

На правах рукописи

夏鹏

Ся Пэн

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВНЕШНЕГО
ВИДА ЖЕНСКИХ БЛУЗОК**

05.19.04 – Технология швейных изделий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново –2022

Работа выполнена на кафедре конструирования швейных изделий Института текстильной индустрии и моды ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет».

Научный руководитель **Кузьмичев Виктор Евгеньевич**, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой конструирования швейных изделий ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново

Официальные оппоненты: **Коробцева Надежда Алексеевна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий и компьютерного дизайна, ФГБОУ ВО "Российский государственный университет имени А.Н.Косыгина (Искусство. Дизайн. Технологии)", г. Москва

Москвина Мария Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и технологии одежды ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", г. Санкт-Петербург

Ведущая организация ФГАОУ ВО "Омский государственный технический университет", г. Омск

Защита состоится 06.10.2022 в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.355.02 на базе ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»: 153000 г. Иваново, Шереметевский пр., 21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Ивановского государственного политехнического университета: ivgpi.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Никифорова
Елена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Чертежи конструкций являются базисом для производства одежды и первым этапом проектирования по схеме 2D→3D. Несмотря на большое количество руководств по построению чертежей базовых конструкций, не все они могут быть применены для кастомизации одежды в условиях виртуальной реальности (VR). В виртуальной реальности (VR) существуют структурные проблемы, возникающие во время примерок внешне благополучных чертежей из-за сложно формализуемой процедуры согласования пространственного взаимоположения одноименных антропометрических и конструктивных точек и линий. Дело в том, что поиск таких аналогов на поверхности фигуры и чертежах деталей *модельных* конструкций одежды, объединяющихся в единую систему "фигура - одежда" со сложным характером распределения воздушных зазоров, является очень серьезной и многовариантной научно-практической задачей. По причине ее нерешенности в виртуальных моделях одежды зачастую происходит нивелирование дефектов посадки, незапланированное распределение прибавок и другие явления, приводящие к появлению существенных отличий между виртуальными и материальными прототипами и снижению уровня эмоционального восприятия пользователем.

Степень разработанности темы. Вопросами трехмерного дизайна одежды для массового производства и индивидуального потребления активно занимаются во многих странах мира, в первую очередь в тех, в которых цифровизация экономики стала определяющим фактором. Наиболее активными являются Паскаль Брунио (Франция), Сьюзан П. Эшдаун (США), Хва Ген Сон (Республика Корея), Е.Г. Андреева, И.Ю. Петросова, Н.А.Коробцева (Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина), А.Ю. Москвин, М.В. Москвина (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна). Результаты исследований коммерциализируют для улучшения программного обеспечения виртуальной примерки (CLO3D, Vidya, Assyst, Lectra, Marvelousdesigner, LookStailor и др.), которые выглядят все более и более реалистично. Однако конструктивная составляющая пока не может охватить все варианты разнообразных объемно-силуэтных форм женской одежды.

Эти ситуации вызывают необходимость изучения и прогнозирования причин дефектов внешнего вида виртуальной одежды, особенно при наличии явных различий между реальной одеждой и ее аналогами в VR. Часто виртуальная примерка не позволяет выявить все конструктивные ошибки в чертежах, которые ответственны за появление дефектов посадки, по ряду причин: недостаточности обучающих выборок и нейронных сетей, сформированных в программах виртуальной реальности; отсутствия формализованных зависимостей между особенностями морфологии и приемами модификации чертежей. Следовательно, для улучшения виртуальной симуляции и получения реалистично выглядящих рендеров

одежды необходимо разработать алгоритм квалиметрии чертежей конструкций и определить численные значения критериев.

Работа выполнена на кафедре конструирования швейных изделий Ивановского государственного политехнического университета в 2017-2022 гг. в рамках научного направления "Анализ и синтез материальных и виртуальных систем "фигура-одежда", в рамках государственного задания "Разработка программного обеспечения для виртуального проектирования статичных и динамичных систем "фигура-одежда" и проведения виртуальных примерок одежды Fashion Net" (№ 2.2425.2017/ПЧ) и гранта РФФИ и Ивановской области "Фундаментальные основы виртуального проектирования цифровых систем «фигура человека - одежда» с применением нейропсихологических технологий и реверсивной инженерии", № 20-47-370006.

Работа соответствует пункту 5 паспорта научной специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий: Совершенствование методов оценки качества и проектирование одежды с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями.

Целью диссертационной работы является улучшение качества процесса виртуальных примерок женских блузок.

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

1. Сформировать данные о конструктивных параметрах чертежей модельных конструкций (ЧМК) женских блузок разных силуэтов и объемно-пространственных форм и выполнить их группировку.

2. Разработать графические модели на основе математической обработки ЧМК женских блузок разных силуэтов и степени приталенности.

3. Провести антропометрические исследования женских фигур для формирования совокупности размерных признаков, которые могут быть использованы для проверки соразмерности чертежей размерному варианту цифрового двойника фигуры (ЦДФ).

4. Разработать методику проверки ЧМК перед виртуальной примеркой, включающей анализ линий проймы, горловины, плечевых и конструктивной прибавки к размерному признаку "Длина спины до талии" как основополагающей для позиционирования деталей одежды на ЦДФ.

5. Разработать методику параметризации ЧМК на основе уплощенных разверток поверхности торса фигуры.

6. Разработать алгоритм и показатели для объективной бесконтактной оценки качества виртуальной женской одежды.

7. Определить участки зрительского интереса к различным участкам виртуальных женских блузок.

8. Разработать данные о конструктивных причинах дефектов посадки и критерии для их оценки.

9. Провести экспериментальную проверку разработанной технологии виртуальной примерки женских блузок.

Объекты исследования – ЧМК женской блузки, технология трансформации чертежей 2D –3D, критерии качества ЧМК, реальные и виртуальные системы «ВДФ – женская блузка», алгоритмы виртуальной примерки.

Предмет исследования – подготовка ЧМК к виртуальной примерке.

Методы и средства исследования. Для создания баз данных использованы различные источники информации. Программное обеспечение CLO 3D было использовано в качестве технологического измерительного инструмента виртуальных объектов. Для проведения исследований был сформирован аппаратно-программный комплекс под условным названием "Виртуальная примерка женских блузок", обеспечивающий генерирование и передачу цифровой информации, получаемой на каждом этапе исследований, в который вошли шесть компонентов: (1) лазерный бесконтактный 3D бодисканер VITUS Smart XXL для получения ВДФ фигур согласно стандарту ISO 20685-2010 (E); (2) программа Anthroscan (Human Solutions, Германия) для обработки антропометрической информации; (3) САПР (BUYI Technology, Китай) для оцифровывания ЧМК; (4) компьютерные программы Rhinoceros и CLO 3D, версия 5.0.156.38765 (CLO Virtual Fashion, Республика Корея) и для генерирования виртуальных объектов; (5) измерительный комплект, включающий инструменты для фиксации движения глаз TobiiProNano и TobiiPro Glasses 2 Wireless; (6) программное обеспечение TobiiPro Lab для изучения визуальной реакции (Tobii, Швеция). Для обработки результатов измерений использовали методы математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа с помощью программы SPSS (IBM, США).

Научная новизна работы заключается в разработке методического аппарата для проверки конструктивного соответствия чертежей модельных конструкций женских блузок антропоморфным особенностям аватаров человеческих фигур. Впервые получены следующие научные результаты:

1. Алгоритм проверки чертежей модельных конструкций с позиций антропоморфного соответствия аватару женской фигуры.
2. Критерии чертежей модельных конструкций для прогнозирования появления дефектов внешнего вида.
3. Методика проверки зрительного восприятия дефектов посадки виртуальной одежды.
4. Методики параметризации чертежей модельных конструкций женских блузок разных силуэтов.

Теоретическая значимость исследования заключается в формализации профессиональных знаний, относящихся к проектированию и визуализации женских блузок с учетом морфологических особенностей фигур и модельных особенностей чертежей.

Практическая значимость работы состоит в создании данных и правил, необходимых для подготовки чертежей модельных конструкций одежды к виртуальной примерке для исключения появления дефектов посадки. Данные в виде чертежей модельных конструкций, установленных

закономерностей и алгоритмов могут использоваться при разработке программных модулей. Показана возможность использования программы CLO 3D в качестве средства технологических исследований и моделирования процессов формообразования одежды в системе "аватар–одежда". Полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе, работе практикующих конструкторов одежды и совершенствования систем трехмерного проектирования.

Степень достоверности результатов и выводов обеспечивается сочетанием фактических результатов теоретических исследований и экспериментальных результатов, статистической достаточностью полученных уравнений, применением современных средств измерений, широкой апробацией полученных результатов в периодической печати и на конференциях.

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 17th World Textile Conference AUTEX 2017- "Textiles–Shaping the Future", 21-23 июня 2017 года (**Корфу, Греция**); Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference AITAE (**Mytilene, Lesvos, Greece, 2018**); XXIV международная научно-технической конференции "Информационная среда вуза", 22-23 ноября 2017 г., (**ИВГПУ, Иваново**); XII международный научно-практический форум "Физика волокнистых материалов", 2020 (**ИВГПУ, Иваново**); Всероссийская (с международным участием) молодёжная научно-техническая конференция «Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы» (ПОИСК- 2019, 2020) (**ИВГПУ, Иваново**); International Conference on Advanced Materials, Electronical and Mechanical Engineering (**Сямэнь, Китай, 2020**); International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE (**Ямбол, Болгария, 2020**); четвертом Всероссийском молодежном международном конкурсе ЛЕГПРОМНАУКА 2021 международного научно-практического форума SMARTEX 2021 (**Иваново**).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 13 печатных работ, из них шесть статей в изданиях, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук», семь материалов конференций и форумов различных уровней.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка 121 использованных источников и 10 приложений. Содержание работы изложено на 291 странице машинописного текста, включая 70 рисунков и 54 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность и степень научно-теоретической разработанности проблемы получения реалистичных виртуальных двойников одежды с показателями формы, запроектированными в чертежах конструкций; сформулированы цели и задачи исследования, приведена характеристика методов и средств исследования, сформулированы выносимые на защиту положения, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации, представлена ее структура.

В **первой главе** проведен анализ следующих аспектов современного состояния технологий получения цифровых двойников фигур и одежды:

- возможности современных 3DCAD в получении реалистичных виртуальных двойников одежды с показателями формы, запроектированными в чертежах конструкций;
- основные проблемы, возникающие при виртуальной примерке;
- особенности конструирования с позиций используемых баз данных, алгоритмов, приемов формообразования и причин возникновения дефектов;
- критерии оценки одежды в VR.

Сформированы цель и задачи исследования, составлен его алгоритм.

Вторая глава посвящена разработке антропометрических данных и графо-математических моделей ЧМК (результаты опубликованы в трех работах).

Антропометрические данные включают измерения женских фигур и разработку виртуальных двойников фигур (ВДФ) в программе CLO3D с дополнительными размерными признаками, отвечающими за качество посадки одежды и предназначенными для нахождения антропометрических точек в области верхнего плечевого пояса. Используются 16 размерных признаков, с помощью которых контролировали торсы ВДФ, включая пять дополнительных.

Была сформирована обучающая выборка из 132 чертежей модельных конструкций (ЧМК). Чертежи были оцифрованы с помощью ETCAD и разделены по фронтальным силуэтам на X, H, A, а затем - по степени объемности формы на прилегающие, полуприлегающие и свободные. На **рис.1** показаны схемы чертежей, демонстрирующие отличия между исследуемыми силуэтами.

Графо-математические модели ЧМК силуэтов X, H и A с тремя различными степенями приталенности были разработаны на основе чертежа базовой конструкции (БК) с лимитированными параметрами корреляционно-регрессионного анализа. Графо-математические модели включают уравнения для преобразования координат внешнего контура БК в ЧМК. В графо-математические модели включены структурные изменения чертежей на уровнях груди и талии, плечевого пояса, ширины спинки, горловины и др. С помощью полученных уравнений можно выполнять параметризацию чертежей для получения необходимой объемно-силуэтной формы.

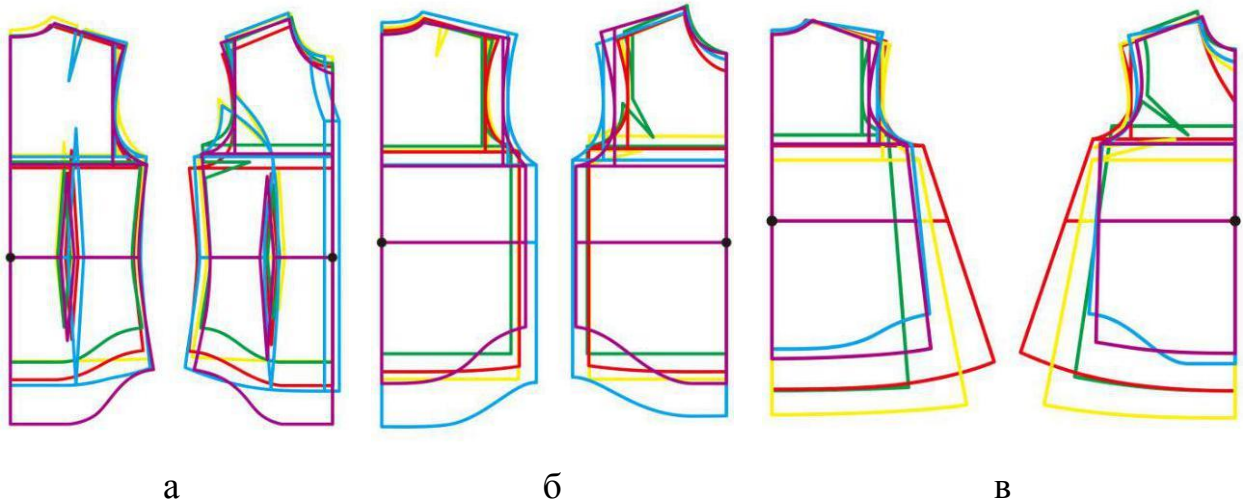


Рис. 1 –Схемы чертежей блузок разных стилей: а - Х, б - Н, в - А

Третья глава посвящена разработке методики подготовки ЧМК к виртуальной примерке (результаты опубликованы в 3 статьях).

Параметризация ЧМК с помощью развертки поверхности аватара.

Параметризация включает совмещение по особым правилам ЧМК и развертки поверхности аватара и измерение основных конструктивных параметров. Координаты аналогичных точек ЧМК и ВДФ, а также величины конструктивных параметров, могут быть получены с использованием развертки торса и графо-математических моделей в координатах осей X и Y. На **рис. 2** показаны ВДФ, плоская развертка торса, полученная в программе CLO3D с помощью инструмента для выравнивания, и совмещенные плоская развертка ВДФ и графо-математическая модели ЧМК.

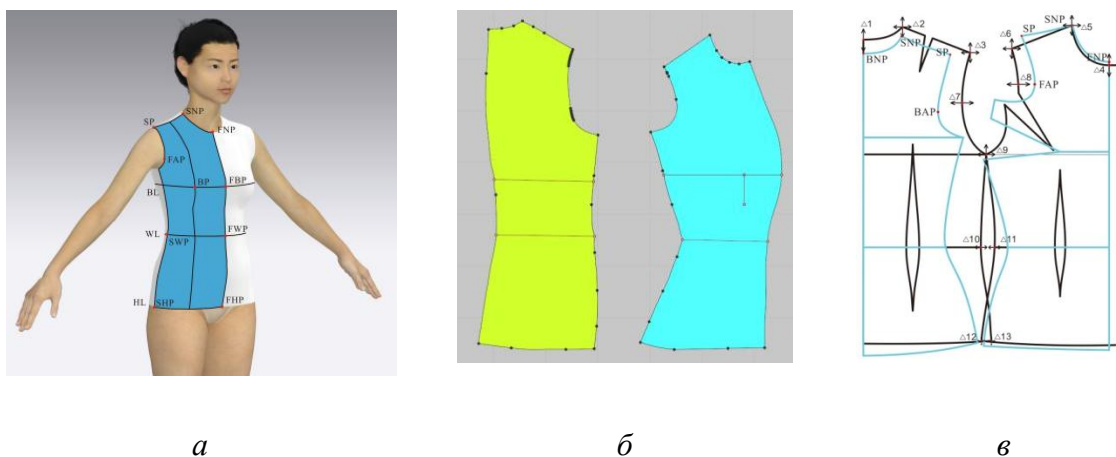


Рис.2 - ВДФ (а), развертка торса (б) и схема совмещения развертки с ЧМК (в)

После совмещении по указанной схеме были вычислены основные конструктивные прибавки, зная которые, можно обеспечивать позиционирование виртуальных чертежей на аватаре фигуре.

Проверка положений антропометрического и конструктивного уровней талии. Методика предназначена для нахождения линии талии путем

уточнения двух прибавок вдоль средней линии спинки - к высоте горловины спинки и длине спины до талии - путем координирования друг относительно друга рендера блузки и ВДФ с ориентацией на два уровня талии – антропометрический и конструктивный. **Рис.3** иллюстрирует схему нахождения уровней талии на обоих объектах.

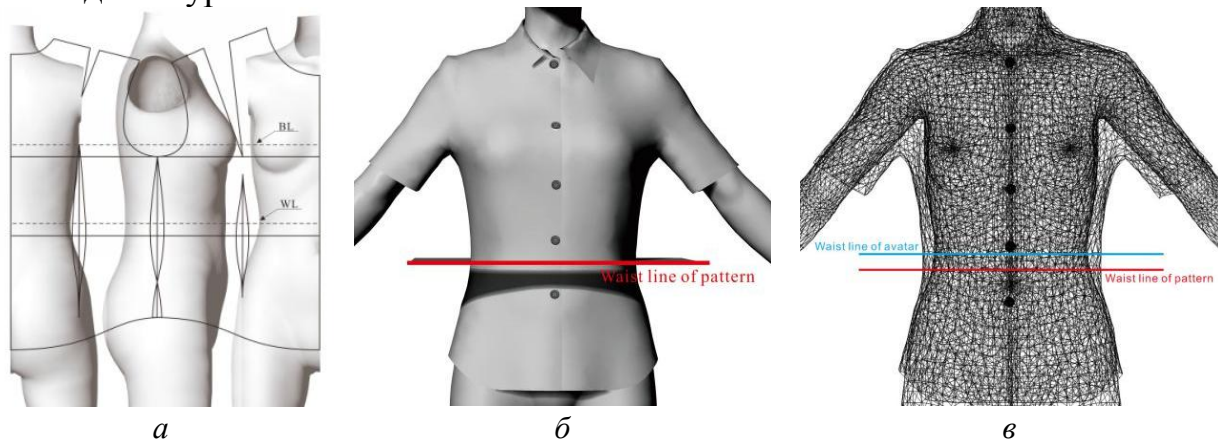


Рис. 3 - Схемы положения конструктивной линии талии WL на чертеже (а) и рендере блузки в CLO3D (б) и антропометрической линии талии на триангуляционной оболочке блузки в Rhinoceros (в)

На ЧМК уровень линии талии определяли с помощью размерного признака "Расстояние от FNP до линии талии через выступающую точку грудных желез ВР" и положению самых широких мест талиевых вытачек (**рис.3, а**). Непрозрачный рендер блузки генерировали из ЧМК в программе CLO3D (**рис. 3, б**), а в виде прозрачной триангуляционной сетки после экспортирования файла - в Rhinoceros (**рис. 3, в**). Антропометрический уровень талии ВДФ был определен как самое узкое место торса. Прибавка к размерному признаку "Длина спины до талии" равна расстоянию между антропометрическим и конструктивным уровнями талии.

Проверка линии горловины и плечевых линий. Методика включает анализ одноименных конструктивных и антропометрических –плечевых линий и горловины – ВДФ и ЧМК. Методика основана на нахождении координат точек на линии обхвата шеи, линий плечевого ската и их согласования с аналогичными точками и линиями чертежей. Анализ линии горловины включает ее оценку относительно линии обхвата шеи и горловины и проверку их соответствия друг другу.

Во время проверки полочку и спинку располагали таким образом, чтобы получить замкнутую линию горловины, а внутри расположить сечение шеи с соблюдением ранее вычисленной прибавки к конструктивному отрезку "Высота горловины спинки". Сечение шеи и развернутые на плоскости плечевые линии ВДФ могут располагаться по-разному в зависимости от величины этой прибавки. Поэтому отсутствие или появление дефектов посадки будут зависеть от взаимного положения двух замкнутых линий - шеи и горловины, а также от угловой разности между плечевыми линиями ЧМК и

развертки ВДФ. На **рис. 4** показаны возможные варианты взаимного расположения линий ЧМК из обучающей выборки и их влияние на возникновение дефектов посадки виртуальных блузок на ВДФ.

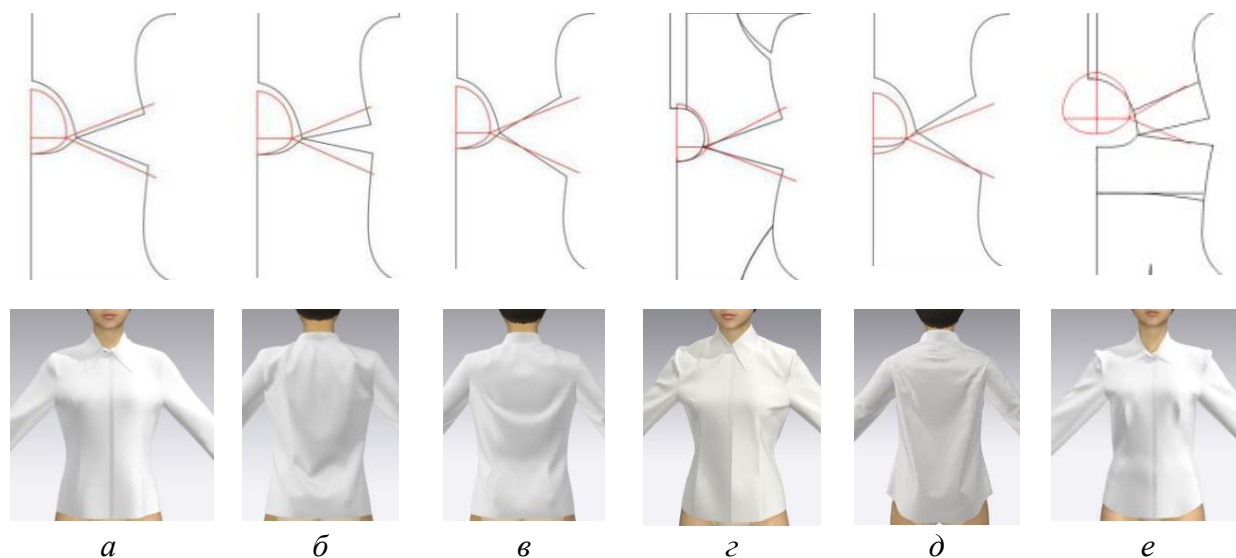


Рис.4 -Возможные варианты взаимного расположения развертки ВДФ и ЧМК из сформированной обучающей выборки и внешний вид виртуальных блузок: а - бездефектный вариант, б,в,г,д,е - неверные углы наклона плечевых линий, г- недостаточная длина линии горловины, д - недостаточная прибавка к высоте горловины спинки, е - чрезмерно большая прибавка к высоте горловины спинки

Проверка линии проймы основана на использовании передней и задней точек подмышечной впадины в качестве ключевых. Конструктивная прибавка на свободу проймы может быть вычислена путем виртуального перекрытия линий проймы ЧМК и линии сочленения руки с туловищем ВДФ.

Таким образом, определены условия согласования аналогичных конструктивных и антропометрических линий и точек для однозначного расположения виртуальной одежды на ВДФ.

Четвертая глава посвящена разработке методик детектирования дефектов посадки с помощью градиента серого цвета и применения нейropsихологической технологии eye-tracking для анализа виртуальных рендеров (результаты работы опубликованы в трех статьях).

Методика измерения параметров складок на поверхности основана на измерении интенсивности серого цвета на поверхности виртуальных моделей в местах расположения складок и закономерностях между глубинами складок, измеряемых на горизонтальных сечениях. Параметры складок выбраны в качестве индикаторов качества посадки виртуальных блузок. Методика реализована с помощью программ CLO3D, Rhinoceros, ImageJ. На **рис.5** показаны рендер блузки и схемы параметризации складок на горизонтальных сечениях и поверхности виртуальной блузки по технологии серого цвета.

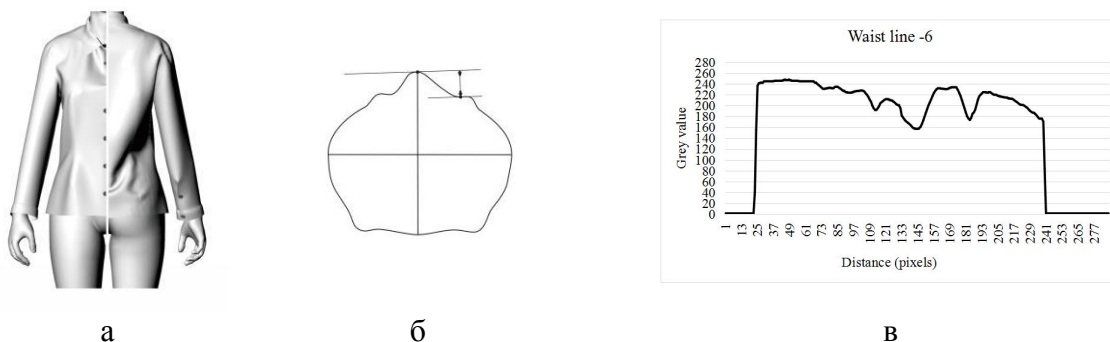


Рис.5 -Рендер блузки (а), горизонтальное сечение для измерения линейных параметров складок (б) и диаграмма серого цвета поверхности блузки в местах расположения складок в осях координат "Интенсивность серого цвета (Grey value) - расстояние (distance)в пикселях" (в)

Средние значения ширины и глубины складок рассчитывали по выражениям

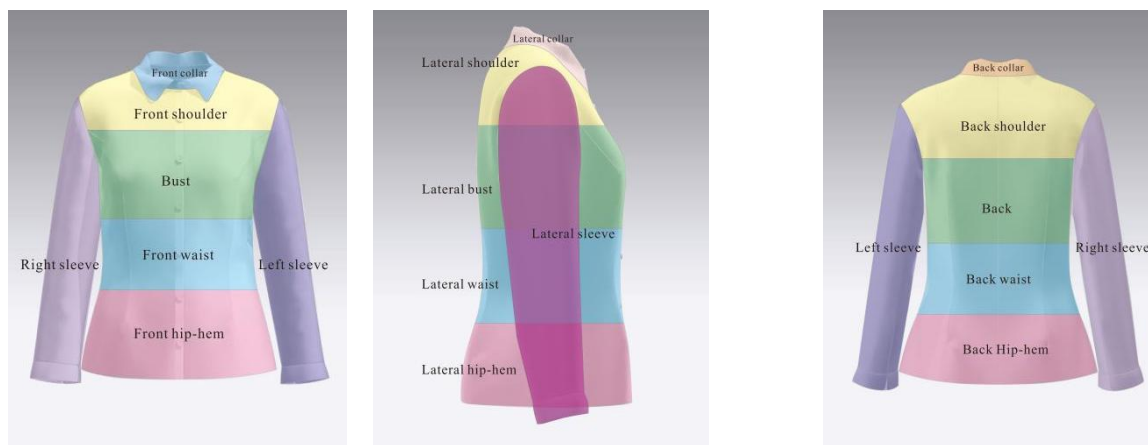
$$V_D = \frac{\sum_i |V_{Di} - \bar{V}_D|}{\bar{V}_D} 100 \quad (1)$$

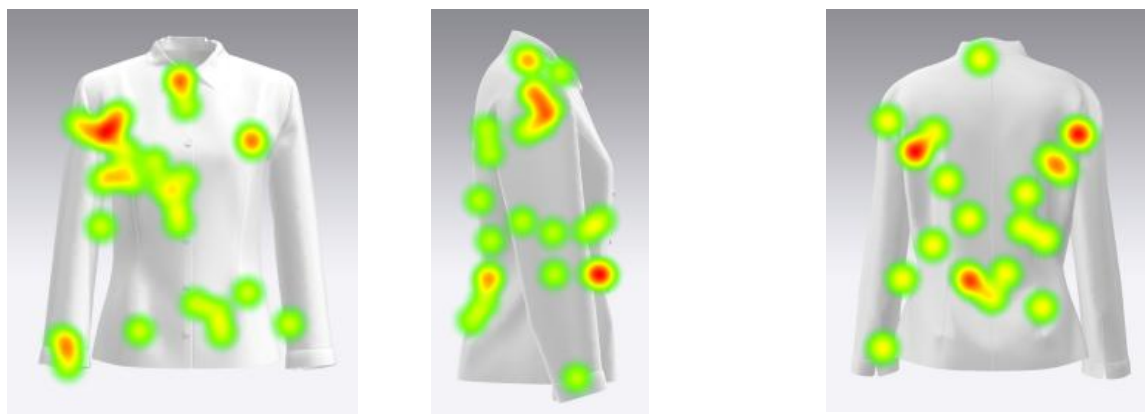
$$V_H = \frac{\sum_i |V_{Hi} - \bar{V}_H|}{\bar{V}_H} 100 \quad (2)$$

где V_{Di} , V_{Hi} – соответственно ширина и глубина i -ой складки; \bar{V}_D , \bar{V}_H – соответственно среднее значение ширины и глубины.

Сформирована база данных, объединяющая линейные параметры складок и неровности поверхности по шкале серого цвета.

Методика параметризации визуального интереса с помощью нейропсихологической технологии айтрекинга была разработана для изучения степени внимания людей к дефектам на различных частях одежды. С помощью сенсорной технологии айтрекинга исследованы 20 материальных и виртуальных женских блузок с разным качеством посадки от отличного до плохого. Исследования проводили в зонах, в которых возникали складки как индикаторы дефектов (рис.6).





б

Рис. 6 - Зоны фиксации взглядов (а) и пример тепловой карты для блузки силуэта Х (б)

Были получены количественные характеристики: продолжительность фиксации взгляда и количество его фиксаций, проведено сравнение средних значений для одноименных объектов и выполнен многомерный дисперсионный анализ данных отслеживания взгляда. Установлены участки повышенного внимания, на которых появление дефектов крайне нежелательно.

Продолжительность и количество фиксаций на переднюю часть полочки самые высокие, за ней следуют рукав и область талии. Наибольший вес этих участков свидетельствует о правильности выбранного в гл. 3 подхода по антропометрической параметризации верхней опорной поверхности ЧМК, от которой зависит возникновение дефектов именно на этих участках.

Пятая глава посвящена разработке технологии проведения виртуальной примерки и качества посадки (результаты работы опубликованы в трех статьях).

Разработанная сценарная технология проведения виртуальных примерок женской одежды включает следующие этапы:

- генерирование виртуального двойника женской фигуры с использованием базовых и дополнительных размерных признаков;
- генерирование развертки торса;
- графоаналитический анализ развертки торса и чертежей деталей для согласования взаимного положения антропометрических и конструктивных точек и уровней;
- формирования первичной виртуальной системы "аватар – блузка" для уточнения конструктивных прибавок;
- проверка и корректировка конструктивных параметров, ответственных за возникновение дефектов посадки;
- формирование окончательной виртуальной системы "аватар – блузка";
- количественная оценка состояния поверхности системы "аватар – блузка" путем измерения неровноты поверхности.

Оценка посадки включала идентификацию дефектов, особенностей их расположения и определение конструктивных параметров, ответственных за их появление. В качестве конструктивной базы технологии выбраны причины возникновения дефектов:

- 1) распределение основной прибавки к полуобхвату груди третьему между спинкой, проймой и полочкой;
- 2) продольные балансы;
- 3) параметры горловины и обхвата шеи;
- 4) поперечный баланс по линии бедер.

Путем проверки всех ЧМК из обучающей выборки были определены численные значения критериев, которые приводят к появлению дефектов посадки. В **табл.1** приведены численные значения критериев для двух вариантов блузок - реальных и виртуальных.








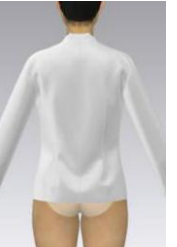


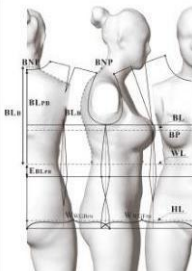
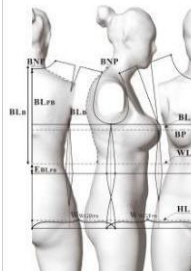
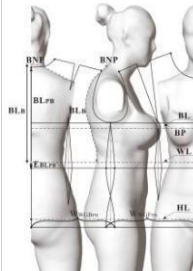
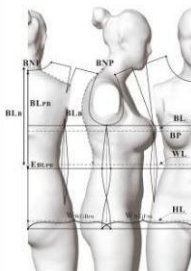
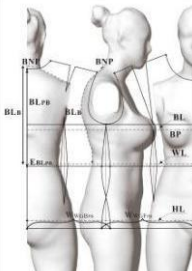
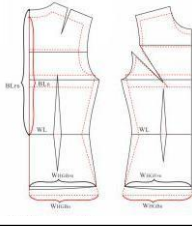


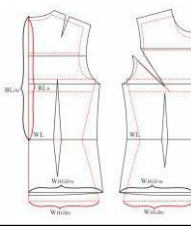
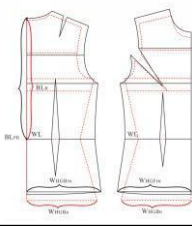
Таблица 1 - Численные значения критериев для реальных и виртуальных блузок

Зона контакта	№	Показатель	Условия проверки	Критерии качественной посадки	
				рендеров poseros	материальных блузок
Плечевой пояс	1	$\Delta_1 = \Sigma\alpha_B - \Sigma\alpha_{PB}$	$\Sigma\alpha_B > \Sigma\alpha_{PB}$	$\leq 22^\circ$	$\leq 14...16^\circ$
			$\Sigma\alpha_B < \Sigma\alpha_{PB}$	$\leq 20^\circ$	$\leq 10...12^\circ$
Горловина	2	$\Delta_2 = NL - O_{ш}$	$O_{ш} < NL$	$\leq 5,5\text{см}$	$\leq 2..2,5\text{ см}$
	3	$\Delta_3 = BL_{PB} - D_{гс}$	$D_{гс} < BL_{PB}$	$\leq 2,5\text{см}$	$\leq 0,9...1,2\text{ см}$
	4	$\Delta_4 = FL_{PB} - D_{гп}$	$D_{гп} < FL_{PB}$	$\leq 3,5\text{см}$	$\leq 1,5...1,8\text{ см}$
Линия груди	5	$P_{шп}$: $P_{шпр}$: $P_{шс}$	$P_{шп} > 40,5 > P_{ш}$ $пр < 90,$	(5...35) :(15...85) :(10.. .50)	(5...35) :(15...85) :(10... 50)

Видно, что установленные значения критериев для виртуальных рендеров превышают в 1,4...2,3 раза те, которые подтверждены практикой реального конструирования. Такая разница свидетельствует о недостаточности программ, моделирующих поведение текстильных материалов как триангуляционных оболочек на поверхности фигуры. Существующее программное обеспечение игнорирует малые величины различий и не идентифицирует их как дефекты.

В **табл.2** приведен фрагмент матрицы для оценки спинки блузки (1 – уровень качества, 2 – критерии, 3 – реальный образ, 4 – виртуальный образ, 5 – виртуальная примерка, 6 – ЧМК, 7 – конструктивные критерии).

Таблица 2- Критерии оценки посадки блузки со стороны спинки

Уровни качества посадки женских блузок на фигуре					
1	очень плохая	плохая	удовлетворительная	хорошая	отличная
2	Много горизонтальных и вертикальных складок непредсказуе	Несколько наклонных складок	Несколько мягких вертикальных складок	Спинка почти гладкая; линия низа в нормальном положении	Спинка полностью гладкая; линия низа в нормальном положении
3					
4					
5					
6					
7	Первый критерий - прибавка к длине спины до талии E, см				
	$E \geq 4.8 \pm 0.3$	$E \leq 3.8 \pm 0.3$	$E \leq 2.8 \pm 0.3$	$E \leq 1.8 \pm 0.3$	$E \leq 0.8 \pm 0.3$
	Второй критерий - поперечный баланс по линии бедер Δ , см				
	$\Delta \leq -2.2 \pm 0.4$	$\Delta \leq 1 \pm 0.4$	$\Delta \leq 0.2 \pm 0.4$	$\Delta \leq 1.4 \pm 0.4$	$\Delta \leq 2.6 \pm 0.4$

Проверка технологии была выполнена на случайно отобранных чертежах. На **рис. 7** показан ЧМК блузки, в котором после совмещения с несколькими участками развертки ВДФ выявлены следующие особенности (**рис.9, а**):

- плечевые линии аватара и ЧМК не параллельны, $\Sigma\alpha_B > \Sigma\alpha_{PB}$;
- шейная точка спереди расположена ниже линии горловины;

- прибавки к высотам горловины спинки и полочки не согласованы между собой.

После генерирования первичного рендера блузки были диагностированы складки: вертикальные на полочке под выступающими точками грудных желез и горизонтальные на спинке в области талии (**рис. 7, а**).

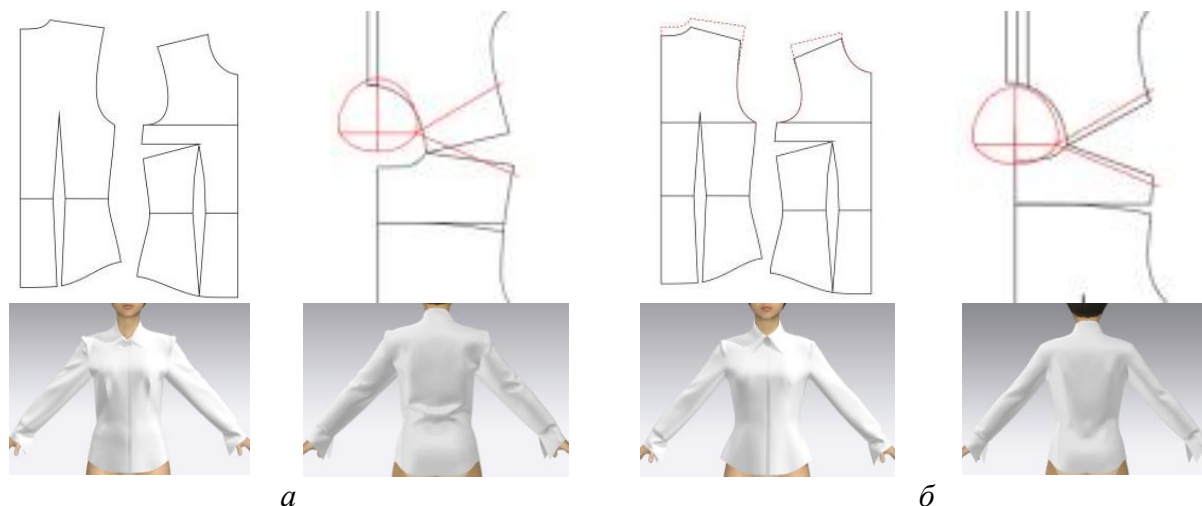


Рис.7 - Корректировка чертежей конструкций после проведения виртуальной примерки:
а - исходные ЧМК и рендер, б - откорректированные ЧМК и рендер

Для устранения перечисленных дефектов в чертеж конструкции внесены изменения (см. **табл.1** и **2**): уменьшен наклон плечевых линий для достижения равенства $\Sigma_{\alpha_B} = \Sigma_{\alpha_{PB}}$; удлинена линия проймы; переоформлена линия горловины за счет удлинения средней линии спинки и увеличения высоты горловины полочки. Как видно из **рис. 7, б**, после таких изменений рендер блузки уже не имеет дефектов посадки, а его внешний вид стал качественным.

Проведена проверка разработанной технологии путем изготовления женских блузок, которая подтвердила правильность всех этапов технологии.

ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Разработана сценарная технология проведения виртуальных примерок женской одежды, включающая параметризацию чертежей, генерирование развертки поверхности торса, согласование координат антропометрических и конструктивных точек и уровней и расположение чертежей относительного фигуры согласно вычисленным конструктивным прибавкам к размерным признакам и антропометрическим уровням.

2. Сформирована антропометрическая база, содержащая дополнительные размерные признаки, необходимые для генерирования виртуальных двойников типовых женских фигур и проверки соразмерности виртуальной одежды.

3. Разработаны графо-математические модели чертежей модельных конструкций женских блузок X, H и A силуэтов с различными степенями

приталенности на основе чертежа базовой конструкции (БК), включающие диапазоны изменчивости конструктивных параметров и результаты корреляционно-регрессионного анализа.

4. Разработаны алгоритмы реализации этапов сценарной технологии для антропометрической параметризации чертежей на верхней опорной поверхности аватара и нахождения верхней границы нижней опорной поверхности, а также методики подготовки чертежей модельных конструкций к виртуальной примерке.

5. Разработана методика количественной объективной оценки внешнего вида и состояния поверхности виртуальных двойников женской одежды на аватарах с использованием градиентов серого цвета. Определены математические выражения для расчета параметров складок, возникающих на поверхности виртуальной одежды.

6. Разработан алгоритм оценки состояния поверхности виртуальных двойников женской одежды на аватарах с помощью инструментальной сенсорной нейропсихологической технологии фиксации взгляда на различных участках виртуальных блузок. Определены зоны повышенного зрительного интереса, влияющие на оценку качества посадки одежды.

7. Разработаны конструктивная база и критерии для прогнозирования качества посадки виртуальных женских блузок X, H и A силуэтов с различными степенями приталенности, с помощью которых можно прогнозировать возникновение складок как индикаторов качества проектирования чертежей и посадки на фигуре.

РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Работа может быть продолжена в направлении расширения ассортимента текстильных материалов и видов женской одежды и дополнения разработанной сценарной технологии новыми базами данных.

2. Номенклатура и причины возникновения дефектов могут быть расширены за счет изучения конструктивных особенностей рукавов и воротников и выявления критериев для согласования конструктивных параметров стана, рукава и воротника для разных объемно-силуэтных форм.

3. Результаты работы рекомендуется использовать для улучшения программного обеспечения 3D САПР с применением искусственного интеллекта.

4. Результаты работы рекомендуется использовать в средних и высших учебных заведениях для подготовки конструкторов одежды, а также в системе дополнительного профессионального образования.

Основные результаты работы опубликованы:

в изданиях, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук»:

1. Ся, П. Прогнозирование качества чертежей на виртуальных двойниках женских фигур / П. Ся, В.Е. Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019. - № 4. - С. 121-127 (0,438/0,225 п.л.).

2. Ся, П. Исследование влияния типа фигуры и объемно-силуэтной формы на качество посадки одежды в виртуальной реальности / П.Ся, В.Е. Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2022. - № 2. – С.178-183 (0,375/ 0,188 п.л.).

3. Xia P. Virtual method of predicting the accuracy of pattern blocks // X. Peng, V. E. Kuzmichev: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 459 (2019) 012084 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/459/1/012084// Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018), (0,25/0,125 п.л.)

4. Xia, P. Improvement of virtual simulation by means of sewing patterns// P.Xia, V. E. Kuzmichev// 2020 International Conference on Advanced Materials, Electronical and Mechanical Engineering, Xiamen, China, Sept 2020, p. 10-19 (0,625/0,313 п.л.)

5. Xia, P. Evaluation of fit criterias by means of eye-tracking technology// P.Xia, V. E. Kuzmichev // 2020 International Conference on Advanced Materials, Electronical and Mechanical Engineering, Xiamen, China, 2020, p.43-54 (0,75/0,375 п.л.)

6. Xia P. Improvement of virtual simulation by means of sewing patterns// P. Xia, V. E. Kuzmichev// International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2020, Yambol, Bulgaria, Nov 2020, p.67-77 (0,688/0,344 п.л.)

в публикациях в сборниках трудов, материалах конференций и других изданиях:

7. Ся П. Исследование процесса автоматизированного проектирования женских блузок /П. Ся, Кузьмичев В.Е., Ли Юэ, Ван Сяоган // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2017): сб. материалов науч.-техн. конф. аспирантов и студентов (с межд. участием). Ч. 1.- Иваново: ИВГПУ, 2017, с.120-122 (0,188/ 0,09 п.л.).

8. Ся П. Регулирование антропометрического соответствия между чертежами одежды и виртуальной фигурой / П. Ся, В.Е. Кузьмичев, Ю. Ли // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с.130-133 (0,25/ 0,125 п.л.).

9. Ся, П. Технология оцифровывания чертежей модельных конструкций для виртуальных примерок / П. Ся, В.Е.Кузьмичев, Ю. Ли // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с.133-137 (0,3125/ 0,16 п.л.).

10. Xia, P. Virtual method of pattern blocks checking // P. Xia, V. E. Kuzmichev// 18th AUTEX World Textile Conference, 20-22 June 2018, Istanbul, Turkey, p.417-424(0,5/0,25)

11. Xia, P. New method of armhole line analyzing by using virtual reality technology / P. Xia, V. Kuzmichev. Молодые ученые- развитию национальной технологической инициативы, (ПОИСК- 2019): Сборник материалов, Часть 1. Иваново 2019, с.226-231 (0,375/ 0,19 п.л.).

12. Xia, P. Применение технологии eye-tracking для разработки критериев посадки одежды на фигуре / P. Xia, V. Kuzmichev: Молодые ученые- развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК-2020): сб. материалов науч.-техн. конф. аспирантов и студентов (с межд. участием). Ч.1.- Иваново: ИВГПУ, 2020, с.667-671 (0,3125/ 0,16 п.л.).

13. Ся, П. Разработка метода виртуального шивания женской одежды с прогнозируемым уровнем качества посадки/ П.Ся: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии иматериалы: сб. материалов XXIV междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2021», 12–14 октября 2021 года. – Иваново: ИВГПУ, 2021. СМАРТЕКС 2021, с. 329-330 (0,125 /0,125 п.л.).

Подписано в печать 01.07.2022.

Формат $1/16$ 60x84.

Бумага писчая. Плоская печать.

Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 80 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Редакционно-издательский отдел УИРиК

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21