

*На правах рукописи*



**Солoduшенкова Татьяна Сергеевна**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ, СОВМЕЩЕННОЙ С  
БИОМОДИФИКАЦИЕЙ ТКАНЕЙ**

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и  
легкой промышленности

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Иваново 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет».

**Научный руководитель:** **Корнилова Надежда Львовна**, доктор технических наук, доцент, начальник инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности, профессор НОЦ «Центр компетенций текстильной и легкой промышленности» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

**Официальные оппоненты:** **Койтова Жанна Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А.Л. Штиглица»

**Замышляева Вероника Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Защита состоится «06» февраля 2025 в 11 часов на заседании диссертационного совета 24.2.300.02 на базе ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» по адресу: г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21, ауд. ГШ-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»: <https://ivgpru.ru>.

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.300.02 доктор технических наук, профессор



Е. Н. Никифорова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Сегодня к льняной ткани, символизирующей естественность и экологичность, возвращается популярность, в том числе благодаря ориентированности на экологию и заботе о натуральности. Традиционная технология швейных изделий не обеспечивает возможности изготовления широкого модельного ряда из отечественных льняных материалов из-за природной жесткости льняного сырья и повышенной деформируемости тканей, подвергнутых умягчающей обработке. Жесткость – это способность материала сопротивляться внешним воздействиям. С одной стороны, это свойство придает изделиям формоустойчивость, но с другой стороны, из жесткого материала невозможно получить изделия мягкой формы.

Наиболее перспективным направлением развития технологии швейных изделий на протяжении многих лет остается химизация технологических процессов, направленная на придание определенных технологических свойств отдельным деталям и узлам (полуфабрикатам). Включение методов биохимического мягчения в процесс пошива позволит целенаправленно управлять жесткостью основных конструктивных зон изделия в соответствии с проектируемой формой изготавливаемой модели.

**Степень разработанности темы исследования.** Изучению свойств льняных тканей, прежде всего жесткости и её изменению в процессе переработки, посвящены работы: Артемовой А. В., Михеевой О. А., Ординой Н. А., Алеевой С. В., Кокшарова С. А., Смирновой Н. А., Замышляевой В. В., Койтовой Ж. Ю., Рыклина Д. Б. и др. Решения проблемы умягчения тканей рассматриваются в работах Ленко К. А., Ясинской Н. Н., Скобовой Н. В., Головиной Л. А., Барышевой Н. В. Разработка биохимических способов подготовки льняных текстильных материалов рассмотрена в ряде работ Алеевой С. В., Кокшарова С. А., Чешковой А. В., Кричевского Г. Е., Садова С. Ф. Проектирование формы одежды с учетом закономерностей тектоники представлено в работах Гусевой М. А., Пашкевич К. Л., Чагиной Л. Л., Арбузовой А. А., Радченко О. В. Существенный вклад в решение проблемы придания свойств деталям швейных изделий путем проектирования технологий швейного производства, совмещенных с различными вариантами химических воздействий, внесли работы Метелевой О. В., Веселова В. В., Хамматовой В. В. Однако до настоящего времени проблема изготовления широкого модельного ряда изделий из льняных материалов остается нерешенной.

**Целью диссертационной работы** является преодоление природной жесткости волокна для расширения ассортимента швейных изделий изо льна путем разработки технологии зонального мягчения, позволяющей получать из неумягченной льняной ткани изделия с заданной степенью мягкости на разных участках деталей.

Для достижения цели решены следующие задачи:

- определены оптимальные значения жесткости основных конструктивных зон льняных изделий легкого и костюмного ассортимента в зависимости от их объемно-силуэтной формы;
- обоснованы технологические режимы жидкостного и маломодульного способов биомодификации льняных полуфабрикатов;
- исследовано влияние жидкостного и маломодульного способов биомодификации тканей на их технологические и потребительские свойства;
- разработаны технологии изготовления швейных изделий различной объемной формы, совмещенные с процессами зонального мягчения льняных полуфабрикатов.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в разработке методов зонального регулирования жесткости льняных полуфабрикатов, обеспечивающих создание требуемой объемно-силуэтной формы проектируемого швейного изделия.

Научную новизну диссертации составляют разработки:

- оптимальных значений жесткости отдельных конструктивных зон изделий поясного и плечевого ассортимента;
- методов жидкостной и маломодульной биомодификации льняных материалов и полуфабрикатов;
- технологии изготовления льняных швейных изделий, совмещенной с процессами зонального ферментативного мягчения полуфабрикатов;
- методики проектирования и изготовления расширенного модельного ряда одежды из однотипных льняных материалов.

**Теоретическая значимость работы** заключается в обосновании принципа зонального регулирования жесткости швейных изделий изо льна путем мягчения отдельных деталей и узлов непосредственно в швейном производстве. Впервые определены оптимальные значения жесткости конструктивных зон швейных изделий платьево-костюмного ассортимента, обоснована методика выбора режимов ферментативного мягчения и их сочетаний в одном технологическом процессе для получения изделия заданной объемно-силуэтной формы.

**Практическая значимость работы.** Технология изготовления льняной одежды, совмещенная с зональной биомодификацией полуфабриката, позволит получать на предприятиях малой мощности из неумягченной льняной ткани различные модели одежды с заданной степенью мягкости на отдельных участках, расширить ассортимент выпускаемой продукции из льняной ткани.

**Объекты исследования:** льняные ткани, полуфабрикаты и готовые швейные изделия поясной и плечевой групп, композиции промышленных энзимов целлюлитического действия.

**Предмет исследования:** процессы жидкостной и маломодульной энзимной обработки льняных полуфабрикатов растворами лабораторных

отделочных композиций, технологии пошива изделий.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных задач использованы теоретические и экспериментальные методы. В теоретических исследованиях использован литературно-аналитический метод. Экспериментальные исследования физико-механических свойств текстильных льняных материалов проводились в лабораторных условиях с использованием стандартных методов с применением статистической обработки результатов исследований. Использованы: вискозиметрический и спектрофотометрический анализ каталитических свойств ферментных препаратов; стандартные методы текстильного материаловедения, включая консольный метод определения жесткости текстильных материалов при изгибе (ГОСТ 10550-93), определение разрывных характеристик льняных материалов при одноосном растяжении (ГОСТ 3813-72), несминаемости (ГОСТ 19204-73), стойкости к истиранию по плоскости (ГОСТ 15967-70 и ГОСТ 18976-73, изменения размеров после мокрой обработки (ГОСТ 30157.0-95, ГОСТ 30157.1-95, а также формовочной способности текстильного материала (патент RU №2343477).

**Соответствие паспорту специальности.** Проблематика, рассмотренная в диссертации, соответствует паспорту научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП) по направлениям исследований: п. 3 Технологии (в том числе, нанотехнологии) волокон, нитей, материалов и ИТЛП; п. 4 Проектирование и организация производства материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные показатели ИТЛП и их конкурентоспособность.

**Личный вклад автора.** На всех этапах выполнения работы автор под руководством научного руководителя принимал личное участие в постановке цели и формулировке основных задач исследования, в планировании и проведении экспериментов, обсуждении полученных результатов, формулировании выводов и проверке гипотез, подготовке материалов публикаций совместно с соавторами.

**Положения, выносимые на защиту:**

- технологические режимы жидкостного и маломодульного способов биомодификации тканей;
- технологии изготовления швейных изделий различной объемной формы, совмещенные с процессами зонального мягчения льняных полуфабрикатов,
- методика проектирования технологии изготовления расширенного модельного ряда одежды из однотипных льняных материалов.

**Достоверность и обоснованность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций,** приведенных в диссертационной работе, достигнута в результате согласованности аналитических и экспериментальных результатов, использования современных методов и средств проведения экспериментов, статистической обработки результатов.

**Апробация результатов работы.** Результаты работы докладывалась на: национальной молодежной научно-технической конференции «ПОИСК» в 2021 - 2023 г., ФГБОУ ВО ИВГПУ, г. Иваново; научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа; международном научно-практическом форуме «SMARTEX» в 2021 и 2024 г., г. Иваново; международной научно-практической конференции «Традиции и инновационные процессы в индустрии моды», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа. По результатам работы опубликованы 6 статей в сборниках материалах конференций и 8 статей в журналах из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук».

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, включает 45 рисунков, 54 таблицы. Список использованной литературы содержит 116 наименований библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 74 страницах.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы проводимого исследования, определены цели и задачи диссертационной работы. Сформулированы положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен анализ и обобщение сведений о структуре льняного волокна и причинах его повышенной жесткости и сминаемости. Показано, что жесткость обусловлена наличием в структуре примесных образований: инкрустов, лигнинсодержащих одревеснений, гемицеллюлозных соединений. Для снижения жесткости целесообразным признается предельно полное разрушение массивных фрагментов инкрустов и лигнинсодержащих одревеснений первичной клеточной стенки. Лигнин вторичной стенки взаимодействует с гемицеллюлозами и повышает устойчивость волокон к деформации, не снижая гибкости, поэтому важно обеспечить его сохранность в процессе обработки.

Приведена характеристика методов преодоления природной жесткости льняного волокна. Отмечены достоинства и недостатки известных способов мягчения. Показано, что рациональным является ферментативный способ умягчающей отделки льняных тканей, так как он не несет экологического вреда и может быть применен в цехах швейных производств, не имеющих очистных сооружений.

Биохимическое мягчение тканей может быть реализовано с использованием жидкостного и маломодульного способов. Жидкостной способ ферментативного мягчения предполагает обработку полуфабриката

или готового швейного изделия в большом объеме раствора биопрепарата, обеспечивающем набухание льняного волокна. Маломодульный способ ферментативного мягчения – это способ обработки полуфабрикатов швейного изделия малым объемом раствора биопрепарата, обеспечивающий заполнение межнитяных и межволоконных пространств ткани без набухания льняного волокна.

Показано, что все многообразие моделей одежды в соответствии с жесткостью объемной формы и степенью ее прилегания к фигуре может быть подразделено: по объемной форме - на большую «б», умеренную «у» и малую «м», по степени пластичности - на мягко-пластичную «м-п», мягко-фиксированную «м-ф» и жестко-фиксированную (каркасную) «к».

Приведена характеристика комбинированных технологий швейного производства, позволяющих регулировать свойства отдельных деталей и узлов швейного изделия, и тем самым управлять его формой.

**Во второй главе** предложена методика нормирования жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы путем экспериментального определения значений жесткости основных конструктивных зон женской одежды из «эталонных» материалов, традиционно используемых для создания изделий разных объемно-силуэтных форм. Для этого во всех изделиях выделены условные конструктивные зоны, отличающиеся по жесткости: опорная зона, включающая область плеч (зона 1), область груди и лопаток (зона 2), зона 3 – область силуэтного притягивания (для изделий, прилегающих в области талии), 4 - зона свободного падения материала (от нижней границы зоны 2 или от выступающих точек живота и ягодиц до низа), 5 - зона низа. Разбивка конструкции модели платья показана на рисунке 1.

Распределение условных зон в жакете и поясной одежде аналогично.

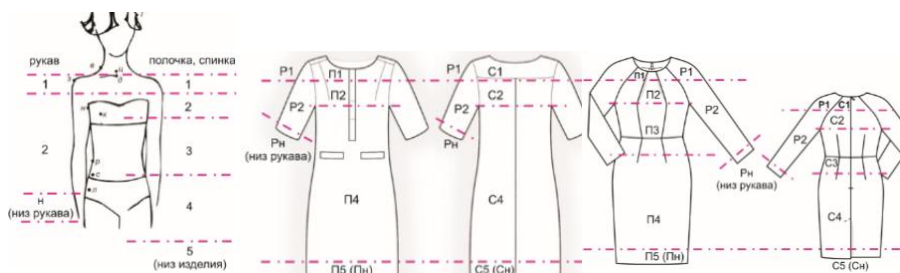


Рисунок 1 – Распределение условных зон в платье:  
слева - линии, ограничивающие условные зоны в платье;  
справа - примеры зон в конструкции женского платья

Измерены жесткости ткани  $E_{I_{TK}}$  и участков со швами  $E_{I_{Ш}}$  для каждой выделенной зоны в 36 моделях различной объемно-силуэтной формы

изделий каждого вида (платья, жакеты, юбки, брюки) из эталонных материалов 4 артикулов. Расчёт жесткости зоны осуществлен по формуле:

$$EI_3 = \frac{EI_{TK} \cdot S_{TK} + \sum EI_{Ш} \cdot S_{Ш}}{100}, \quad (1)$$

где  $EI_{TK}$  – средняя жесткость ткани в направлении основы и утка,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ;  $S_{TK}$  – доля площади участка без швов, %;  $EI_{Ш}$  – жесткость участка со швом определенной конструкции,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ;  $S_{Ш}$  – доля площади участка со швом данной конструкции, %;  $\Sigma$  – сумма всех швов на участке.

Значения показателей жесткости основных конструктивных зон платья в зависимости от объемно-силуэтной формы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние показатели жесткости условных зон женского платья различных объемно-силуэтных форм: детали переда (П) и спинки (С)

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ ( $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ) для вариантов объемно-силуэтной формы изделия								
	большая «б»			умеренная «у»			малая «м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
П1; С1	5,1-9,0	9,5-16,6	17,7-32,0	3,4-6,2	6,4-12,5	15,0-26,3	2,2-4,2	4,3-8,5	8,9-17,5
П2; С2	3,7-7,3	7,5-12,4	13,8-26,0	2,5-4,4	5,3-8,6	11,1-21,0	1,6-2,9	3,1-6,5	7,5-14,6
П3; С3*	4,0-7,9	8,2-14,7	16,0-32,4	2,9-5,7	5,8-12,0	13,0-23,8	1,8-3,7	3,8-7,6	8,0-15,9
П4; С4	2,5-5,0	5,1-8,5	10,1-20,0	1,7-3,0	3,6-6,8	7,6-15,0	1,1-2,0	2,1-4,5	5,1-10,0
П5; С5	3,4-6,3	7,0-11,5	13,5-27,5	2,1-3,9	5,0-8,5	9,6-19,0	1,4-2,5	2,7-5,8	6,4-13,0

\* - выделяется только в моделях прилегающего силуэта и отрезных по линии талии

Нарастание жесткости происходит с увеличением каркасности формы (при переходе от мягко-пластичной «м-п» к мягко-фиксированной «м-ф» и далее к каркасной «к» внутри одной объемной формы), а также с увеличением объема (при переходе от малой формы «м» к умеренной «у» и большой «б» при сохранении степени пластичности, например «м-ф»). Данная тенденция аналогична для жакетов и поясных изделий.

Установлены значимые различия в жесткости отдельных деталей одного изделия (зоны): для платьев, юбок и брюк мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм -  $5 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ , для каркасных –  $10 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ ; для жакетов мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм -  $10 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ , для каркасных –  $20 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ . Для обеспечения зонального изменения жесткости деталей изделия установлено минимальное количество зон – 2, максимальное 3. Для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности, целесообразно выделение трех зон.

Установлено, что желаемые значения жесткости для большинства изделий мягко-пластичных и мягко-фиксированных форм значительно ниже, чем жесткость большинства льняных тканей отечественного производства. В случае, если исходный материал обладает большей жесткостью, чем требуется для получения желаемой формы, необходимо применение технологий умягчения ткани. В случае, если исходный материал обладает меньшей жесткостью, чем требуется для получения



заданной формы, необходимо применение швов жестких конструкций, дополнительных деталей (обтачек и прокладок).

**В третьей главе** осуществлена разработка жидкостного способа смягчения льняных полуфабрикатов.

Проведен анализ 14 ферментных препаратов, рекомендованных специалистами Института химии растворов им. Г. А. Крестова РАН, 11 из которых относятся к целлюлазным (ЦП), 3 – к гемицеллюлазным (ГП). Отбор биопрепаратов осуществлен с учетом необходимости их диффузионного проникновения в поровую структуру льняного волокна. Так как при жидкостной обработке льняное волокно находится в набухшем состоянии, при котором средний диаметр мезопоровых пространств увеличивается до 30...40 нм, то величина суммарного объема фракций с размером частиц менее 30 нм в составе ферментного препарата должна быть не менее 10%.

Выявлено, что воздействие целлюлазных препаратов приводит к снижению разрывной нагрузки ткани на 0,61...42,36%, наименьшее значение характерно для препаратов ЦП5 (7,26%), ЦП7 (0,61%), ЦП10 (5,9%) и ЦП11 (3,96%); все гемицеллюлазы не ухудшают прочности льняного материала. Установлено, что обработка только целлюлазными препаратами не приводит к изменению содержания лигнина (Л) в волокне, а уменьшение содержания гемицеллюлозы (Гц) не дает значительного снижения жесткости, поэтому предложены варианты полиферментных композиций, влияние которых на характеристики ткани представлено в таблице 3. Выявлено, что оптимизация содержания лигнина является определяющим фактором умягчения льняных полотен, который обеспечивает около 2/3 общего снижения жесткости материала.

Таблица 3 – Эффективность использования полиферментных композиций

Препарат	Л, мас. %	Гц, мас.%	Жесткость ткани, $E_{тк}$ , МН·см <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, Р, Н		Разрывное удли- нение, $\Delta L$ , мм	
				основа	уток	основа	уток
исходный материал	5,1	8,4	83,51	870	790	14	12
ЦП5, ГП1, ГП2, ГП3	3,7	4,0	34,66	848	771	16	14
ЦП11, ГП1, ГП2, ГП3	3,0	2,7	25,42	838	759	15	12
ЦП11+ЦП5 (1:1), ГП1, ГП2, ГП3	3,0	3,2	15,62	848	769	16	13

Наилучшую эффективность показала композиция на основе смеси препаратов ЦП5 и ЦП11 (1:1) с добавкой препаратов ГП1, ГП2 и ГП3.

Совместно со специалистами ИХР РАН разработаны и исследованы 3 варианта лабораторных технологических режимов жидкостного смягчения льняных полуфабрикатов, представленные в таблице 4.

Таблица 4 - Режимы жидкостного мягчения льняных полуфабрикатов

Состав технологического раствора / технологические условия	Режимы воздействия
дистиллированная вода 40-45°С - 1:10 к массе льняного материала; ферментная композиция - 4 г/л; неионогенный смачиватель – 0,5 г/л	Ж1 - интенсивное перемешивание путем циркуляции раствора насосом
рН раствора - 4,5-5,0 температура обработки – 40...45°С длительность обработки – 40 мин. температура воды для промывки полуфабриката – 40°С	Ж2 - интенсивное перемешивание механической мешалкой с введением в раствор керамических шариков для имитации эффекта «мокрое трение»
сушка на воздухе или на термопрессе при температуре 80°С	Ж3 - без гидродинамического воздействия с проведением после сушки механического ворсования материала с изнаночной стороны

В результате экспериментальных исследований установлено, что режим Ж1 обеспечивает снижение жесткости исходной ткани в 1,1-2,6 раза, Ж2 – в 1,5-3,8 раза, Ж3 – в 1,8-6,4 раза. Использование режима Ж3 эффективно для тканей с повышенной жесткостью. Формовочная способность увеличивается при использовании режима Ж1 в 1,1-1,7 раза, Ж2 – в 1,3-2,0 раза, и Ж3 – в 1,5-2,7 раза. Несминаемость увеличивается при использовании режима Ж1 в 1,0-1,4 раза, Ж2 – в 1,0-1,4 раза, и Ж3 – в 1,1-1,5 раза. При этом усадка обработанных тканей после стирки значительно меньше, чем у исходных тканей, разрывная нагрузка материалов меняется не более чем на 6%, стойкость к истиранию снижается не более, чем на 6-8%.

Исследовано влияние жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов на жесткость 8 конструкций соединительных и краевых ниточных швов. Получено уравнение регрессии, описывающее зависимость приведенной жесткости  $EI^*$  (относительного изменения жесткости шва по отношению к жесткости ткани), измеренной по направлению шва, от поверхностной плотности ткани ( $M_s$ , г/м<sup>2</sup>), числа слоев ткани в шве ( $Nm$ , ед.) и количества строчек ( $N_s$ , ед.):

$$EI^* = 0,088 \cdot M_s + 2,73 \cdot Nm + 8,4 \cdot N_s \quad (2)$$

Установлено, что изменение жесткости швов можно регулировать в пределах 50-300 мН·см<sup>2</sup> за счет выбора режима умягчающей обработки, а также последовательности их стачивания (до или после мягчения).

**В четвертой главе** осуществлена разработка маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов. Основное отличие маломодульного способа ферментативного мягчения от жидкостного обусловлено разным количеством жидкости, поглощаемой волокнистым материалом. В случае длительной выдержки льняного волокна в водной

среде его поглотительная способность может составлять от 14 до 23 г/г, в то время как в условиях непрерывной пропитки с отжимом тканого полотна поглощение технологического раствора волокном составляет 1 г/г. При маломодульной обработке льняных полотен поглощение растворов происходит в основном за счет впитывания в макропоровые межнитяные пространства, а перенос вглубь волокнистых элементов осуществляется посредством внутренней диффузии. Известно, что размер мезопоровых пространств в клеточной стенке льняного волокна в сухом состоянии составляет 15–20 нм, поэтому проницаемость ненабухшего волокна для ферментов обеспечивается при размере фракции менее 20 нм.

Совместно со специалистами ИХР РАН из исследуемых ранее ферментных препаратов получены лабораторные образцы трех видов ферментных композиций для маломодульного мягчения с рабочими обозначениями 1МЛ, 2МЛ, 3МЛ (таблица 5) и лабораторные технологические режимы маломодульного мягчения льняных полуфабрикатов (таблица 6).

Таблица 5 – Варианты ферментных композиций

Функциональность ингредиентов	Компоненты лабораторной ферментной композиции		
	1МЛ	2МЛ	3МЛ
целлюлазы	ЦП1	ЦП9	ЦП11
пектиназы	Пектазим Стандарт		
экзогенные гемицеллюлазы	ГП1+ГП2+ГП3		
смачиватель	синтанол БВ		
комплексон	трилон Б		
регулятор кислотности	бикарбонат натрия		

Таблица 6 – Режимы маломодульного способа мягчения

Режим	Концентрация препарата, г/л	Степень отжима, %	Время выдержки, мин.	Ворсование поверхности образцов
M1	20	100	60	-
M1_1	20	100	60	+
M2	20	100	120	-
M2_2	20	100	60	+
M3	20	150	60	-
M3_3	20	150	60	+
M4	20	150	120	-
M4_4	20	150	120	+

Экспериментально установлено, что все режимы маломодульной отделки обеспечивают снижение жесткости материалов в 1,1 – 4,0 раза; формовочная способность увеличивается в 1,2-2,1 раза; несминаемость

увеличивается в 1,1-1,8 раза. По максимальной величине снижения жесткости отобран вариант комбинированного использования целлюлазных и гемицеллюлазных препаратов 1МЛ. С точки зрения достижения целей маломодульной отделки наиболее эффективным является режим М1 и режим с дополнительным ворсованием М1\_1.

По результатам исследования 8-ми конструкций соединительных и краевых ниточных швов установлено, что с использованием различных режимов обработки изменение жесткости швов можно регулировать в пределах 100-500 мН·см<sup>2</sup>.

**В пятой главе** осуществлена разработка технологии зонального мягчения льняного полуфабриката, совмещенной с процессами пошива.

Зональное регулирование жесткости заключается в придании необходимого уровня жесткости определенной зоне, участку, детали изделия путем жидкостного или маломодульного мягчения. При этом биохимическому мягчению подвергается только тот участок или зона, деталь, где показатель жесткости должен быть ниже жесткости исходной ткани.

Разработаны основные принципы зонального регулирования жесткости швейных изделий из льна путем мягчения отдельных деталей и узлов, включающие:

- определение желаемого уровня жесткости конструктивных зон проектируемого изделия, сравнение их с жесткостью ткани,
- разделение узлов изделия на группы по степени жесткости,
- выбор методов обработки для получения желаемого уровня жесткости.

Детали и узлы в зависимости от желаемой жесткости зоны, в которую они попадают, необходимо разделить на 3 группы:

- в группу «С» следует объединять узлы и детали, имеющие мягко-пластичную форму, если жесткость исходной ткани превышает требуемое значение, определенное во 2-й главе (стр. 8), на 2 величины значимого различия в жесткости для выбранной объемно-силуэтной формы;

- в группу «В» относят узлы, имеющие мягко-фиксированную или мягко-пластичную степень пластичности формы, если жесткость исходной ткани превышает требуемое значение жесткости зоны на величину значимого различия для выбранной объемно-силуэтной формы;

- в группу «А» включают детали с высокой жесткостью, имеющие каркасную степень пластичности формы, в которых жесткость исходной ткани близка к требуемой жесткости зоны (разница не превышает половины величины значимого различия в жесткости для выбранной объемно-силуэтной формы). Пример группировки представлен на рисунке 2.

Для разных моделей изделий возможно выделение как двух, так и трех групп с различным уровнем жесткости зон. Для каждой группы узлов выбирают режимы обработки, обеспечивающие требуемую степень снижения жесткости. Для одного изделия рационально применение только одного способа мягчения (жидкостного или маломодульного).

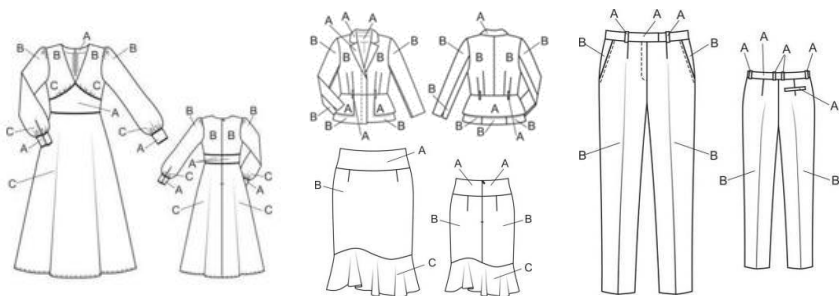


Рисунок 2 – Модели изделий и группировка деталей по уровню жесткости для обеспечения проектируемой формы

При монтаже изделия к отделанным узлам можно пришивать узлы, не подвергнутые отделке, что дает возможность сохранять жесткость ткани в деталях, отвечающих за образование и сохранение формы, и отказаться от использования прокладок. Дополнительное изменение жесткости достигается путем включения механических воздействий (обработка с керамическими шариками, ворсование). Использование ворсования позволяет осуществлять одновременно биохимическую обработку всех деталей и узлов изделия, попадающих в группы с разным уровнем жесткости.

Предложена унифицированная схема комбинированной технологии изготовления швейных изделий, совмещенной с процессами мягчения полуфабриката (рисунок 3).



Рисунок 3 – Унифицированная схема изготовления изделий, совмещенная с процессами мягчения полуфабриката

Пример выбора режимов жидкостного мягчения для модели платья умеренного объема, мягко-пластичной формы из ткани со средней жесткостью по основе и утку  $EI_{тк}=23,7 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика использованных режимов обработки

Желаемая жесткость зоны	Перечень узлов	Группа жесткости	Режим
П1; С1 6,4-12,5 П2; С2 5,3-8,6 П4; С4 3,6-6,8 П5; С5 5,0-8,5 Р1 3,6-9,0 Р2 3,6-6,8	перед	В	Ж1
	спинка	В	Ж1
	переднее полотнище юбки	С	Ж3
	заднее полотнище юбки	С	Ж3
	рукав	С	Ж3
	обтачка горловины	А	-




Фото готового изделия представлено рядом с таблицей. Апробация при изготовлении 9 моделей изделий легкого ассортимента показала, что сочетание режимов воздействия Ж1 и Ж3 с конструкциями швов позволяет достичь требуемой жесткости практически во всех моделях легкого ассортимента, из тканей одного артикула можно получать изделия различных объемно-пластичных форм и разного ассортимента. Выявлена необходимость внесения изменений в конструкцию: добавление припусков на усадку и подрезку ко всем деталям и обработка деталей зоны А в растворе без добавления биопрепарата для принудительной усадки.

Предложена эффективная организация процесса мягчения по жидкостной технологии для реализации в массовом производстве на специально выделенном участке, оснащенном стиральной машиной, прессом проходного типа, ворсовальным столом и раскройной ленточной машиной. Установлено, что для внедрения жидкостной технологии на малых предприятиях рациональной является партия в 300 единиц (объем загрузки стиральной машины), при использовании метода концентрации операций трудоемкость вводимых операций для партии составила 354,2 минуты, что составляет 0,7 смены, для их выполнения достаточно введения одного сотрудника. Увеличение трудоемкости одного изделия составило 2,9 %.

Разработана технология изготовления изделий из льняных материалов, совмещенная с процессами маломодульного зонального мягчения, предпочтительная для тканей с поверхностной плотностью от 80 до 250  $\text{г}/\text{м}^2$  костюмого и верхнего ассортимента. Для изделий данного ассортимента выделяют только 2 группы по степени жесткости. Нанесение отделочной композиции может осуществляться как методом пропитки на двухвальном плюсовке, так и методом орошения (аэрозольного нанесения). При

использовании метода орошения появляется возможность нанесения препарата только на определенную часть детали, которая должна быть умягчена, что дает возможность сократить расход препаратов и обеспечить наилучшее соответствие уровня жесткости модельным особенностям изделия.

Апробация технологии осуществлена в процессе изготовления 5 моделей жакетов. Пример выбора параметров изготовления женского жакета большого объема, каркасной и мягко-фиксированной формы (рисунок 5) из ткани со средней жесткостью по основе и утку  $EI_{mk}=25,7$  мН·см<sup>2</sup> представлен в таблице 8.

Доказана эффективность разработанной технологии: сочетание режимов воздействия М1 и М1\_1 с конструкциями швов позволяет достичь требуемой жесткости практически во всех моделях жакетов, из тканей одного артикула можно получать изделия различных объемно-пластичных форм и разного ассортимента. Разработаны рекомендации по внесению изменений в конструкцию и технологию пошива.

Таблица 8 – Характеристика использованных режимов обработки

Желаемая жесткость зоны $EI_3$	Перечень узлов	Группа жесткости	Режим
П1 (к) 20,5-52,0 П2 (м-ф) 7,7-17,0 П4 (м-ф) 7,1-15,0 С1 (к) 15,1-43,0 С2 (м-ф) 7,7-17,0 С4 (м-ф) 7,1-15,0 Р1; Р2 (к) 12,5-25,0 Рниз (к) 14,2-35,0	верхняя часть переда	А	-
	нижняя часть переда	В	М1 (зональное орошение) М1_1 зона П4
	верхняя часть спинки	А	-
	нижняя часть спинки	В	М1 (зональное орошение) М1_1 зона С4
	рукав (за исключением линии низа)	В	М1 (зональное орошение)
	кокетка спинки, воротник, подборт, манжеты	А	-



Рисунок 5 – Модель жакета

Предложена схема эффективной организации процесса мягчения по маломодульной технологии для реализации в массовом производстве на специально выделенном участке, оснащенный пятновыводным столом или кабиной, промышленным сушильным шкафом, прессом проходного типа, ворсовальным столом и раскройной ленточной машиной.

Установлено, что для внедрения маломодульной технологии на малых предприятиях рациональной является партия в 100 единиц (объем загрузки пятновыводной кабины), при использовании метода концентрации операций трудоемкость вводимых операций для партии составила 555,4 минуты, что составляет 1,15 смены, для их выполнения достаточно ввести одного сотрудника. Увеличение трудоемкости единицы изделия составило 3,9 %.

Расчет экономической эффективности внедрения разработанной комбинированной технологии показал, что рост выручки предприятия за счет увеличения цены продукции может достигать 300 тыс. р. при внедрении жидкостного способа мягчения и 100 тыс. р. при маломодульном способе мягчения полуфабрикатов, срок окупаемости капиталовложений 0,9 года при жидкостном способе мягчения, 2,3 года при маломодульном способе мягчения полуфабрикатов.

## **ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

1. Определены диапазоны варьирования жесткости условных зон женских изделий платьево-блузочного и костюмного ассортимента различных объемно-силуэтных форм. Установлены значения показателей, являющиеся эталонными для основных конструктивных зон изделий при разработке технологии изготовления моделей одежды заданной объемно-пластичной формы.

2. Подобран состав лабораторной полиферментной композиции для реализации жидкостного способа биомодифицирования льняных материалов. Отбор ферментных препаратов осуществлен по размеру частиц ферментной композиции, изменению содержания лигнина и гемицеллюлоз в льняном волокне после обработки, а также жесткости ткани и разрывных характеристик в направлении нитей основы и утка.

3. Проведено испытание трех вариантов режимов жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов. Установлено, что различные режимы позволяют снижать жесткость ткани в 1,1-6,4 раз (от 7 до 43 мН·см<sup>2</sup>). Формовочная способность увеличивается на 7...16 %, несминаемость - на 4...17 % относительно уровня исходных тканей. Жесткость всех видов швов, выполненных из умягченных тканей, значительно снижается по сравнению с образцами из исходных тканей. В зависимости от плотности используемых тканей и применяемого режима умягчающей обработки понижение жесткости швов относительно базового уровня для неумягченных материалов может составлять от 50 до 300 мН·см<sup>2</sup>.

4. Осуществлен выбор ферментных препаратов и режимов маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов. Проведено испытание восьми режимов маломодульного мягчения. Установлено, что все режимы обеспечивают снижение жесткости материалов в 1,1-4,0 раза.



По сравнению с жидкостным способом мягчения льняных полуфабрикатов маломодульный способ дает меньший эффект, но получаемые значения жесткости обеспечивают требуемый диапазон для всех вариантов объемно-силуэтных форм женских жакетов. Увеличение формовочной способности составляет 1,2-2,1 раза. В зависимости от плотности используемых тканей и применяемого режима маломодульной умягчающей обработки понижение жесткости швов относительно неумягченных материалов может составлять от 100 до 500 мН·см<sup>2</sup>.

5. Разработаны принципы зонального регулирования жесткости швейных изделий из льна путем мягчения отдельных деталей и узлов, включающие: определение желаемого уровня жесткости конструктивных зон проектируемого изделия, сравнение их с жесткостью ткани, разделение узлов изделия на группы по степени жесткости, выбор методов обработки для получения желаемого уровня жесткости.

6. Разработаны варианты комбинированных технологий швейного производства, совмещенных с процессами жидкостного и маломодульного мягчения. Изготовление 14 моделей разного ассортимента различных объемно-силуэтных форм подтвердило эффективность разработанных принципов зонального регулирования жесткости и вариантов комбинированных технологий.

7. Предложен набор оборудования и варианты концентрации вводимых операций мягчения для жидкостного и маломодульного способов. Определена экономическая эффективность внедрения технологических операций мягчения льняных полуфабрикатов в швейное производство: рост выручки от реализации продукции - до 300 тыс. р., срок окупаемости капиталовложений – от 0,9 года.

### **Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследований**

Полученные результаты создают научно-технологический задел для разработки методов целенаправленного регулирования жесткости деталей и узлов швейных изделий различного ассортимента из разных видов материалов с целью придания и закрепления заданной объемной формы.

Тема исследований может быть развита в направлении совершенствования методов и режимов биохимической модификации, создания комбинированных технологий изготовления швейных изделий из льна в условиях крупных предприятий.

## Публикации, отражающие основное содержание диссертации

*Статьи в журналах из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук»*

- 1) Радченко, О. В. Разработка технологии изготовления льняной одежды, совмещенной с биомодификацией тканей [Текст] / О. В. Радченко, Н. Л. Корнилова, П. А. Овсянникова, Ю. А. Шаммут, Т. С. Солодушенкова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2021. — № 2. — С. 49-53. — 0,31 п.л. / 0,2 п.л.
- 2) Алеева, С. В. Подбор целлюлаз для умягчающей обработки льняных изделий пропиткой растворами биопрепаратов [Текст] / С. В. Алеева, О. В. Лепилова, С. А. Кокшаров, Т. С. Солодушенкова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2022. — № 6 (402). — С. 98-105. — 0,5 п.л. / 0,1 п.л.
- 3) Алеева, С. В. Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна [Текст] / С. В. Алеева, О. В. Лепилова, С. А. Кокшаров, Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2022. — № 5. — С. 126-134. — 0,56 п.л. / 0,1 п.л.
- 4) Солодушенкова, Т. С. Влияние полимерных компонентов льняного волокна на жесткость тканого полотна [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В. Радченко // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2022. — № 4 (400). — С. 128-135. — 0,5 п.л. / 0,12 п.л.
- 5) Radchenko, O.V. Development of options for the implementation of the technology of manufacturing linen products, combined with the softening of semi-finished products [Текст] / O. V. Radchenko, N. L. Kornilova, T. S. Solodushenkova, etc // AIP Conference Proceedings. International Conference on Textile and Apparel Innovation, ICTAI 2021. — 2022. — С. 090004. — 0,2 п.л. / 0,05 п.л.
- 6) Алеева, С. В. Применение ферментативного мягчения в производстве льняных изделий платьево-блузочного ассортимента [Текст] / С. В. Алеева, О. В. Радченко, С. А. Кокшаров, Т. С. Солодушенкова, Е. В. Зобнина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 5 (407). — С. 155-163. — 0,4 п.л. / 0,1 п.л.
- 7) Солодушенкова, Т. С. Влияние последовательности операций стачивания деталей и биообработки полуфабрикатов на жесткость льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2024. — № 1 (409). — С. 138-145. — 0,5 п.л. / 0,2 п.л.
- 8) Солодушенкова, Т. С. Эффективность комбинированных механоферментативных обработок при градиентном мягчении деталей льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности.

— 2024. — № 2 (410). — С. 86-94. — 0,6 п.л. / 0,2 п.л.

***Материалы научно-технических конференций различных уровней***

- 1) Солодушенкова, Т. С. Сравнение характеристик льняных материалов до и после мягчения [Текст] /Т. С. Солодушенкова, Е. А. Шолохова, О. В. Радченко // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2021. — № 1. — С. 126-129. — 0,25 п.л. / 0,15 п.л.
- 2) Солодушенкова, Т. С. Технологии изготовления льняной одежды легкого и костюмного ассортимента, совмещенной с биомодификацией тканей [Текст] /Т.С. Солодушенкова, Н.Л. Корнилова, Ю.А. Шаммут //Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). — 2021. — № 1. — С. 312-318 — 0,25 п.л. / 0,15 п.л.
- 3) Солодушенкова, Т. С. Варианты мягчения льняных материалов [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова // Традиции и инновационные процессы в индустрии моды. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. — Уфа: 2021. — С. 69-71. — 0,19 п.л. / 0,15 п.л.
- 4) Солодушенкова, Т. С. Описание основных конструктивных зон поясных изделий по степени жесткости в зависимости от их объемно- силуэтной формы [Текст] / Т. С. Солодушенкова, О. В. Радченко // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2022. — № 1. — С. 91-93. — 0,2 п.л. / 0,1 п.л.
- 5) Солодушенкова, Т. С. Лен - от древности до современности [Текст]/ Т. С. Солодушенкова, О. П. Сайфутдинова, О. Р. Андрианова // Традиции и инновационные процессы в индустрии моды. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. — Уфа: 2022. — С. 65-68. — 0,19 п.л. / 0,08 п.л.
- 6) Солодушенкова, Т. С. Технология изготовления изделий из льняных материалов на основе технологического режима маломодульного мягчения [Текст] / Т. С. Солодушенкова, О. В. Радченко, Н. Л. Корнилова // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2023. — № 1. — С. 148-150. — 0,2 п.л. / 0,15 п.л.

Подписано в печать 31.10.2024

Формат 60x84 1/16.

Плоская печать

Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,11. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

---

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический  
университет»

Редакционно-издательский отдел УИРиК  
153000 г. Иваново, Шереметевский пр., д.21