) | F(8) | F(11) | F(14) | F(17) | F(20) | F(E _{max}) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| T1 | <u>10.99</u> | <u>17.10</u> | <u>26.87</u> | <u>40.30</u> | <u>64.73</u> | <u>117.24</u> | <u>87.93</u> |
| | 8.56 | 17.27 | 26.50 | 38.67 | 56.86 | 89.38 | 61.89 |
| T2 | <u>25.41</u> | <u>73.03</u> | <u>190.21</u> | <u>448.50</u> | - | - | <u>448.50</u> |
| | 11.03 | 20.36 | 34.50 | 59.41 | 96.12 | 154.11 | 81.05 |
| T3 | <u>24.65</u> | <u>36.89</u> | <u>50.78</u> | <u>63.67</u> | <u>80.05</u> | <u>101.05</u> | <u>83.74</u> |
| | 17.71 | 28.67 | 38.84 | 49.86 | 59.06 | 71.58 | 63.71 |
| T4 | <u>13.43</u> | <u>23.51</u> | <u>37.86</u> | <u>62.59</u> | <u>110.53</u> | <u>200.60</u> | <u>99.69</u> |
| | 8.08 | 16.33 | 22.98 | 32.61 | 43.70 | 59.00 | 46.45 |
| T5 | <u>7.40</u> | <u>12.69</u> | <u>18.53</u> | <u>29.45</u> | <u>42.51</u> | <u>65.60</u> | <u>66.79</u> |
| | 6.38 | 12.35 | 21.64 | 33.34 | 51.69 | 77.68 | 55.58 |
| T6 | <u>11.80</u> | <u>20.76</u> | <u>34.61</u> | <u>58.22</u> | <u>101.37</u> | <u>187.27</u> | <u>177.28</u> |
| | 8.76 | 18.30 | 28.84 | 42.12 | 63.03 | 93.20 | 67.37 |
| T7 | <u>1.82</u> | <u>2.40</u> | <u>3.64</u> | <u>4.72</u> | <u>6.12</u> | <u>6.78</u> | <u>6.45</u> |
| | 1.76 | 2.14 | 3.29 | 3.92 | 4.69 | 6.61 | 6.12 |
| T8 | <u>6.03</u> | <u>7.92</u> | <u>12.07</u> | <u>15.56</u> | <u>18.73</u> | <u>21.59</u> | <u>20.95</u> |
| | 1.59 | 2.58 | 3.57 | 4.76 | 5.95 | 7.14 | 6.95 |
| T9 | <u>11.91</u> | <u>42.07</u> | <u>84.14</u> | <u>141.82</u> | - | - | 195.42 |
| | 14.29 | 30.16 | 68.26 | 82.55 | 115.85 | 161.59 | 125.48 |
| T10 | <u>3.77</u> | <u>4.76</u> | <u>7.14</u> | <u>9.33</u> | <u>11.33</u> | <u>13.50</u> | <u>15.82</u> |
| | 4.17 | 6.35 | 8.33 | 10.32 | 12.70 | 14.68 | 14.88 |
| T11 | <u>9.12</u> | <u>14.68</u> | <u>20.63</u> | <u>22.78</u> | <u>35.32</u> | <u>43.26</u> | <u>44.45</u> |
| | 14.29 | 25.79 | 34.53 | 45.24 | 56.36 | 71.44 | 83.87 |
| T12 | <u>13.49</u> | <u>19.05</u> | <u>21.42</u> | <u>26.19</u> | <u>30.23</u> | <u>33.79</u> | <u>33.79</u> |
| | 19.45 | 25.74 | 31.18 | 36.29 | 41.73 | 47.83 | 55.30 |
| T13 | <u>17.76</u> | <u>33.43</u> | <u>60.33</u> | <u>93.66</u> | <u>173.04</u> | <u>279.4</u> | <u>185.67</u> |
| | 22.32 | 36.08 | 62.01 | 85.82 | 114.40 | 154.08 | 184.60 |
| T14 | <u>5.22</u> | <u>8.53</u> | <u>12.63</u> | <u>15.41</u> | <u>18.72</u> | <u>22.91</u> | <u>23.48</u> |
| | 3.05 | 4.99 | 7.38 | 9.84 | 12.49 | 14.60 | 17.20 |
| T15 | <u>3.14</u> | <u>4.87</u> | <u>5.4</u> | <u>6.98</u> | <u>9.18</u> | <u>10.316</u> | - |
| | 2.24 | 3.97 | 4.50 | 5.46 | 7.02 | 8.17 | - |
| T16 | <u>11.13</u> | <u>20.64</u> | <u>28.56</u> | <u>46.04</u> | <u>55.63</u> | <u>85.73</u> | = |
| | 5.61 | 6.75 | 8.73 | 11.13 | 12.78 | 14.29 | - |
| T17 | <u>7.14</u> | <u>7.93</u> | <u>11.37</u> | <u>15.87</u> | <u>20.63</u> | <u>22.25</u> | = |
| | 6.49 | 6.58 | 7.11 | 9.92 | 11.25 | 13.89 | - |
| T18 | <u>3.97</u> | <u>7.15</u> | <u>16.6</u> | <u>20.64</u> | <u>23.81</u> | <u>32.94</u> | = |
| | 1.49 | 2.31 | 4.59 | 9.33 | 8.93 | 10.42 | - |

Таблица IV.4 – Результаты испытания материалов (10*10 см) на максимальное удлинение и усадку в поперечном направлении, (основа/угол), %

| No. | Удлинение, % | Усадка, % | No. | Удлинение, % | Усадка, % |
|----------------|--------------|-----------|-----------------|--------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T ₁ | <u>15</u> | <u>10</u> | T ₁₁ | <u>15</u> | <u>2</u> |
| | 15 | 10 | | 15 | 2 |
| T ₂ | <u>15</u> | <u>8</u> | T ₁₂ | <u>25</u> | <u>36</u> |
| | 15 | 4 | | 25 | 24 |
| T ₃ | <u>15</u> | <u>2</u> | T ₁₃ | <u>25</u> | <u>2</u> |
| | 10 | 0 | | 15 | 0 |
| T ₄ | <u>15</u> | <u>4</u> | T ₁₄ | <u>15</u> | <u>2</u> |
| | 15 | 6 | | 15 | 4 |
| T ₅ | <u>15</u> | <u>10</u> | T ₁₅ | <u>20</u> | <u>6</u> |
| | 10 | 0 | | 20 | 6 |

Окончание таблицы IV.4

| | | | | | |
|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T_6 | $\frac{15}{15}$ | $\frac{2}{0}$ | T_{16} | $\frac{20}{10}$ | $\frac{4}{0}$ |
| T_7 | $\frac{15}{25}$ | $\frac{30}{10}$ | T_{17} | $\frac{20}{25}$ | $\frac{10}{6}$ |
| T_8 | $\frac{20}{20}$ | $\frac{20}{16}$ | T_{18} | $\frac{10}{15}$ | $\frac{2}{0}$ |
| T_9 | $\frac{25}{20}$ | $\frac{6}{6}$ | Среднее | $\frac{18,06}{16,94}$ | $\frac{9,00}{5,33}$ |
| T_{10} | $\frac{25}{20}$ | $\frac{6}{2}$ | | | |

Таблица IV.5 – Корреляционная матрица r ниже sig. (2-tailed)

«Жирный» - сильная корреляция, * на уровне значимости 0,1, ** на уровне значимости 0,05

| Индекс | Основа | | | Уток | | |
|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | CP | P_{\max} | $E_{\max.ward}$ | CP | P_{\max} | $E_{\max.west}$ |
| $F(5)$ | 0,759** 0,002 | 0,708** 0,005 | -0,737** 0,003 | 0,495 0,072 | 0,621* 0,018 | 0,003 0,992 |
| $F(8)$ | 0,813** 0,000 | 0,685** 0,007 | -0,845** 0,000 | 0,610* 0,021 | 0,701** 0,005 | -0,176 0,546 |
| $F(11)$ | 0,742** 0,002 | 0,577* 0,031 | -0,797** 0,001 | 0,610* 0,021 | 0,648* 0,012 | -0,267 0,356 |
| $F(14)$ | 0,688** 0,007 | 0,507 0,064 | -0,746** 0,002 | 0,677** 0,008 | 0,686** 0,007 | -0,357 0,210 |
| $F(17)$ | 0,472 0,121 | 0,432 0,161 | -0,662* 0,019 | 0,718** 0,004 | 0,690** 0,006 | -0,452 0,105 |
| $F(20)$ | 0,448 0,144 | 0,393 0,207 | -0,666* 0,018 | 0,747** 0,002 | 0,685** 0,007 | -0,532 0,050 |
| F_{max} | 0,692** 0,009 | 0,526 0,065 | -0,774** 0,002 | 0,496 0,071 | 0,543* 0,045 | -0,149 0,612 |
| LT | -0,484 0,079 | -0,514 0,060 | 0,295 0,306 | -0,492 0,074 | -0,526 0,054 | 0,436 0,119 |
| WT | -0,238 0,413 | -0,034 0,909 | 0,533* 0,050 | -0,164 0,576 | 0,052 0,860 | 0,538* 0,047 |
| RT | -0,374 0,188 | -0,375 0,187 | 0,300 0,297 | -0,314 0,275 | -0,297 0,302 | 0,440 0,116 |
| EMT | -0,740** 0,002 | -0,604* 0,022 | 0,812** 0,000 | -0,774** 0,001 | -0,696** 0,006 | 0,798** 0,001 |
| MIU | -0,058 0,874 | -0,068 0,852 | 0,088 0,808 | -0,050 0,890 | -0,091 0,803 | 0,165 0,649 |
| MMD | 0,152 0,676 | 0,228 0,526 | 0,052 0,887 | 0,151 0,678 | 0,146 0,686 | -0,112 0,758 |
| SMD | 0,507 0,135 | 0,542 0,106 | -0,427 0,218 | 0,270 0,450 | 0,310 0,384 | -0,310 0,384 |
| G | 0,595* 0,025 | 0,492 0,074 | -0,571* 0,033 | 0,537* 0,048 | 0,464 0,095 | -0,705** 0,005 |
| 2HG | 0,553* 0,040 | 0,463 0,095 | -0,600* 0,023 | 0,512 0,061 | 0,425 0,129 | -0,713** 0,004 |
| 2HG5 | 0,580* 0,030 | 0,485 0,079 | -0,622* 0,018 | 0,537* 0,048 | 0,446 0,110 | -0,740** 0,002 |
| Индекс | CP | | P_{\max} | $E_{\max.основа}$ | | $E_{\max.уток}$ |
| LC | 0,748* 0,013 | 0,690* 0,027 | -0,824** 0,003 | -0,698* 0,025 | | |
| WC | 0,055 0,880 | -0,070 0,848 | -0,135 0,710 | -0,078 0,830 | | |
| T_0 | 0,890** 0,001 | 0,816** 0,004 | -0,898** 0,000 | -0,829** 0,003 | | |
| T_M | 0,844** 0,002 | 0,768** 0,009 | -0,831** 0,003 | -0,783** 0,007 | | |
| RC | -0,123 0,736 | -0,160 0,658 | 0,135 0,711 | 0,240 0,505 | | |

Таблица IV.6 – Анализ SPSS линейной регрессии

| <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.800</td> <td>.840</td> <td>.596</td> <td>.306</td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is T0.</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regression</td> <td>1.323</td> <td>1</td> <td>1.323</td> <td>14.228</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.744</td> <td>8</td> <td>.093</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2.067</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is T0.</p> <p style="text-align: center;">Coefficients</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 / T0 (Constant)</td> <td>-1.853</td> <td>.491</td> <td>-.800</td> <td>-3.772</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.709</td> <td>.624</td> <td></td> <td>4.344</td> <td>.002</td> </tr> </tbody> </table> <p>The dependent variable is ln(Pmax).</p> | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | .800 | .840 | .596 | .306 | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Regression | 1.323 | 1 | 1.323 | 14.228 | .005 | Residual | .744 | 8 | .093 | | | Total | 2.067 | 9 | | | | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 / T0 (Constant) | -1.853 | .491 | -.800 | -3.772 | .005 | | 2.709 | .624 | | 4.344 | .002 | <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.789</td> <td>.592</td> <td>.541</td> <td>.326</td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is TM.</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regression</td> <td>1.223</td> <td>1</td> <td>1.223</td> <td>11.564</td> <td>.009</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.844</td> <td>8</td> <td>.105</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2.067</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is TM.</p> <p style="text-align: center;">Coefficients</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 / TM (Constant)</td> <td>-1.028</td> <td>.302</td> <td>-.769</td> <td>-3.405</td> <td>.009</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.334</td> <td>.582</td> <td></td> <td>4.013</td> <td>.004</td> </tr> </tbody> </table> <p>The dependent variable is ln(Pmax).</p> | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | .789 | .592 | .541 | .326 | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Regression | 1.223 | 1 | 1.223 | 11.564 | .009 | Residual | .844 | 8 | .105 | | | Total | 2.067 | 9 | | | | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 / TM (Constant) | -1.028 | .302 | -.769 | -3.405 | .009 | | 2.334 | .582 | | 4.013 | .004 |
|--|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------|------|------|------|--|----------------|----|-------------|---|------|------------|-------|---|-------|--------|------|----------|------|---|------|--|--|-------|-------|---|--|--|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|----------------------|--------|------|-------|--------|------|--|-------|------|--|-------|------|--|---|----------|-------------------|----------------------------|------|------|------|------|--|----------------|----|-------------|---|------|------------|-------|---|-------|--------|------|----------|------|---|------|--|--|-------|-------|---|--|--|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|----------------------|--------|------|-------|--------|------|--|-------|------|--|-------|------|
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .800 | .840 | .596 | .306 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regression | 1.323 | 1 | 1.323 | 14.228 | .005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residual | .744 | 8 | .093 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2.067 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 / T0 (Constant) | -1.853 | .491 | -.800 | -3.772 | .005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.709 | .624 | | 4.344 | .002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .789 | .592 | .541 | .326 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regression | 1.223 | 1 | 1.223 | 11.564 | .009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residual | .844 | 8 | .105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2.067 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 / TM (Constant) | -1.028 | .302 | -.769 | -3.405 | .009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.334 | .582 | | 4.013 | .004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sigmoid function (natural exponential function) models (4.4) and (4.5)

| <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.756</td> <td>.572</td> <td>.536</td> <td>.281</td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F8warp.</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regression</td> <td>1.263</td> <td>1</td> <td>1.263</td> <td>16.011</td> <td>.002</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.947</td> <td>12</td> <td>.079</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2.210</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F8warp.</p> <p style="text-align: center;">Coefficients</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 / F8warp (Constant)</td> <td>-2.924</td> <td>.731</td> <td>-.766</td> <td>-4.001</td> <td>.002</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.721</td> <td>1.02</td> <td></td> <td>7.088</td> <td>.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>The dependent variable is ln(Pmax).</p> | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | .756 | .572 | .536 | .281 | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Regression | 1.263 | 1 | 1.263 | 16.011 | .002 | Residual | .947 | 12 | .079 | | | Total | 2.210 | 13 | | | | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 / F8warp (Constant) | -2.924 | .731 | -.766 | -4.001 | .002 | | .721 | 1.02 | | 7.088 | .000 | <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.000^a</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>.013555</td> </tr> </tbody> </table> <p>a. Predictors: (Constant), F11warp, ENTwarp, F5warp, LC, T0, TM, F8warp</p> <p style="text-align: center;">ANOVA^a</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1</td> <td>Regression</td> <td>3.417</td> <td>7</td> <td>.488</td> <td>2656.897</td> <td>.000^b</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.000</td> <td>2</td> <td>.000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>3.417</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>a. Dependent Variable: Pmax b. Predictors: (Constant), F11warp, ENTwarp, F5warp, LC, T0, TM, F8warp</p> <p style="text-align: center;">Coefficients^a</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Model</th> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">1</td> <td>(Constant)</td> <td>5.709</td> <td>.191</td> <td></td> <td>29.903</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>ENTwarp</td> <td>-.014</td> <td>.000</td> <td>-1.066</td> <td>-43.962</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>LC</td> <td>-24.984</td> <td>.760</td> <td>-1.493</td> <td>-32.830</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>T0</td> <td>5.159</td> <td>.182</td> <td>1.225</td> <td>28.392</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>TM</td> <td>2.417</td> <td>.282</td> <td>.480</td> <td>8.570</td> <td>.013</td> </tr> <tr> <td>F5warp</td> <td>-.191</td> <td>.006</td> <td>-2.336</td> <td>-30.121</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>F8warp</td> <td>.127</td> <td>.004</td> <td>4.446</td> <td>35.713</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>F11warp</td> <td>-.031</td> <td>.001</td> <td>-2.851</td> <td>-36.064</td> <td>.001</td> </tr> </tbody> </table> <p>a. Dependent Variable: Pmax</p> | Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | 1 | 1.000 ^a | 1.000 | 1.000 | .013555 | Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | 1 | Regression | 3.417 | 7 | .488 | 2656.897 | .000 ^b | Residual | .000 | 2 | .000 | | | Total | 3.417 | 9 | | | | Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 | (Constant) | 5.709 | .191 | | 29.903 | .001 | ENTwarp | -.014 | .000 | -1.066 | -43.962 | .001 | LC | -24.984 | .760 | -1.493 | -32.830 | .001 | T0 | 5.159 | .182 | 1.225 | 28.392 | .001 | TM | 2.417 | .282 | .480 | 8.570 | .013 | F5warp | -.191 | .006 | -2.336 | -30.121 | .001 | F8warp | .127 | .004 | 4.446 | 35.713 | .001 | F11warp | -.031 | .001 | -2.851 | -36.064 | .001 |
|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|-------------------|------|------|--|----------------|----|-------------|---|------|------------|-------|---|-------|--------|------|----------|------|----|------|--|--|-------|-------|----|--|--|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|--------------------------|--------|------|-------|--------|------|--|------|------|--|-------|------|---|-------|---|----------|-------------------|----------------------------|---|--------------------|-------|-------|---------|-------|--|----------------|----|-------------|---|------|---|------------|-------|---|------|----------|-------------------|----------|------|---|------|--|--|-------|-------|---|--|--|--|-------|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|---|------------|-------|------|--|--------|------|---------|-------|------|--------|---------|------|----|---------|------|--------|---------|------|----|-------|------|-------|--------|------|----|-------|------|------|-------|------|--------|-------|------|--------|---------|------|--------|------|------|-------|--------|------|---------|-------|------|--------|---------|------|
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .756 | .572 | .536 | .281 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regression | 1.263 | 1 | 1.263 | 16.011 | .002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residual | .947 | 12 | .079 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2.210 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 / F8warp (Constant) | -2.924 | .731 | -.766 | -4.001 | .002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | .721 | 1.02 | | 7.088 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.000 ^a | 1.000 | 1.000 | .013555 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Regression | 3.417 | 7 | .488 | 2656.897 | .000 ^b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Residual | .000 | 2 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Total | 3.417 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | (Constant) | 5.709 | .191 | | 29.903 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ENTwarp | -.014 | .000 | -1.066 | -43.962 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LC | -24.984 | .760 | -1.493 | -32.830 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T0 | 5.159 | .182 | 1.225 | 28.392 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TM | 2.417 | .282 | .480 | 8.570 | .013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F5warp | -.191 | .006 | -2.336 | -30.121 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F8warp | .127 | .004 | 4.446 | 35.713 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F11warp | -.031 | .001 | -2.851 | -36.064 | .001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sigmoid function (natural exponential function) models (4.6) and multivariable liner model (4.7)

| <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.905</td> <td>.819</td> <td>.804</td> <td>.182</td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F11.weft</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regression</td> <td>1.811</td> <td>1</td> <td>1.811</td> <td>54.482</td> <td>.000</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.399</td> <td>12</td> <td>.033</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2.210</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F11.weft.</p> <p style="text-align: center;">Coefficients</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 / F11.weft (Constant)</td> <td>-3.886</td> <td>.526</td> <td>-.905</td> <td>-7.381</td> <td>.000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.765</td> <td>.065</td> <td></td> <td>11.750</td> <td>.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>The dependent variable is ln(Pmax).</p> | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | .905 | .819 | .804 | .182 | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Regression | 1.811 | 1 | 1.811 | 54.482 | .000 | Residual | .399 | 12 | .033 | | | Total | 2.210 | 13 | | | | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 / F11.weft (Constant) | -3.886 | .526 | -.905 | -7.381 | .000 | | .765 | .065 | | 11.750 | .000 | <p style="text-align: center;">Model Summary</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>R Square</th> <th>Adjusted R Square</th> <th>Std. Error of the Estimate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.913</td> <td>.834</td> <td>.820</td> <td>.175</td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F20.weft.</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sum of Squares</th> <th>df</th> <th>Mean Square</th> <th>F</th> <th>Sig.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regression</td> <td>1.842</td> <td>1</td> <td>1.842</td> <td>60.147</td> <td>.000</td> </tr> <tr> <td>Residual</td> <td>.368</td> <td>12</td> <td>.031</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2.210</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The independent variable is F20.weft.</p> <p style="text-align: center;">Coefficients</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Unstandardized Coefficients</th> <th>Standardized Coefficients</th> <th rowspan="2">t</th> <th rowspan="2">Sig.</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>Std. Error</th> <th>Beta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 / F20.weft (Constant)</td> <td>-7.582</td> <td>.978</td> <td>-.913</td> <td>-7.755</td> <td>.000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.743</td> <td>.060</td> <td></td> <td>12.295</td> <td>.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>The dependent variable is ln(Pmax).</p> | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | .913 | .834 | .820 | .175 | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Regression | 1.842 | 1 | 1.842 | 60.147 | .000 | Residual | .368 | 12 | .031 | | | Total | 2.210 | 13 | | | | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | B | Std. Error | Beta | 1 / F20.weft (Constant) | -7.582 | .978 | -.913 | -7.755 | .000 | | .743 | .060 | | 12.295 | .000 |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------|------|------|------|--|----------------|----|-------------|---|------|------------|-------|---|-------|--------|------|----------|------|----|------|--|--|-------|-------|----|--|--|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|----------------------------|--------|------|-------|--------|------|--|------|------|--|--------|------|--|---|----------|-------------------|----------------------------|------|------|------|------|--|----------------|----|-------------|---|------|------------|-------|---|-------|--------|------|----------|------|----|------|--|--|-------|-------|----|--|--|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|---|------|---|------------|------|----------------------------|--------|------|-------|--------|------|--|------|------|--|--------|------|
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .905 | .819 | .804 | .182 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regression | 1.811 | 1 | 1.811 | 54.482 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residual | .399 | 12 | .033 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2.210 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 / F11.weft (Constant) | -3.886 | .526 | -.905 | -7.381 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | .765 | .065 | | 11.750 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .913 | .834 | .820 | .175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regression | 1.842 | 1 | 1.842 | 60.147 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residual | .368 | 12 | .031 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2.210 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | Std. Error | Beta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 / F20.weft (Constant) | -7.582 | .978 | -.913 | -7.755 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | .743 | .060 | | 12.295 | .000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sigmoid function (natural exponential function) model (4.8) and (4.9)

| | | | | | |
|---|--------------------|----------|-------------------|----------------------------|--|
| Model Summary | | | | | |
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | |
| 1 | 1.000 ^a | 1.000 | .999 | .016484 | |
| a. Predictors: (Constant), Fmax.wef, TM, EMTwef, F5.wef, T0, F11.wef, F17.wef, F8.wef | | | | | |

| | | | | | | |
|---|------------|----------------|----|-------------|----------|-------------------|
| ANOVA^a | | | | | | |
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | 3.417 | 8 | .427 | 1571.830 | .020 ^b |
| | Residual | .000 | 1 | .000 | | |
| | Total | 3.417 | 9 | | | |
| a. Dependent Variable: Fmax | | | | | | |
| b. Predictors: (Constant), Fmax.wef, TM, EMTwef, F5.wef, T0, F11.wef, F17.wef, F8.wef | | | | | | |

| Coefficients^a | | | | | | |
|---------------------------------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 2.990 | .184 | | 16.230 | .039 |
| | EMTwef | -.019 | .001 | -1.781 | -23.110 | .028 |
| | T0 | 16.983 | .637 | 3.794 | 25.074 | .025 |
| | TM | -23.497 | 1.058 | -4.670 | -22.204 | .029 |
| | F5.wef | .662 | .032 | 5.560 | 20.482 | .031 |
| | F8.wef | -.446 | .024 | -7.087 | -18.406 | .035 |
| | F11.wef | .162 | .009 | 5.088 | 17.990 | .035 |
| | F17.wef | .101 | .006 | 6.009 | 17.894 | .036 |
| | Fmax.wef | -.153 | .008 | -9.173 | -18.374 | .035 |
| a. Dependent Variable: Fmax | | | | | | |

| | | | |
|----------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .918 | .842 | .829 | .171 |

The independent variable is Fmax.wef.

| | | | | | |
|--------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Regression | 1.861 | 1 | 1.861 | 63.996 | .000 |
| Residual | .349 | 12 | .029 | | |
| Total | 2.210 | 13 | | | |

The independent variable is Fmax.wef.

| Coefficients | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / Fmax.wef | -7.404 | .926 | -.918 | -8.000 | .000 |
| (Constant) | .750 | .059 | | 12.644 | .000 |

The dependent variable is ln(Fmax).

Sigmoid function (natural exponential function) models (4.10) and multivariable liner model (4.11)

| | | | |
|----------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .822 | .676 | .635 | .364 |

The independent variable is T0.

| | | | | | |
|--------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Regression | 2.213 | 1 | 2.213 | 16.663 | .004 |
| Residual | 1.062 | 8 | .133 | | |
| Total | 3.275 | 9 | | | |

The independent variable is T0.

| Coefficients | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(T0) | 2.907 | .712 | .822 | 4.082 | .004 |
| (Constant) | .148 | .028 | | 5.237 | .001 |

The dependent variable is ln(CP).

| | | | |
|----------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .909 | .827 | .805 | .266 |

The independent variable is SMDwarp.

| | | | | | |
|--------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Regression | 2.709 | 1 | 2.709 | 38.236 | .000 |
| Residual | .567 | 8 | .071 | | |
| Total | 3.275 | 9 | | | |

The independent variable is SMDwarp.

| Coefficients | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / SMDwarp | -1.704 | .276 | -.909 | -6.184 | .000 |
| (Constant) | -1.689 | .161 | | -10.520 | .000 |

The dependent variable is ln(CP).

Power (4.12) and sigmoid function (natural exponential function) models (4.13)

| | | | |
|----------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .835 | .697 | .672 | .289 |

The independent variable is F8warp.

| | | | | | |
|--------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Regression | 2.301 | 1 | 2.301 | 27.592 | .000 |
| Residual | 1.001 | 12 | .083 | | |
| Total | 3.302 | 13 | | | |

The independent variable is F8warp.

| Coefficients | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(F8warp) | .463 | .088 | .835 | 5.253 | .000 |
| (Constant) | .022 | .006 | | 3.887 | .002 |

The dependent variable is ln(CP).

| | | | |
|----------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary | | | |
| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .875 | .765 | .746 | .254 |

The independent variable is F20.wef.

| | | | | | |
|--------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Regression | 2.527 | 1 | 2.527 | 39.126 | .000 |
| Residual | .775 | 12 | .065 | | |
| Total | 3.302 | 13 | | | |

The independent variable is F20.wef.

| Coefficients | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(F20.wef) | .397 | .064 | .875 | 6.265 | .000 |
| (Constant) | .017 | .004 | | 3.915 | .002 |

The dependent variable is ln(CP).

Power function models (4.14) and (4.15)

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| .932 | .869 | .852 | .057 |

The independent variable is T0.

ANOVA

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Regression | .171 | 1 | .171 | 53.003 | .000 |
| Residual | .026 | 8 | .003 | | |
| Total | .197 | 9 | | | |

The independent variable is T0.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / T0 | .666 | .091 | .932 | 7.280 | .000 |
| (Constant) | 2.068 | .116 | | 17.810 | .000 |

The dependent variable is ln(Ewarp).

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| .900 | .810 | .794 | .060 |

The independent variable is EMTwef.

ANOVA

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Regression | .187 | 1 | .187 | 51.242 | .000 |
| Residual | .044 | 12 | .004 | | |
| Total | .230 | 13 | | | |

The independent variable is EMTwef.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 / EMTwef | -10.789 | 1.507 | -.900 | -7.158 | .000 |
| (Constant) | 3.191 | .032 | | 99.116 | .000 |

The dependent variable is ln(Ewef).

Sigmoid function(natural exponential function) model (4.16) and (4.17)

Model Summary^a

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .898 ^a | .806 | .781 | 1.25080 |
| 2 | .948 ^b | .899 | .870 | .07305 |

- a. Predictors: (Constant), T0
- b. Predictors: (Constant), T0, EMTwarp
- c. Dependent Variable: Ewarp

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 52.688 | 1 | 52.688 | 33.145 | .000 ^b |
| | Residual | 12.717 | 8 | 1.590 | | |
| | Total | 65.405 | 9 | | | |
| 2 | Regression | 58.777 | 2 | 29.389 | 31.039 | .000 ^b |
| | Residual | 6.628 | 7 | .947 | | |
| | Total | 65.405 | 9 | | | |

- a. Dependent Variable: Ewarp
- b. Predictors: (Constant), T0
- c. Predictors: (Constant), T0, EMTwarp

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 31.943 | 2.385 | | 13.393 | .000 |
| | T0 | -16.543 | 2.873 | -.898 | -5.757 | .000 |
| 2 | (Constant) | 26.754 | 2.753 | | 9.720 | .000 |
| | T0 | -11.761 | 2.911 | -.838 | -4.040 | .006 |
| | EMTwarp | .023 | .009 | .401 | 2.536 | .039 |

- a. Dependent Variable: Ewarp

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .892 ^a | .796 | .771 | 1.13168 |
| 2 | .956 ^b | .913 | .888 | .79007 |

- a. Predictors: (Constant), EMTwef
- b. Predictors: (Constant), EMTwef, T0

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 39.979 | 1 | 39.979 | 31.217 | .001 ^b |
| | Residual | 10.246 | 8 | 1.281 | | |
| | Total | 50.225 | 9 | | | |
| 2 | Regression | 45.855 | 2 | 22.928 | 36.730 | .000 ^c |
| | Residual | 4.370 | 7 | .624 | | |
| | Total | 50.225 | 9 | | | |

- a. Dependent Variable: Ewef
- b. Predictors: (Constant), EMTwef
- c. Predictors: (Constant), EMTwef, T0

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 16.480 | .582 | | 28.314 | .000 |
| | EMTwef | .036 | .007 | .892 | 5.587 | .001 |
| 2 | (Constant) | 23.118 | 2.201 | | 10.501 | .000 |
| | EMTwef | .025 | .006 | .613 | 4.280 | .004 |
| | T0 | -7.131 | 2.324 | -.441 | -3.068 | .018 |

- a. Dependent Variable: Ewef

Multivariable liner models (4.19) and (4.20)

Таблица IV.7 – Частотный тест уравнений

| Статистика | Номер уравнения | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 4.4 | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.9 | 4.10 | 4.11 | 4.12 | 4.13 | 4.14 | 4.15 | 4.16 | 4.17 | 4.18 | |
| Среднее | -0,04 | -0,04 | -0,05 | -0,09 | -0,02 | -0,03 | -0,02 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,65 | -1,18 | 0,92 | |
| Стандартная ошибка среднего | 0,12 | 0,13 | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,46 | 0,39 | 0,46 | |
| Медиана | -0,21 | -0,13 | -0,16 | 0,03 | 0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,24 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,77 | -1,24 | 0,20 | |
| Стандартное отклонение | 0,38 | 0,41 | 0,31 | 0,37 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,45 | 1,45 | 1,73 | |
| Варианса | 0,14 | 0,17 | 0,10 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,10 | 2,10 | 3,00 | |
| Критерии асимметрии | 1,06 | 0,81 | 1,81 | -3,14 | -0,40 | -0,30 | -0,09 | 1,20 | 1,48 | 0,25 | 0,16 | 0,64 | 1,08 | -0,35 | 1,18 | |
| Стандартная ошибка асимметрии | 0,69 | 0,69 | 0,60 | 0,69 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,60 | 0,60 | 0,69 | 0,60 | 0,60 | |
| Коэффициент т эксцесса | -0,47 | -0,53 | 3,90 | 9,92 | -0,35 | -0,01 | -0,65 | 0,82 | 1,94 | 1,20 | 0,12 | 0,72 | 2,22 | -0,10 | 1,32 | |
| Стандартная ошибка эксцесса | 1,33 | 1,33 | 1,15 | 1,33 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,15 | 1,15 | 1,33 | 1,15 | 1,15 | |
| Процент или | 25 | -0,29 | -0,40 | -0,23 | 0,01 | -0,18 | -0,19 | -0,19 | 0,13 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,02 | -1,63 | -1,85 | 0,01 |
| | 50 | -0,21 | -0,13 | -0,16 | 0,03 | 0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,24 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,77 | -1,24 | 0,20 |
| | 75 | 0,37 | 0,30 | 0,17 | 0,04 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 0,40 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | -0,02 | -0,25 | 2,27 |

Таблица IV.8 – Средний результат пересчета уравнений

| Уравнения для \hat{P} | Δ , кПа | δ , % | Стандартное отклонение, \pm | Вариация | Эксцесс | Асимметрия |
|--------------------------|------------------|--------------|-------------------------------|--------------|---------|------------|
| (4.4) | -0,037 | 4,08 | 0,380 | 0,144 | -0,469 | 1,062 |
| (4.5) | -0,039 | 4,82 | 0,413 | 0,171 | -0,534 | 0,808 |
| (4.6) | -0,047 | 4,79 | 0,308 | 0,095 | 3,895 | 1,809 |
| (4.7) | -0,030 | 2,27 | 0,020 | 0,134 | 4,096 | 1,736 |
| (4.8) | -0,021 | -0,72 | 0,227 | 0,051 | -0,349 | -0,399 |
| (4.9) | -0,031 | 1,77 | 0,221 | 0,049 | -0,005 | -0,304 |
| (4.10) | -0,020 | -0,80 | 0,216 | 0,047 | -0,652 | -0,088 |
| (4.11) | 0,294 | 23,66 | 0,228 | 0,052 | 0,817 | 1,200 |
| Уравнения для \hat{CP} | Δ , кПа/% | δ , % | Стандартное отклонение, \pm | Вариация | Эксцесс | Асимметрия |
| (4.12) | -0,0016 | 5,94 | 0,029 | 0,001 | 1,938 | 1,482 |
| (4.13) | -0,0016 | 2,99 | 0,027 | 0,001 | 1,195 | 0,246 |
| (4.14) | -0,0018 | 4,07 | 0,019 | 0,000 | 0,12 | 0,163 |
| (4.15) | -0,0016 | 2,87 | 0,021 | 0,000 | 0,72 | 0,641 |
| Уравнения для \hat{E} | Δ , % | δ , % | Стандартное отклонение, \pm | Вариация | Эксцесс | Асимметрия |
| (4.16) | -0,652 | -3,38 | 1,450 | 2,103 | 2,217 | 1,079 |
| (4.17) | -1,181 | -5,57 | 1,448 | 2,096 | -0,098 | -0,347 |
| (4.18) | -0,034 | 0,14 | 1,151 | 1,325 | -0,595 | -0,232 |
| (4.19) | 0,918 | 4,15 | 1,732 | 2,999 | 1,323 | 1,180 |

ПРИЛОЖЕНИЕ V

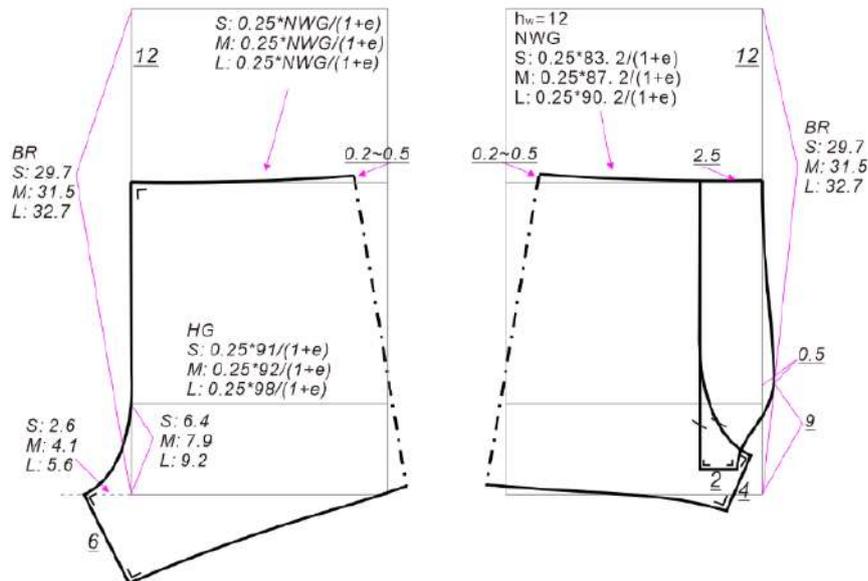
Алгоритмы построения чертежей конструкций и фотографии
испытываемых видов бельяРисунок V.1 – Схема чертежа БК (боксеров) размер M/M, h_w = 12 см

Таблица V.1 – Алгоритм построения БК (Боксеры I)

| Отрезок | Правила построения |
|---------|--|
| 1 | 2 |
| 0-1 | Расстояние от линии талии до плоскости сидения BR. Провести вертикальную и горизонтальную линии из т.0 |
| 1-2 | Положение линии бедер. Нарисуйте вертикальную длину $0.25 \cdot BR - 1$ ($0.25 \cdot BR \text{ or } 0.25 \cdot BR + 1$), т.2 на /0-1/. Положение уровня бедра h _H для типа S, M и L |
| 2-3 | Ширина по линии бедер. $0.5 H_G / k$, где k - коэффициент, показывающий способность материала растягиваться, $k > 1$, ($k = 1 + \text{конструктивная прибавка, } 0 \dots 19.5\%$) |
| 0-4 | Положение верхней линии выбирают по модели, согласовывают с положением верхней линии брюк - выше или ниже её. /0-4/ = (4...10 см) + ширина пояса |
| 4-5 | Ширина передней части вверху, $0.25 \cdot NW_G / k$. $NW_G = 0.02 \cdot h_w^2 + 0.61 \cdot h_w - 0.55 + W_G$. *0.25 * NW_G / k + ошибка шитья, значение растягивающего шва - разница в шитье эластичного пояса с кусочками нижнего белья, обычно составляет около 0...2 см |
| 5-6 | Боковой баланс. Отложить по перпендикуляру из т.5. Его можно рассчитать по формуле $/5-6/ = (D_{об} - D_{сп})[(16-h)/16]$, где D _{об} - расстояние от линии талии до пола сбоку, D _{сп} - расстояние от линии талии до пола спереди |
| 6-9 | Длина сбоку. Провести прямую линию через т.6 и 3 и отметить т.9. $/6-9/ = /6-7/ + /7-8/ + /8-9/$. $/6-7/ = /2-4/$, $/7-8/ = 0.5 \cdot /1-2/$. Расстояние /8-9/ выбирают по модели. Оформить верхнюю линию 4-6 с прямым углом в т.6 |

| 1 | 2 |
|----------------|---|
| 1-10 | Ширина шага. Что касается массовых размеров S, M и L - 2,6, 4,1, 5,6 см; для настроенных размеров ссылки на ΔWH |
| 2-10 | Нижний участок средней линии. Соединить т.2 и 10. Из т.1 провести перпендикуляр к линии /2-10/ и разделить его на три равные части. Оформить среднюю линию, как показано на рисунке |
| 10-11 | Длина шаговой линии. Из т.10 провести линию так, чтобы между ней и кривой /2-10/ был прямой угол. Обычно т.11 расположена на фигуре несколько ниже т.9 |
| 11-9 | Линия низа. Оформить с прямыми углами в т.11. Проверить длину линии можно по формуле $/11-9/ + /9'-21/ = NT_G = 81.64 - 0.89 \cdot SL \text{ or } 0.54 \cdot h_T + 54.59$ |
| Передняя часть | |
| 12-13 | Расстояние от линии талии до плоскости сидения D_c . Провести вертикальную и горизонтальные линии из т.0./12-13/ = /0-1/. Прямоугольник назад и прямоугольник передняя часть одинаковы. $/3'-14/ = /2-3/$, $/12-15/ = /0-4/$, $/15-16/ = /4-5/$, $/16-6'/ = /5-6/$, $/6'-9'/ = /6-9/$ |
| 15-17 | Половина ширины вставки, обычно может быть спроектирован в течение 0...6 см |
| 18-19 | Средняя линия. Из т.17 провести вертикальную линию и отметить т.18 в пересечении с горизонтальной линией, делящей отрезок /13-14/ пополам |
| 18-20 | Ширина шага. $/18-20/ = /1-10/$ |
| 19-20 | Соединить тт.19 и 20. Из т.18 провести перпендикуляр к линии /19-20/ и разделить его на три равные части. Оформить участок средней линии, как показано на рисунке |
| 20-21 | Из т.20 провести под прямым углом линию $20-21/11-10/ = /20-21/ + /22-23/$ |
| 21-9' | Линия низа. Оформить с прямыми углами в тт. 21 и 9'. $NT_G = 81.64 - 0.89 \cdot SL \text{ or } 0.54 \cdot h_T + 54.59$ |
| 19-22 | $/19-22/ = /19-20/$ |
| 22-23 | Из т.22 провести вправо горизонтальную линию /22-23/ $/11-10/ = /20-21/ + /22-23/$. Обычно составляет 1...3 см |
| 13-24 | Отметить т.24. зависит от морфологических особенностей фигуры и величины эффекта push-up. НаБК /13-24/ = 0...9cm, or higher. |
| 24-25 | Прогиб средней линии. Зависит от морфологических особенностей фигуры и назначения белья, например, для спортивного белья оно может быть меньше, чем для повседневного. В соответствии с ΔGW ссылка на размеры S, M и L составляет 0...0,5, 0,5...1,5 и 1,5...3 см. |

Таблица V.2 – Алгоритм проектирования боксеров с эффектом push-up(Боксеры II типа)

| 1 | 2 |
|--------------------|---|
| | |
| Правила построения | |
| 1 | 2 |
| 0-1 | $BR = 29.3 \text{ см}$ |
| 1-2 | $0.3 \cdot BR - 1 = 7.8 \text{ см}$ |
| 2-30 | $0.25 \cdot H_G / 1.19 = 19.1 \text{ см}$ |
| 0-26 | $h_W = 10.5 \text{ см}$ |
| 26-27 | $0.25 \cdot (0.02 \cdot h_W^2 + 0.58 \cdot h_W + 75.89) / 1.19 + 2 = 19.7 \text{ см}$ |

| 1 | 2 |
|----------|--|
| 27-28 | $(D_{FL} - D_{SL}) \cdot [(16 - h_w) / 16] = 0.3 \text{ см}$ |
| 28-29 | $/28-29/ = /2-26/ = 11.1 \text{ см}$ |
| 29-31 | $0.5 \cdot /1-2/ = 3.9 \text{ см}$ |
| 31-32 | $h_T = 5 \text{ см}$ (расчетное значение) |
| 1-10 | $\Delta WH = 5.5 \text{ см}$ |
| 10-11 | 7 см (расчетное значение) |
| 11-38-32 | Часть NT_G . Полноразмерные $NT_G = (54.59 - 0.54 \cdot h_T) / 1.19 = 43.6 \text{ см}$ |
| 37-38 | Сrotch часть обратно структурной линии шва. Четверть части 10, 11, 38, 37 . |

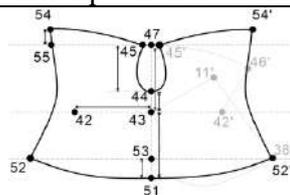
Кроме того, бесшовный узор задней части (серая линия) как:

| | |
|----------|---|
| 2-33 | $/2-33/ = /2-10/$ |
| 33-35 | $/1-10/ = 5.5 \text{ см}$ |
| 33-34 | $0.5 \cdot /1-10/ = 2.75 \text{ см}$ |
| 33-36 | 7 см. Начните как вогнутую вниз кривую от 33 (эта кривая должна быть выше 2...3 см длины), а затем перейти на прямую линию до 36 в соответствии с линией /34-36/ |
| 36-38-32 | Длина меньше /11-38-32/ , полноразмерные $NT_G = (54.59 - 0.54 \cdot h_T) / 1.19 = 43.6 \text{ см}$, для бесшовного дна можно добавить 1...2 см. |

Передняя часть

| | |
|--------------------|--|
| 12-13 | $0.3 \cdot BR - 1 = 7.8 \text{ см}$ |
| 14-30' | $0.25 \cdot H_G / 1.19 = 19.1 \text{ см}$ |
| 12-39 | $h_w = 10.5 \text{ см}$ |
| 39-40 | $0.25 \cdot (0.02 \cdot h_w^2 + 0.58 \cdot h_w + 75.89) / 1.19 + 2 = 19.7 \text{ см}$ |
| 40-28' | $(D_{FL} - D_{SL}) \cdot [(16 - h_w) / 16] = 0.3 \text{ см}$ |
| 28'-32' | 19.9 см |
| 39-41 | 4 см (расчетное значение) |
| 41-41' | 0.5 см |
| 41-45 | 8.5 см (45 is structural design point) |
| 20-43, серая линия | 3 см, в зависимости от ширины основания вставки БК (часть inseam), как правило, составляет 3 см), /20-19/ перпендикулярно /20-43/ |
| 20-42, серая линия | 4 см (часть внутреннего внутреннего шва, /20-43/ + /20-42/ = 7 см) |
| 43-44, серая линия | /43-44/ перпендикулярно /43-47/ пересекаются в т. 44 (т. 44 на /13-12/), правый угол в т. 43 |
| 44-45, серая линия | Соединяющие тт. 44 и 45 , сделайте правый угол в т. 44 . Таким образом, /42-43-45-46/ является частью исходного шаблона фрагмента ластовицы, дождитесь следующего варианта |
| 42-43, серая линия | 8 см. Нарисуйте линию, соединяющую т. 42 и 43 , а не через т. 20 , чтобы сделать переднюю часть промежности ссылкой |
| 41'-48 | /41'-48/ = /41'-45-44/ |
| 14-49 | $h_G = 4 \text{ см}$ |
| 49-50 | $\Delta GW = 1.5 \text{ см}$ |
| 45-46 | Оформить линию притачивания ластовицы. Ластовица ограничена точками 45, 46, 42, 43 |

Цельнокроеная ластовица



| | |
|-------|---|
| 44-51 | $/44-51/ = /44-43/ + /10-37/$ |
| 45-54 | $/45-54/ = /45-46/ = /45'-54'/ = /45'-46'/ = 10 \text{ см}$ |



Рисунок V.3 – Варианты белья из четырех видов материалов: *a* – “U1” из T_1 ; *b* – “U2” из T_2 ; *c* – “U3” из T_6 ; *d* – “U4” из T_{11}



T_4

T_1

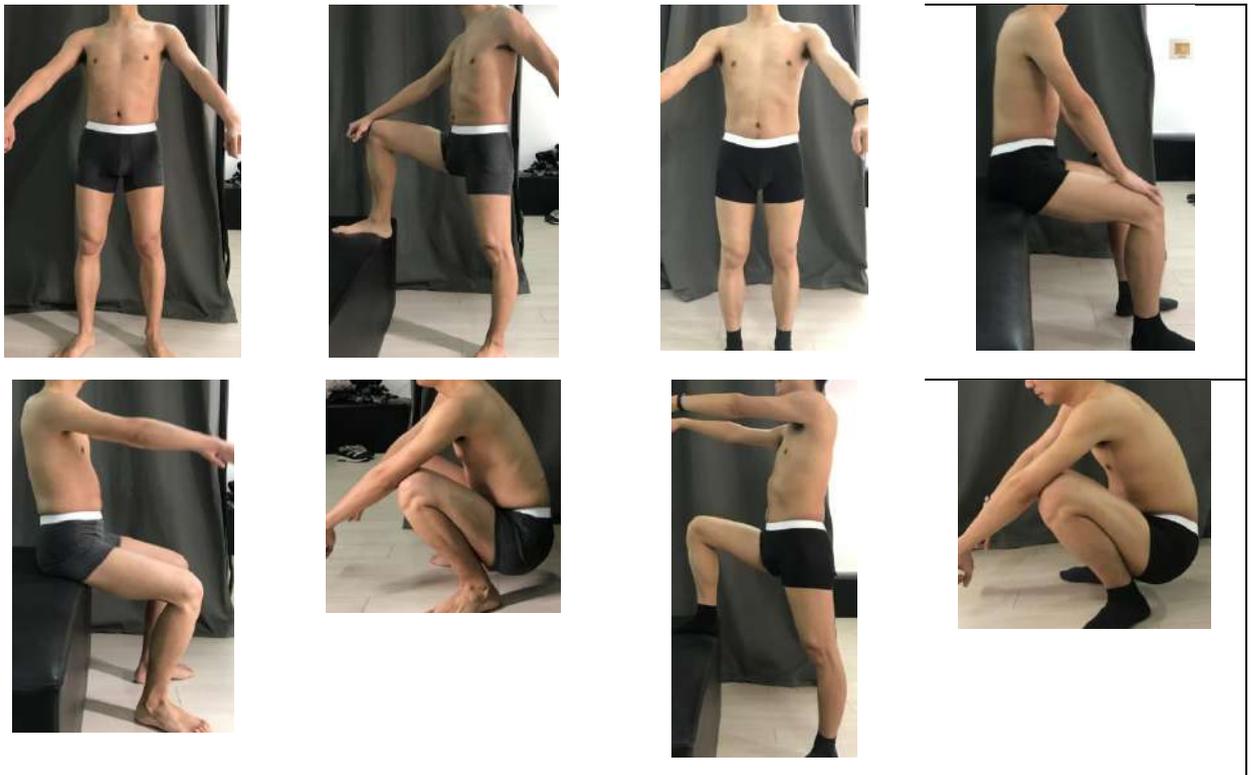
 T_6 T_{11}

Рисунок V.4 - Эргономические позы для проверки белья

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

УТВЕРЖДАЮ

Директор ZOZH Спортивная марка
российской одежды и обуви


А.В.Мухин
" 22 " февраля 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора ФГБОУ ВО
"Ивановский государственный
политехнический университет"


Г.В.Румяшнев
" 28 " февраля 2019 г.

АКТ производственной проверки результатов,
полученных в диссертационной работе Чен Чжэ

Мы, нижеподписавшиеся, конструктор Кутепова М.С., технолог мантрова А.Н., с одной стороны, и заведующий кафедрой КШИ В.Кузьмичев и аспирант Чен Чжэ, с другой стороны, составили настоящий акт о производственной проверке результатов, полученных при выполнении диссертационной работы "Совершенствование процесса проектирования мужского компрессионного белья".

Дата внедрения - декабрь 2018 - февраль 2019 гг.

Объект внедрения - методика конструирования мужских боксеров II типа.

Условия внедрения - изготовление моделей мужских боксеров из трикотажного полотна Кулирная гладь 30/1.95/5 Хлопок/Эластан в количестве 100 штук

Предприятию были переданы 6 комплектов чертежей 6 размеров

При изготовлении мужских боксеров было использовано оборудование предприятия.

Было выпущено 10000 штук боксеров, которые были реализованы в торговой сети без рекламаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Разработанные чертежи конструкций удовлетворяют требованиям предприятия, а изготовленные образцы обладают высокими потребительскими свойствами.

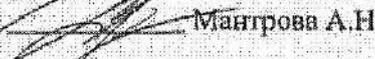
От ZOZH

От ИВГПУ

Конструктор

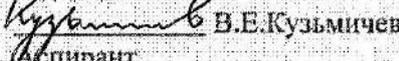

Кутепова М.С.

Технолог

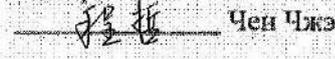

Мантрова А.Н.

zozh-shop.ru

Заведующий кафедрой
конструирования швейных
изделий


В.Е.Кузьмичев

Аспирант


Чен Чжэ

ivgpu.com

ПРИЛОЖЕНИЕ VII

Questionnaire Male consumer preferences

Please mark your choice as \surd .

1. Which kind of underwear do you prefer for everyday life?(X_1)

- | | | | | | |
|--------------------------|---|---|--------------------------|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> |  | Briefs Брифы | <input type="checkbox"/> |  | Bikinis Бикини |
| <input type="checkbox"/> |  | Boxer-Shorts (Trunks) Боксерские-Шорты | <input type="checkbox"/> |  | Jockstraps Стринги-бикини |
| <input type="checkbox"/> |  | Boxer-Briefs (slim)Боксерские-Брифы | <input type="checkbox"/> |  | Thongs (G-string) Ремешок |
| <input type="checkbox"/> |  | Boxers (loosely) Боксеры | <input type="checkbox"/> | - | Others |
| <input type="checkbox"/> | I don't wear underwear | | | | |

2. How many kinds of underwear did you try to wear in your life (please mark each kind)?(X_5)

- Brief (slips)
- Hips
- Boxers slim
- Boxers loosely
- String
- Jokey
- Thongs
- Swimming suit

3. Which style of underwear do you prefer?(X_4)

- Very closely fitting
- Closely fitting
- Regular
- Loosely

4. Which is your underwear size? (X_6)

- S
- M
- L
- XL
- XXL
- I don't know

5. Which kind of fabric do you prefer?

- 100 % cotton
- Cotton + synthetic fibers
- Synthetic
- With Lycra
- All kinds
- No preferences

6. Have you changed own preferences about underwear during your life?

- No
 Yes

If your preferences changed, can you mark the reason?

- Because my body morphology was changed in good shape
 Because my body morphology was changed in bad shape
 Because my taste was changed
 Because my income was changed

7. **Which functions of underwear are more important for you?** (X_{12})

- To feel myself comfortable
 To have the attractive look when I take off my trousers
 To improve my body morphology in front
 To improve my body morphology in back
 To improve my body morphology in front and back
 I never think about it, my everyday problems are more serious

8. **Which construction of underwear do you prefer?** (X_2)

- Seamless
 With few seams
 With many seams, especially in front part
 I don't know

9. Do you like when the underwear push-up your buttock?

- Yes
 No

10. Do you like when the underwear push-up your penis?

- Yes
 No

11. When you are choosing the underwear for dairy do you think with type of pants (trousers) you will wear together? For example, closely fitting underwear + slim jeans or loosely underwear + baggy pants.

- Yes, every time I try to adopt the shapes of trousers and underwear
 No, I am wearing every time one kind of underwear with different trousers (pants)
 Sometimes I think about the combination, sometimes no

12. **Which a position of underwear waistband do you prefer?**(X_3)

- Natural waist
 Below natural waist in 3-5 cm
 Below natural waist in 6-10 cm
 Very low

13. **Which a combination of trousers and underwear waistbands do you prefer?**(X_{11})

- When trousers waistband higher than underwear waistband
 When trousers waistband lower then underwear waistband

14. Did you meet some problems when the trousers and underwear weren't suitable one to other?
- No
- Yes (please write the reason)
15. Do you have the problems when are you buying the underwear?
- Yes
- No
16. Which kinds of problems do you meet during your attempt to buy underwear?
- I don't know my underwear size
- I don't know which design is more suitable for me
- I don't how I will look in this kind of underwear
- Other (please write)
17. Do you ask somebody to help you or ask the opinion of others when you are going to buy underwear?
- No
- Yes
18. **Which elements are you checking when buying the underwear?(X₇)**
- Type (slips, hips, boxers)
- Color
- Construction
- Waistband with brand
- All elements
19. Which color or pattern of underwear do you prefer?
- | | |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Black | <input type="checkbox"/> White |
| <input type="checkbox"/> Grey | <input type="checkbox"/> Color blocking |
| <input type="checkbox"/> Dark blue | <input type="checkbox"/> Printed |
| <input type="checkbox"/> Red | <input type="checkbox"/> Bright color |
| <input type="checkbox"/> Green | <input type="checkbox"/> Other (please write) |
20. How long do you wear underwear during a day?
- 24 hours
- Only in day-time
- Sometimes I didn't wear underwear in day-time
- I use other underwear for sleeping
- I never wear underwear for sleeping
21. **Which problems did meet during the wearing of underwear?(X₁₀)**
- Uncomfortable feeling under fabric influence
- Uncomfortable feeling under construction influence in crotch area
- Uncomfortable feeling under construction influence in front area
- Uncomfortable feeling under construction influence in waistband area
- Other (please write)
22. Do you think your body morphology need the special design of underwear?
- No
- Yes

23. How much underwear for dairy do you have?

- Smaller than 4
- 5-7
- 8-12
- More than 13
- I don't know

24. How often do you buy new underwear? (X_8)

- Each month
- Each half year
- Each year
- Evenly

25. Which brand do you prefer? (X_9)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> DIM | <input type="checkbox"/> Replay |
| <input type="checkbox"/> CK | <input type="checkbox"/> Clever |
| <input type="checkbox"/> 2xist | <input type="checkbox"/> Garson Francias |
| <input type="checkbox"/> AndrewChristian | <input type="checkbox"/> Genius |
| <input type="checkbox"/> BOSS HugoBoss | <input type="checkbox"/> Rufskin |
| <input type="checkbox"/> EmporioArmani | <input type="checkbox"/> Timoteo |
| <input type="checkbox"/> PUMP! | <input type="checkbox"/> Addicted |
| <input type="checkbox"/> Atlantic | <input type="checkbox"/> Other (please write) |

26. Which is your age?

- Teenager
- 20-25
- 26-35
- 36-55
- More than 55